

ارائه‌ی مدلی ترکیبی از روش دیمتل و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی به منظور رتبه‌بندی عوامل موثر بر ریسک پروژه‌های نیروگاهی

محمد همتی* (دانشیار)

علی باهو (دانشجوی کارشناسی ارشد)

گروه مدیریت، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

مهندسی صنایع و مدیریت شریف (زمستان ۱۳۹۶)
دوری (۱۳۳-۱)، شماره ۲/۲، ص. ۶۳-۷۴

مدیریت ریسک مهم‌ترین بخش مدیریت پروژه است که کمتر در سازمان‌ها به آن پرداخته و به صورت نظام‌مند اعمال می‌شود. در این تحقیق یک مدل تلفیقی از روش دیمتل فازی و تحلیل سلسله مراتبی فازی برای شناسایی، رتبه‌بندی و ارزیابی عوامل ریسک‌ها در پروژه‌های نیروگاهی ارائه شده است. از نتایج مهم تحقیق شناسایی عوامل علی و تعیین عوامل اصلی ریسک در پروژه‌های نیروگاهی است. رتبه‌بندی این عