

ارائه یک الگوریتم ترکیبی از تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی و تکنیک مجموع وزین رده‌ای به منظور شناسایی و اولویت‌بندی مخاطرات پروژه (مطالعه موردی: یک پروژه گازرسانی)

محمد همتی
باقر رسول پور روشن



تاریخ دریافت: ۹۲۱۰۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۳۶/۲۵

مدیریت ریسک، فرایند نظام‌یافته‌ی شناسایی، تحلیل و واکنش به ریسک پروژه بوده و یکی از فرایندهای نه‌گانه مدیریت پروژه به‌شمار می‌آید. با توجه به شرایط فعلی بازار و تجارت، تحریم‌های اقتصادی و رکود بازار و شرایط عدم قطعیت، بیشتر پروژه‌ها در معرض بحران قرار گرفته و در صورت عدم شناسایی مخاطرات پروژه و عدم مدیریت صحیح آن‌ها، ممکن است با تأخیر در زمان مواجه شده و به تقبل هزینه‌های سنگین و عدم اجرای دقیق پروژه‌ها منجر شود. بدین منظور با بهره‌گیری از تکنیک تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن جهت شناسایی مخاطرات، علل خطا و پیامدهای آن استفاده شده است. انتخاب بهترین روش برای اولویت‌بندی مخاطرات و تصمیم‌گیری دقیق آن‌ها جهت تدوین برنامه و انجام اقدامات لازم جهت کاهش و مدیریت ریسک‌ها از بین سه روش تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن فازی بدون در نظر گرفتن اوزان پارامترهای عدد اولویت ریسک و تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن فازی با در نظر گرفتن اوزان و تکنیک تلفیقی تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن فازی و تکنیک مجموع وزین رده‌ای مورد بررسی قرار گرفت و نتایج بررسی با در نظر گرفتن مزایا و معایب روش‌ها، نشان می‌دهد که انتخاب روش سوم تأثیر بسزایی در اولویت‌بندی دقیق و تصمیم‌گیری صحیح‌تر مخاطرات پروژه داشته است.

ارائه یک الگوریتم ترکیبی از تجزیه و تحلیل نقاط شکست



واژگان کلیدی:

مدیریت ریسک پروژه، تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن، نظریه فازی، تکنیک مجموع وزین رده‌ای

(۱) مقدمه

موارد زیر است؛ اما محدود به آن‌ها نمی‌شود:

- پیچیده‌تر شدن سیستم‌های جامعه‌ی امروزی از یک‌سو و الزامات سیستم‌های کیفیت از سوی دیگر لزوم تجزیه و تحلیل و مدیریت ریسک را به‌وضوح نشان می‌دهد.
 - مدیریت کردن یک پروژه به‌طور معمول شامل موارد زیر می‌شود (مؤسسه مدیریت پروژه، ۲۰۱۲):
 - شناسایی الزامات،
 - پرداختن به نیازهای مختلف، نگرانی‌ها و انتظارات ذی‌نفعان به‌عنوان یک پروژه برنامه‌ریزی و انجام‌شده،
 - تنظیم و حفظ ارتباط فعال با ذی‌نفعان،
 - متعادل کردن رقابت محدودیت پروژه، که شامل
 - محدود،
 - کیفیت،
 - برنامه،
 - بودجه،
 - منابع،
 - ریسک.
- محدوده‌های اصلی مدیریت پروژه عبارت‌اند از (مؤسسه مدیریت پروژه، ۲۰۱۲):
- مدیریت یکپارچگی پروژه،
 - مدیریت محدوده پروژه،
 - مدیریت زمان پروژه،
 - مدیریت هزینه پروژه،

- مدیریت کیفیت پروژه،
- مدیریت منابع انسانی پروژه،
- مدیریت ارتباطات پروژه،
- مدیریت ریسک پروژه،
- مدیریت تدارکات پروژه،
- مدیریت ذی‌نفعان پروژه.

در مدیریت پروژه، مدیریت ریسک، به‌عنوان یکی از حوزه‌های کلیدی دانش، برای مدیران، مورد بررسی قرار می‌گیرد. یکی از بهترین روش‌ها جهت شناسایی و طبقه‌بندی مخاطره، ایجاد ساختار شکست ریسک است.

مخاطرات، شرایط یا وقایع غیرمسلّم آینده هستند که ممکن است وقوع یافته یا نیابند؛ اما اگر اتفاق افتند با اهمیت هستند. مخاطره، عاملی اجتناب‌ناپذیر در پروژه‌ها بوده و همیشه در اطراف ماست. با توجه به تغییرات روزافزون و سریع جهان که مملو از مخاطرات است، شناخت محیط و تصمیم‌گیری درست و سریع جهت بقا و ماندن در محیط کسب‌وکار و رقابتی پیچیده امروز جهان، مورد نیاز است. لذا نیاز به شناسایی عوامل مخاطره‌زای درونی و بیرونی در پروژه و خطاهای انسانی و مدیریتی، وجود دارد. مدیریت ریسک پروژه به سمت شناسایی و اولویت‌بندی ریسک پیش از وقوع و فراهم‌سازی اطلاعات اقدام-محور برای میدان پروژه، هدف‌گذاری شده است. این جهت‌گیری نیازمند لحاظ کردن وقایعی است که ممکن است وقوع یافته یا نیابند؛ بنابراین در قالب واژه‌هایی از احتمال رخداد به‌علاوه ابعاد دیگری چون اثرات آن‌ها بر اهداف تعریف می‌شوند. مدیریت ریسک بدون اطلاعات کافی، مناسب و به‌موقع از مخاطرات و مشخصه‌های آن‌ها، کارآمد نیست.

مطالعات نشان می‌دهند که پروژه‌ها اغلب دیرتر از زمان مورد انتظار و با صرف بودجه‌های بیشتر از بودجه از پیش تعیین‌شده به اتمام رسیده‌اند و اغلب کیفیت خواسته‌شده را نداشته‌اند. وجود ریسک و عدم قطعیت در پروژه موجب کاهش دقت در تخمین

مناسب اهداف شده و از کارایی پروژه می‌کاهد؛ بنابراین نیاز به شناخت و مدیریت ریسک در پروژه‌ها کاملاً روشن و واضح است (بیکر و زنگ، ۲۰۰۵). پروژه‌ها همواره با ریسک‌های متعددی مواجه هستند که منجر به عدم قطعیت و گاهی شکست آن‌ها چه از لحاظ مالی و چه از لحاظ زمانی می‌شوند. با افزایش عدم قطعیت و پیچیدگی پروژه‌ها، توجه به مدیریت ریسک رو به افزایش است. این الزام وقتی بیشتر می‌شود که پروژه‌ها (تقا، ۱۳۸۹):

- هزینه سنگین دارند،
- با فناوری جدید پیش می‌روند،
- جریان نقدینگی یکنواخت نیست،
- شامل پیچیدگی در توافقات قراردادی و مفاد قانونی هستند.

مهم‌ترین هدف مدیریت، انجام پروژه با کمترین هزینه و در زمان مقرر با رعایت مسائل کیفی از پیش تعیین‌شده است. هدف عمده از آنالیز و ارزیابی مخاطرات: (۱) تعیین میزان عدم قطعیت و هزینه‌ی ناشی از آن، (۲) ارائه راهکارهای کاهش آن، (۳) تجمع هزینه راهکار مربوط است. از طرف دیگر تکنیک تجزیه و تحلیل حالات خطا و آثار آن یکی از مدل‌های مؤثر برای پیش‌بینی خطا و پیداکردن کمترین هزینه راه‌حل برای جلوگیری از بروز خطاست.

الحمیضی در مقاله‌ی استفاده از تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن فزای به مدل غار در حوادث، به محاسبه دقیق‌تر عدد اولویت ریسک و برطرف کردن نواقص تجزیه و تحلیل حالات خطا سنتی در پروژه‌های ساختمانی و ارائه یک برنامه ارزیابی ریسک دقیق پرداخت (الحمیضی، ۲۰۱۲).

یونگ جونگ در مقاله‌ی "یک رویکرد سیستماتیک برای شناسایی خرابی‌های سیستم تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن و رویکرد تجزیه و تحلیل روابط خاکستری"، به ارائه یک رویکرد سیستماتیک برای شناسایی و ارزیابی حالت‌های خرابی سیستم پرداخت. رویکرد پیشنهادی شامل دو مرحله است: (۱)

1. Baker & Zing
2. Al-Humanity et.al.

تشکیل مدل تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن با استفاده از نظریه‌ی فازی، (۲) اعمال تجزیه و تحلیل روابط خاکستری (یونگ جونگ و همکاران^۱، ۲۰۱۱).

۲) چارچوب نظری و مدل مفهومی

۱-۲) مدیریت پروژه

مدیریت پروژه به کارگیری دانش، مهارت‌ها، ابزارها و تکنیک‌های مرتبط با فعالیت‌های پروژه در راستای برآورده کردن الزامات پروژه است (مؤسسه مدیریت پروژه، ۲۰۱۲).

این کاربرد از دانش، نیازمند مدیریت اثربخش فرایندهای مناسب است.

فرایندهای مدیریت پروژه در پنج گروه فرایندی مدیریت پروژه انجام می‌شود. این پنج گروه فرایند عبارت‌اند از (مؤسسه مدیریت پروژه، ۲۰۱۲):

- آغازین،
- برنامه‌ریزی،
- اجرا،
- نظارت و کنترل،
- خاتمه.

۲-۲) مدیریت ریسک

ریسک از نظر تئوری به معنای احتمال انحراف از نیل به هدف مطلوب در زمانی مشخص است. در تئوری ریسک اصطلاحاتی نظیر نامعلومی یا نامشخص بودن وضعیت، شرایط عدم اطمینان از آینده و غیره تعریف می‌شود (موسوی، ۱۳۸۹).

کرزنر مدیریت ریسک را "فعالیت یا کوشش در جهت پرداختن به ریسک" معرفی می‌کند (کرزنر^۲، ۲۰۰۳).

۳-۲) مدیریت ریسک پروژه

مدیریت ریسک پروژه شامل فرایندهای هدایت برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، شناسایی، تجزیه و تحلیل، برنامه‌ریزی پاسخ و کنترل ریسک در یک پروژه است. اهداف مدیریت ریسک پروژه، افزایش احتمال و اثر

وقایع مثبت و کاهش احتمال و اثر وقایع منفی در پروژه است (مؤسسه مدیریت پروژه، ۲۰۱۲). فرایندهای مدیریت ریسک پروژه، به شرح زیر است (مؤسسه مدیریت پروژه، ۲۰۱۲):

۱. برنامه‌ی مدیریت ریسک،
۲. شناسایی مخاطرات،
۳. انجام تجزیه و تحلیل کیفی مخاطره،
۴. انجام تجزیه و تحلیل کمی مخاطره،
۵. برنامه‌ی پاسخ مخاطره،
۶. کنترل مخاطرات.

۲-۴) روش تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن

اولین تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن^۳، در صنایع هوافضا در اواسط دهه‌ی شصت به‌ویژه با نگرش بر مسائل ایمنی مورد استفاده قرار گرفت و بعد از کمی، تجزیه و تحلیل حالات خطا و آثار آن به ابزاری کلیدی برای بهبود ایمنی به‌خصوص در فرایندهای شیمیایی تبدیل شد. در ابتدا صنعت خودرو تجزیه و تحلیل حالات خطا و آثار آن را برای بهبود ایمنی و سپس ابزاری برای بهبود کیفیت مورد استفاده قرارداد (قراچورلو، ۱۳۸۴).

با وجود سادگی ظاهری تکنیک تجزیه و تحلیل حالات خطا و آثار آن، همچنین مزایای استفاده از آن، کاستی‌هایی توسط نویسندگان مختلفی شناسایی شده است. در ادامه خلاصه‌ای از این موارد بیان شده است:

۱. استفاده از عملگر ضرب در محاسبه‌ی عدد اولویت ریسک^۴ منجر به تفسیر نادرست نتایج نهایی می‌شود. با ترکیبات مختلف از شدت^۵، وقوع^۶ و کشف^۷ می‌توان عدد اولویت ریسک‌های مشابهی را به دست آورد که پیامدهای مخاطرات آن‌ها کاملاً متفاوت با یکدیگر باشند (بولز و پلاز^۸، ۱۹۹۵).

۲. روش سنتی تجزیه و تحلیل حالات خطا و آثار آن متکی بر استفاده از مقادیر عددی در ارزیابی پارامترهای ورودی یک ریسک است که ارزیابی دقیق سه مؤلفه

1. Young Jung et.al
2. Kerzner
3. Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)
4. Risk Priority Number (RPN)

5. Severity (S)
6. Occurrence (O)
7. Detection (D)
8. Bowles & Peláez

دشوار است (زو و همکاران^۱، ۲۰۰۲).

۳. اهمیت نسبی در میان وقوع، شدت و کشف در نظر گرفته نمی‌شود. فرض بر این است که هر سه مؤلفه اهمیت یکسانی دارند (بولز و پلاز، ۱۹۹۵).

تجزیه و تحلیل حالت خطا و اثرات ناشی از آن با استفاده از نظریه‌ی فازی^۲ یکی از مهم‌ترین روش‌های منتشرشده‌ی مدیریت ریسک در بین جمعیت است. تجزیه و تحلیل حالت خطا و اثرات ناشی از آن در مطالعات مختلف انجام شده به منظور ارتقای عملکرد، خود را با مفاهیم منطق فازی برای ارزیابی سطح ریسک در یک سبک انعطاف‌پذیرتر، از جمله نسخه جدید که تجزیه و تحلیل حالت خطا و اثرات ناشی از آن با استفاده از نظریه‌ی فازی نامیده می‌شود، معرفی کرده است. تجزیه و تحلیل حالت خطا و اثرات ناشی از آن با استفاده از نظریه‌ی فازی در ابتدا برای هر خطر منحصر به فرد از عدد ریسک‌پذیری طراحی شده بود که با موارد ما که هر ریسک در زمینه‌های مختلف مدیریتی اثر خواهد داشت، سازگار نیست (بدرالدین و همکاران^۳، ۲۰۱۱).

تجزیه و تحلیل حالت خطا و اثرات ناشی از آن با استفاده از نظریه‌ی فازی در ابتدا توسط ارتش ایالات متحده در سال ۱۹۶۲ به عنوان ابزار فرایند پیشنهاد شده بود، تجزیه و تحلیل حالت خطا و اثرات ناشی از آن یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریت ریسک برای شناسایی، تجزیه و تحلیل و درمان هر ریسک شناخته شده در زمینه‌های بسیاری از صنایع مانند تولید، مونتاژ، فرایندها، محصولات و تجهیزات، در بین جمعیت شده بود (بدرالدین و همکاران، ۲۰۱۱).

نخستین مشکل موجود در نوع کلاسیک تجزیه و تحلیل حالت خطا و اثرات ناشی از آن، برآورد پارامترهایی است که کار آسانی نخواهد بود. در دنیای مشکلات واقعی، وقوع، شدت و کشف همراه با عدم قطعیت هستند که با مقیاس زبانی کیفی خوب توصیف نشده است. علاوه بر این برای محاسبه مقادیر عدد اولویت ریسک نادیده گرفتن اهمیت نسبی

در میان وقوع، شدت و کشف، به فرض اینکه آن‌ها به همان اندازه مهم باشند (با جمع شدن آن‌ها از راه یک ضرب ساده)، همیشه درست نیست. برای غلبه بر این ضعف‌ها محققان مختلفی پیشنهاد مفاهیم منطق فازی برای ارزیابی سطح ریسک را معرفی کردند. نسخه جدید، تجزیه و تحلیل حالت خطا و اثرات ناشی از آن فازی نام دارد (بدرالدین و همکاران، ۲۰۱۱).

متخصصین، رویکرد فازی را برای تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن پیشنهاد دادند. مقادیر پارامترهای احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف با نمرات ۱-۱۰ را به پنج متغیر زبانی "بسیار کم"، "کم"، "متوسط"، "زیاد" و "بسیار زیاد" تغییر داده و توسط متخصصین برای تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن مورد بررسی قرار گرفت (شیرویزاد و همکاران، ۲۰۱۰).

تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن روشی سیستماتیک و گروهی برای شناسایی و پیشگیری از وقوع مشکل در محصول و فرایند آن است. این روش برای جلوگیری از بروز عیب و نقص، افزایش ایمنی و افزایش رضایت مشتری تمرکز دارد (بهروز دری، ۱۳۸۷). هدف از تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن جلوگیری از خرابی‌های غیرقابل قبول، کمک به مدیریت در تخصیص کارآمدتر از منابع و جلوگیری از نارضایتی مشتری و تدوین برنامه‌های مدیریت ریسک برای ریسک‌های غیرقابل قبول است (شیرویزاد و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۵) نظریه فازی

نظریه‌ی فازی نظریه‌ایست برای اقدام در شرایط عدم اطمینان. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند، چنانچه در عالم واقع در بیشتر موارد چنین است، به شکل ریاضی درآورده و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (مؤمنی، ۱۳۸۵).

۲-۵-۱) تعریف مجموعه‌های فازی

مجموعه‌های فازی در واقع آن دسته از مجموعه‌ها

هستند که اعضای آن‌ها دقیق و مشخص نیستند؛ مانند مجموعه افراد بلندقد یا مجموعه اعداد بزرگ‌تر. دکتر عسگرزاده برای تجزیه و تحلیل این مجموعه‌ها به هریک از اعضای چنین مجموعه‌هایی عددی از بازه [۰ و ۱] به‌عنوان درجه عضویت آن عضو در آن مجموعه نسبت داد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳).

۲-۵-۲) نمایش مجموعه‌های فازی

اگر U مجموعه مرجعی باشد که هر عضو آن با X نمایش داده شود مجموعه فازی در U به‌وسیله زوج‌های مرتبی به‌صورت زیر بیان می‌شود (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳):

$$A = \{(X, \mu_A(x)) | X \in U\} \quad (۱)$$

$\mu_A(x)$ تابع عضویت و یا درجه عضویت است که میزان تعلق X به مجموعه فازی A را نشان می‌دهد و برد این تابع، اعداد حقیقی غیرمنفی است که یک مقدار ماکزیمم بیشینه دارد و در حالت نرمال به‌صورت‌به‌صورت فاصله بسته [۰ و ۱] [۰ و ۱] در نظر گرفته می‌شود.

۲-۵-۳) تعریف اعداد فازی

یک مجموعه فازی نرمال محدب مانند A با دامنه اعداد حقیقی R یک عدد فازی حقیقی است اگر (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳):

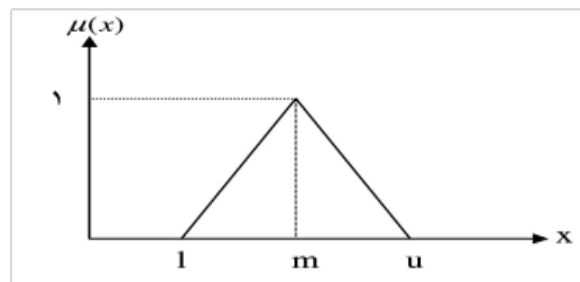
۱. تنها یک عدد فازی $X_0 \in \hat{R}$ وجود داشته باشد که:

$$\mu_A(x_0) = 1$$

۲. تابع عضویت $\mu_A(x)$ یک تابع پیوسته باشد.

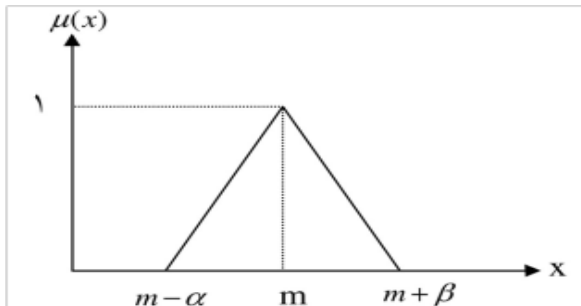
۲-۵-۴) اعداد فازی مثلثی

یک عدد فازی مثلثی را می‌توانی توان با سه‌تایی مرتب (l, m, u) نمایش داد (شکل ۱) که l و u حدود پایینی و بالایی و مقدار m مقدار میانه می‌باشد و x عنصری بین l و u است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳).



شکل ۱: نمایش اعداد فازی

در بعضی از مراجع عدد فازی مثلثی a را با سه‌تایی مرتب (α, m, β) نمایش می‌دهند (شکل ۲) که m را مقدار میانه و α و β را به ترتیب پهنای چپ و پهنای راست، عدد A می‌نامند.



شکل ۲: نمایش اعداد فازی (پهنای چپ و راست)

۲-۵-۵) غیرفازی کردن عدد فازی

در این تحقیق جهت غیرفازی کردن عدد فازی از روش امتیازدهی به چپ و راست عدد فازی تشریح شده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳).

در این روش امتیاز کل دقیق یک عدد فازی A از مقدار امتیازات چپ و راست A به‌دست‌آمده و این امتیازات چپ و راست از دو مجموعه ویژه کمینه (Min) و بیشینه (Max) و درجه عضویت عدد فازی به دست می‌آید.

این دو مجموعه Min و Max با فرض اینکه دامنه اعداد فازی [۰ و ۱] باشند به‌صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود:

$$\mu_{\min}(x) = \begin{cases} 1-x; & 0 \leq x \leq 1 \\ 0; & \text{در غیر اینصورت} \end{cases} \quad (۲)$$

$$\mu_{\max}(x) = \begin{cases} x; & 0 \leq x \leq 1 \\ 0; & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

امتیاز سمت چپ A می‌تواند با استفاده از رابطه (۳) حاصل شود.

$$\mu_{\mathcal{L}}(x) = \text{SUB}[\mu_{\min}(x) \cap \mu_A(x)] \quad (۳)$$

امتیاز سمت راست A می‌تواند با استفاده از رابطه (۴) حاصل شود.

$$\mu_{\mathcal{R}}(x) = \text{SUB}[\mu_{\max}(x) \cap \mu_A(x)] \quad (۴)$$

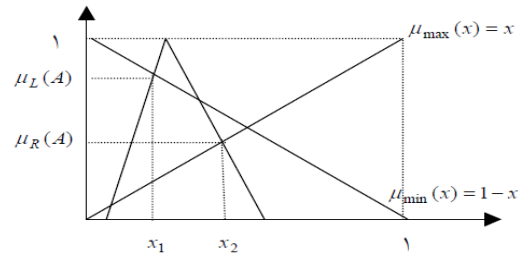
با به‌دست‌آوردن این امتیازات، می‌توان امتیاز کل را از رابطه (۵) محاسبه کرد که به‌عنوان یک مقدار دقیق

و معین در محاسبات بعدی از آن استفاده می‌شود.

$$\mu_{\mathcal{J}}(x) = \frac{\mu_{\mathcal{R}}(x)+1-\mu_{\mathcal{L}}(x)}{2} \quad (5)$$

فرض کنید یک مجموعه فازی مثلثی تحت عنوان $A = (\alpha, m, \beta)$ داریم. شکل (۳) مقادیر این امتیازات چپ و راست را به صورت گرافیکی نشان می‌دهد. تابع عضویت عدد فازی A به صورت رابطه (۶) است.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-(m-\alpha)}{\alpha}; & m-\alpha \leq x \leq m \\ \frac{(m+\beta)-x}{\beta}; & m \leq x \leq m+\beta \end{cases} \quad (6)$$



شکل ۳: شکل گرافیکی مقادیر امتیازات چپ و راست

امتیازات سمت چپ و راست عدد فازی A از رابطه (۷) به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} \mu_{\mathcal{L}}(A) &= 1 - \frac{m}{1+\alpha} \\ \mu_{\mathcal{R}}(A) &= \frac{m+\beta}{1+\beta} \end{aligned} \quad (7)$$

۲-۶ روش جمع موزون ساده

روش جمع موزون ساده، ساده‌ترین و پرکاربردترین روش تصمیم‌گیری چند معیاره است. در این روش امتیاز هر گزینه از طریق تجمیع ارزش‌های آن گزینه در معیارهای مختلف با احتساب وزن هر معیار به دست می‌آید؛ به طوری که وزن‌های نسبی به صورت مستقیم توسط تصمیم‌گیرنده داده می‌شوند (سرگانکار^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). روش جمع موزون ساده، یکی از قدیمی‌ترین روش‌های به کارگیری در تصمیم‌گیری چند شاخصه^۳ است. در این روش نیاز به مقیاس‌های مشابه و یا اندازه‌گیری‌های "بی مقیاس شده" است که بتوان آن‌ها را با یکدیگر مقایسه نمود (میرابی و همکاران، ۱۳۹۰).

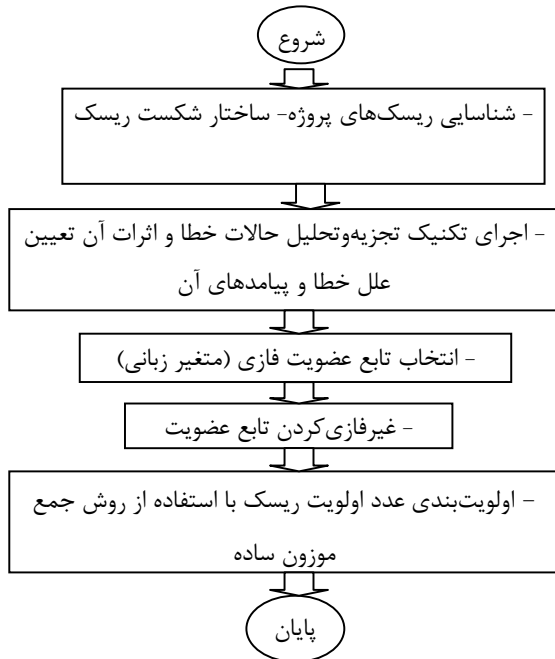
$$FW1(X) = \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (8)$$

برای مواردی که جمع اوزان بیشتر از یک باشد از رابطه (۹) استفاده می‌شود.

$$FW(X) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (9)$$

۲-۷ مدل مفهومی تحقیق

نمودار مدل مفهومی تحقیق حاضر در شکل (۴) آورده شده است.



شکل ۴: نمودار مدل مفهومی تحقیق

۳ روش‌شناسی تحقیق

برای محاسبه‌ی درجه اولویت ریسک و تصمیم‌گیری بهتر و دقیق‌تر با استفاده از الگوریتم ترکیبی تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی و تکنیک مجموع وزین رده‌ای، مراحل به شرح زیر اجرا می‌شوند: ۱-۳) مخاطرات پروژه، علل خطا و پیامدهای آن با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن در قالب یک کار گروهی که شامل خبرگان پروژه بوده و به جهت حفظ پویایی گروه و تضمین صحت اطلاعات از وفاق تیمی، به گونه‌ای که تمامی اعضای گروه برای ارائه نظر به اتفاق نظر برسند، شناسایی می‌شوند.

۲-۳) انتخاب تابع عضویت فازی و تخصیص متغیر زبانی برای هر یک از پارامترهای عدد اولویت ریسک

1. Simple Additive Weighted (SAW)
2. Sargaonkar et al
3. Multiple Criteria Decision Making (MADM)

مطابق روش زیر انجام می شود:

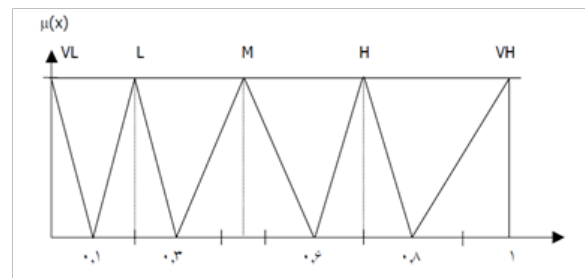
برای کلیه عوامل مؤثر در درجه ریسک پذیری یعنی شدت خطا، احتمال وقوع خطا و احتمال کشف خطا از پنج متغیر زبانی "بسیار کم"، "کم"، "متوسط"، "زیاد"، "بسیار زیاد" استفاده شده است:

{بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم، بسیار کم} = T(X) = مجموعه مقادیر مربوط به متغیر زبانی

برای امتیازدهی نهایی حاصل از امتیازات تخصیص داده شده توسط ۱۰ نفر از خبرگان، از روش امتیازدهی میانه استفاده شده است.

روش امتیازدهی میانه می تواند به کاهش زمان و هزینه کمک کند و برای حالتی که امتیاز خارج از میانگین وجود دارد و یا دو دستگی در امتیازات مشاهده می شود ریسک پایینی را در پی دارد (آر- و - توف ایران، ۱۳۸۲). تابع عضویت متغیرهای زبانی فوق به صورت شکل (۵) است.

[۰ و ۱] = دامنه تغییر (مجموعه مرجع) u



شکل ۵: تابع عضویت متغیرهای زبانی

۳-۳) هر یک از متغیرهای زبانی مطابق با جدول (۱) به عدد فازی مثلثی تبدیل می شوند.

متغیر زبانی	تابع عضویت متغیرهای زبانی	عدد فازی مثلثی
بسیار کم	VL	(۰، ۰، ۰.۱)
کم	L	(۰.۱، ۰.۲، ۰.۳)
متوسط	M	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)
زیاد	H	(۰.۶، ۰.۷، ۰.۸)
بسیار زیاد	VH	(۰.۸، ۱، ۱)

جدول ۱: مقادیر فازی تخصیص داده شده به هر یک از متغیرهای زبانی با استفاده از تابع عضویت مثلثی

۴-۳) اعداد فازی مثلثی هر یک از پارامترهای احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف را از طریق روش

غیرفازی کننده ((امتیازدهی به چپ و راست عدد فازی)) غیرفازی نموده و به هر یک از متغیرهای زبانی مقادیر دقیق تخصیص داده می شود.

۳-۵) به هر یک از پارامترهای احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف از طریق نظریه مدیر و یا نظریه خبرگان پروژه اوزان تخصیص داده می شود.

۳-۶) محاسبه عدد اولویت ریسک طبق رابطه (۱۲)، ضرب اوزان تخصیص داده شده به هر یک از پارامترهای عدد اولویت ریسک در مقادیر دقیق تخصیص داده شده و با جمع مقادیر به دست آمده، عدد نهایی اولویت ریسک هر یک از ریسک های پروژه به دست آمده و براساس اعداد بزرگ به کوچک اولویت بندی و تصمیم گیری صحیح ریسک های پروژه انجام می شود.

۴) تجزیه و تحلیل داده ها

اجرای پروژه های گاز مستلزم صرف سرمایه ها و زمان قابل توجهی بوده و از جمله پرمخاطره ترین پروژه ها به شمار می روند. شناسایی عوامل مخاطره زرا و آگاهی از میزان احتمال وقوع و نوع تأثیرات آن ها به عنوان بخشی از مدیریت ریسک، گامی اساسی در جهت ارزیابی صحیح و پاسخ دهی به موقع و مناسب به این ریسک ها و موجب کاهش زیان در نتیجه این رویدادهاست.

پروژه ی گازرسانی شهرستان بابل به طول ۶۶۵۸۴ متر با هدف ارائه خدمات رفاهی، تأمین نیازمندی های اصلی مردم و استفاده ساکنان منطقه از نعمت های طبیعی و ایجاد درآمد برای شرکت گاز استان مازندران، است.

۴-۱) مشخصات پروژه

- پیاده کردن مسیر، حفر کانال در هر زمین به عرض ۴۰ سانتی متر، به علاوه قطر لوله و عمق ۱۱۰ سانتی متر به علاوه قطر لوله و عمق کانال برای لوله گذاری شبکه در حاشیه جاده های اصلی به طول تقریبی ۷۵۰۰ متر برای ۱۶۰ سانتی متر به علاوه قطر لوله است.

- تهیه ماسه‌بادی با تهیه خاگل سررنده کرده و ریختن به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر زیر و ۳۰ سانتی‌متر روی لوله، گذاردن نوار زرد اخطار و ریختن خاک‌های حاصل از کانال‌کنی به درون کانال، غرقاب‌کردن کانال یا آبپاشی و کوبیدن و جمع‌آوری و تمیزکاری سطح مسیر لوله‌گذاری و بارگیری و حمل مواد زائد به خارج از کارگاه و تخلیه در محل‌هایی که منع قانونی نداشته باشد.

- انجام عملیات آسفالت شکافی به میزان ۱۰۰۰ مترمربع.

- انجام عملیات لوله‌گذاری لوله فلزی به قطر ۶ اینچ به طول تقریبی ۲۵۴۴ متر، به قطر ۸ اینچ به طول تقریبی ۲۶۴۰ متر و لوله پلی‌اتیلن به قطر ۶۳ میلی‌متر به طول تقریبی ۳۳۱۰۰ متر، به قطر ۹۰ میلی‌متر به طول تقریبی ۱۴۴۰۰ متر، به قطر ۱۱۰ میلی‌متر به طول تقریبی ۳۱۰۰ متر، به قطر ۱۲۵ میلی‌متر به طول تقریبی ۶۶۶۰ متر، به قطر ۱۶۰ میلی‌متر به طول تقریبی ۴۱۴۰ متر با فشار بهره‌برداری ۶۰ پوند بر اینچ همراه با نصب اتصالات، شیرها، فلنج‌ها و متعلقات مربوطه و ساختن حوضچه‌ها و نصب علائم شناسایی.

۴-۲) گام‌های اجرایی تحقیق

گام اول: شناسایی مخاطرات، علل خطا و پیامدهای آن‌ها از طریق نظر خبرگان پروژه در قالب یک کار گروهی و رسیدن به اتفاق نظر جمعی اقدام گردید. گام دوم: امتیازدهی و ارزیابی احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف هر یک از علل خطای مخاطرات شناسایی شده با توجه به تابع عضویت متغیرهای زبانی انجام شد.

گام سوم: تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد مثلثی انجام شد. داده‌های حاصل شده بعضی از مخاطرات شناسایی شده پروژه گازرسانی در جدول (۲) آورده شده است.

عنوان ریسک	علل ریسک	احتمال وقوع	شدت	احتمال کشف
ریسک سیاسی	تحریم	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۱)
	جابه‌جایی مدیران	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
ریسک اجتماعی	فشارهای نهادهای پایین‌دستی (دهیاری، بخشدار)	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۱)
	عدم رضایت کارکنان	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
	عدم رضایت جامعه	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
ریسک اقتصادی	فرهنگ کارگاهی	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۱)
	تورم	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۱)
ریسک حقوقی	شرایط بازار	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
	تغییر در قوانین و مقررات	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۱)
ریسک محیطی	نوع زمین	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۱، ۰.۰)
	سطح شیب زمین	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۱، ۰.۰)
ریسک ناشی از بلایای طبیعی	زلزله	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)
	سیل	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
ریسک حوادث	ریزش کانال	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۱)
ریسک قراردادی	برخورد افراد با اجسام	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۱)
	تأخیرات پیمانگی	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
ریسک سرمایه‌گذاری	ورشکستگی پیمانکاران	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
ریسک طراحی-مهندسی	کمبود نقدینگی	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
	ناکافی بودن مدارک و نقشه‌ها	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
ریسک عملیاتی-اجرایی	تغییرات در طراحی	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
	رد آزمون پروژه (کلیه آزمون‌ها)	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۱)
ریسک منابع انسانی	عدم تحصیل به‌موقع زمین و مجوزهای حفاری	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
	ضعف فنی و مالی پیمانکاران	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
	کمبود نیروی انسانی ماهر	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)
سایر ریسک‌ها	کیفیت پایین مواد اولیه	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)
	کیفیت پایین جوش	(۰.۸، ۰.۷، ۰.۶)	(۰.۸، ۱، ۱)	(۰.۳، ۰.۶، ۰.۴۵)

جدول ۲: اعداد فازی مثلثی عوامل عدد اولویت ریسک پروژه گازرسانی

گام چهارم: محاسبه مقادیر دقیق عدد اولویت ریسک است. جدول (۳) شامل نتایج به‌دست‌آمده عدد اولویت ریسک نهایی ریسک‌های پروژه گازرسانی بابل و اولویت‌بندی آن‌ها براساس نتایج حاصل از روش سوم است. روش‌های استفاده‌شده به شرح زیر است:

۱. تکنیک تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی بدون در نظر گرفتن اوزان سه پارامتر احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف محاسبه عدد اولویت ریسک از طریق رابطه (۱۰) به‌دست می‌آید:



$$RPN = (S) * (O) * (D) \quad (۱۰)$$

۲. تکنیک تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی با در نظر گرفتن اوزان سه پارامتر احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف محاسبه عدد اولویت ریسک از طریق ضرب اوزان در مقادیر پارامترهای عدد اولویت ریسک از طریق رابطه (۱۱) به دست می آید:

$$RPN = (W1 * S) * (W2 * O) * (W3 * D) / \sum_{i=1}^3 Wi, \quad W1 = 0.35, W2 = 0.55, W3 = 0.1 \quad (۱۱)$$

۳. الگوریتم ترکیبی تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی و تکنیک مجموع وزین ردهای محاسبه عدد اولویت ریسک از طریق رابطه (۱۲) به دست می آید:

$$RPN(X) = \sum_{i=1}^n wixi = (W1 * S) + (W2 * O) + (W3 * D) / \sum_{i=1}^3 Wi, \quad W1 = 0.35, W2 = 0.55, W3 = 0.1 \quad (۱۲)$$

عنوان ریسک	علل ریسک	عدد اولویت ریسک (روش ۱)	عدد اولویت ریسک (روش ۲)	عدد اولویت ریسک (روش ۳)	اولویت‌ها
ریسک سیاسی	تحریم	۰.۱۹۱	۰.۰۰۲۷۵	۰.۸۵۷	۲
	جایه جایی مدیران	۰.۰۴۷	۰.۰۰۰۹۱	۰.۲۷۶۵	۲۵
	فشارهای نهادهای پایین دستی	۰.۰۹۵	۰.۰۰۱۸۵	۰.۵۹۸۵	۱۶
ریسک اجتماعی	عدم رضایت کارکنان	۰.۱۴۲	۰.۰۰۲۷۴	۰.۵۸۰۸	۱۷
	عدم رضایت جامعه	۰.۲۱۲	۰.۰۰۰۴۱	۰.۶۹۵۹	۱۳
ریسک اقتصادی	فرهنگ کارگاهی	۰.۱۴۲	۰.۰۰۵۵۶	۰.۷۲۲۳	۹
	تورم	۰.۰۹۵	۰.۰۰۱۸۵	۰.۶۹۲۵	۱۴
ریسک حقوقی	شرایط بازار	۰.۱۴۲	۰.۰۰۲۷۴	۰.۵۸۰۸	۱۸
	تغییر در قوانین و مقررات	۰.۰۴۷	۰.۰۰۰۹۱	۰.۰۴۳۴	۲۶
ریسک محیطی	نوع زمین	۰.۰۲۹	۰.۰۰۰۵۶	۰.۷۰۴۲	۱۱
	سطح شیب زمین	۰.۰۱	۰.۰۰۰۱۸	۰.۴۱۶	۲۴
ریسک ناشی از بلایای طبیعی	زلزله	۰.۱۴۲	۰.۰۰۲۷۴	۰.۴۸	۲۲
	سیل	۰.۰۹۵	۰.۰۰۱۸۴	۰.۴۵۷	۲۳
ریسک حوادث	ریزش کانال	۰.۰۷۱	۰.۰۰۱۴	۰.۵۵۷۸	۱۹
ریسک قراردادی	برخورد افراد با اجسام	۰.۰۹۵	۰.۰۰۱۸۵	۰.۵۹۸۶	۱۵
	تاخیرات پیمانانی	۰.۲۸۶	۰.۰۰۵۵۶	۰.۷۴۵	۸
ریسک سرمایه گذاری	ورشکستگی پیمانکاران	۰.۱۹۲	۰.۰۰۳۷۳	۰.۷۱۵۶	۱۰
ریسک طراحی - مهندسی	کمبود نقدینگی	۰.۳۸۴	۰.۰۰۷۵۶	۰.۸۸	۱
	ناکافی بودن مدارک و نقشه‌ها	۰.۱۴۲	۰.۰۰۲۷۴	۰.۵۳۵۸	۲۰
ریسک عملیاتی - اجرایی	تغییرات در طراحی	۰.۲۸۶	۰.۰۰۵۵۶	۰.۷۴۵	۷
	رد آزمون پروژه (کلیه آزمون‌ها)	۰.۱۴۲	۰.۰۰۲۷۶	۰.۷۷۱۳	۱۲
ریسک منابع انسانی	عدم تحصیل به موقع زمین و مجوزهای حفاری	۰.۲۸۶	۰.۰۰۵۵۶	۰.۷۹۴	۵
	ضعف فنی و مالی پیمانکاران	۰.۲۸۶	۰.۰۰۵۵۶	۰.۷۹۴	۶
	کمبود نیروی انسانی ماهر	۰.۱۴۲	۰.۰۰۲۷۴	۰.۵۳۵۸	۲۱
سایر ریسک‌ها	کیفیت پایین مواد اولیه	۰.۴۲۷	۰.۰۰۰۸۳	۰.۸۱۷	۳
	کیفیت پایین جوش	۰.۲۸۶	۰.۰۰۵۵۶	۰.۷۹۴	۴

جدول ۳: مقادیر غیر فازی (دقیق) عدد اولویت ریسک پروژه گازرسانی و اولویت بندی آن‌ها

۵) نتیجه‌گیری و بحث

در این تحقیق ضمن بررسی مخاطرات پروژه با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن، جزئیات سه روش تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی بدون در نظر گرفتن اوزان، تکنیک تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی با در نظر گرفتن اوزان و الگوریتم ترکیبی تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی و تکنیک مجموع وزین ردهای جهت تعیین عدد اولویت ریسک برای اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری صحیح مورد بررسی قرار گرفت.

ارزیابی و اولویت‌بندی دقیق مخاطرات و نیاز به کاهش ریسک‌های پروژه و یا کاهش عدد اولویت ریسک جهت کنترل زمان و هزینه اجرا در پروژه‌های مخاطره‌آمیز گازرسانی از اقدامات ضروری برای مدیریت ریسک و تصمیم‌گیری صحیح و دقیق و ارائه پاسخ لازم به ریسک‌های مرتبط از طریق اصول زیر است:

۱. حذف احتمال وقوع (با حذف احتمال وقوع، شدت ریسک را نیز حذف می‌کنیم)،
۲. کاهش شدت ریسک،
۳. کاهش احتمال وقوع،
۴. افزایش احتمال کشف.

لذا به دلیل وجود مسائل زیر در اجرای تکنیک تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی برای شناسایی و اولویت‌بندی مخاطرات پروژه، بر آن شدیم تا از الگوریتم ترکیبی تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی و تکنیک مجموع وزین ردهای جهت اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری دقیق تر ریسک‌های پروژه گازرسانی استفاده نماییم:

۱. عدم اهمیت نسبی و دادن وزن به هریک از سه پارامتر احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف،
۲. عدم اولویت‌بندی صحیح و منطقی است که بعضی از اعداد اولویت ریسک حاصل شده با هم برابرند در حالی که مقادیر احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف آن‌ها متفاوت است و هیچ تفاوتی را قائل نشده است و کار تصمیم‌گیری را دچار مشکل می‌نماید.

برای نمونه می‌توان به ریسک‌های زیر که عدد اولویت ریسک از طریق رابطه (۱۰) حاصل شد اشاره نمود:

عنوان ریسک	علل ریسک	احتمال وقوع	شدت	احتمال کشف	عدد اولویت ریسک
ریسک سیاسی	فشارهای نهادهای پایین‌دستی (دهیاری، بخشداری)	(۰.۸، ۱.۱)	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	(۰.۱، ۰.۲، ۰.۳)	۰.۰۹۵
ریسک اقتصادی	تورم	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	(۰.۸، ۱.۱)	(۰.۱، ۰.۲، ۰.۳)	۰.۰۹۵
ریسک قراردادی	تاخیرات پیمانی	(۰.۸، ۱.۱)	(۰.۶، ۰.۷، ۰.۸)	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	۰.۲۸۶
ریسک عملیاتی-اجرائی	عدم تحصیل به موقع زمین و مجوزهای حفاری	(۰.۶، ۰.۷، ۰.۸)	(۰.۸، ۱.۱)	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	۰.۲۸۶

بنابراین باید اهمیت نسبی را مطابق اصول فوق‌الذکر برای هریک از سه پارامتر قائل شد. لذا از تکنیک تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی با در نظر گرفتن اوزان به هریک از سه پارامتر عدد اولویت ریسک به شرح روش زیر استفاده شده است.

اعمال اوزان در هر یک از اعداد غیرفازی (دقیق) سه پارامتر و استفاده از روش معمول به دست آوردن عدد اولویت ریسک یعنی، ضرب سه پارامتر احتمال، شدت و کشف. این روش مشکل عدم اهمیت نسبی هر یک از سه پارامتر احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف را حل نموده است ولی نتوانسته مشکل عدم اولویت‌بندی صحیح و منطقی اعداد اولویت ریسک را با توجه به اینکه مقادیر احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف متفاوت است، حل نماید. برای نمونه می‌توان به ریسک‌های زیر که عدد اولویت ریسک از طریق رابطه (۱۱) حاصل شد اشاره نمود:

عنوان ریسک	علل ریسک	احتمال وقوع	شدت	احتمال کشف	عدد اولویت ریسک
ریسک سیاسی	جایه‌جایی مدیران	(۰.۱، ۰.۲، ۰.۳)	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	۰.۰۰۰۹۱
ریسک حقوقی	تغییر در قوانین و مقررات	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	(۰.۱، ۰.۲، ۰.۳)	۰.۰۰۰۹۱
ریسک طراحی-مهندسی	ناکافی بودن مدارک و نقشه‌ها	(۰.۶، ۰.۷، ۰.۸)	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	۰.۰۰۲۷۴
ریسک عملیاتی-اجرائی	کمبود ماشین‌آلات کالای و پروژه‌ای	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	(۰.۶، ۰.۷، ۰.۸)	(۰.۳، ۰.۴۵، ۰.۶)	۰.۰۰۲۷۴



لذا نتایج حاصل از سه روش بیانگر برتری الگوریتم ترکیبی تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی و تکنیک مجموع وزین رده‌ای است و اولویت‌بندی صحیح ریسک‌ها و تصمیم‌گیری مناسب و دقیق جهت کنترل و انجام اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی را منتج می‌شود.

جهت برطرف‌نمودن مشکلات ذکرشده در دو روش فوق، از الگوریتم ترکیبی تجزیه و تحلیل نقاط شکست فازی و تکنیک مجموع وزین رده‌ای که می‌تواند اعداد ریسک متفاوت و دقیق را به دست آورد و اولویت‌بندی ریسک‌ها را به خوبی انجام دهد، استفاده نماییم.

۶) فهرست منابع

۱. تقا، نکیسا. ۱۳۸۹، "مدیریت ریسک در پروژه‌های نفت و گاز، پروژه توسعه میدان گازی پارس جنوبی فاز ۱۷ و ۱۸- ناحیه C". پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس.
۲. دری، بهروز. معزز، هاشم. سلامی، هادی. ۱۳۸۷، "رویکردی تلفیقی در تحلیل ریسک با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (FMEA) و فرایند تحلیل شبکه‌ای".
۳. رضایی، کامران. سیدی، مجید. نوری، بهروز. ۱۳۸۲، تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن، شرکت مشارکتی آر - و - توف ایران با همکاری نشر آتنا.
۴. قراچورلو، نجف. ۱۳۸۴، ارزیابی و مدیریت ریسک، انتشارات علوم و فنون.
۵. کیانفر، فریدون. نجمی، منوچهر. ابراهیمی، مجید. ۱۳۸۳، مقاله محاسبه ریسک در مدل FMEA با استفاده از نظریه‌ی فازی.
۶. موسوی شیاده، سید مجید. ۱۳۸۹، "ارائه مدلی برای ارزیابی ریسک‌های پروژه سد مخزنی ارس". پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس.
۷. مؤمنی، منصور. ۱۳۸۵، مباحث نوین تحقیق در عملیات. تهران: دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت.
۸. میرابی، مهرداد. میان‌آبادی، حجت. شریفی، محمدباقر. ۱۳۹۰، مقاله کاربرد تصمیم‌گیری چند شاخصه در انتخاب گزینه‌ی مناسب جهت جمع‌آوری فاضلاب مطالعه موردی: شهر نیاسر.

9. Al-Humaidi, H. and Tan, F.: 2012. Using Fuzzy Failure Mode Effect Analysis to Model Cave-In Accidents. *Journal of Performance of Constructed Facilities.*, 26(5), 702-719.
10. An, M., Baker, C. & Zeng, J.: 2005. A Fuzzy- Logic- Based Approach to Qualitative Risk Modeling in the Construction Process. *World journal Engineering*, no. 2, pp. 1-12.
11. Badreddine Ahmad, Ben Amor Nahla and Ben Rodman Taieb, 2011. A New approach to identify and analyze multi-leveled risks: Extension of the fuzzy FMEA method, *Centre Urban Nord BP 676 -1080.*
12. H. Shirouyehzad, M. Badakhshian, R. Dabestani, H. Panjehfouladgaran., 2010, Fuzzy FMEA Analysis for Identification and Control of Failure Preferences in ERP Implementation. *The Journal of Mathematics and Computer Science Vol.1 No.4 366-376.*
13. John B. Bowles & C. Enrique Peleaz: 1995. Fuzzy Logic Priorization of Failure in a System Failure

- Mode and Effects Criticality Analysis, reliability Engineering and System Safety, 50, 203-213.
14. Kerzner, H., 2003. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling. John Wiley & Sons.
15. PMI, 2012. A Guide to the Project management Body of knowledge (PMBOK Guide), Project Management institute.
16. Sargaonkar, A., Rathi, B. and Baile, A. 2010. Identifying potential sites for artificial groundwater recharge in sub-watershed of River Kanhan, India. Environmental Earth Sciences: 1-10.
17. Xu, K., Tang, L.C., Xie, M., Ho, S.L., and Zhu, M.L., Fuzzy assessment of FMEA for engine systems, Reliab. Eng. Syst. Saf. Vol. 75, pp.17-29, 2002.
18. Geum, Young Jung. Cho, Yangrae. Park, Yongtae. 2011, "A systematic approach for diagnosing service failure: Service-specific FMEA and grey relational analysis approach". Mathematical and Computer Modeling, 54 (2011) 3126-3142.

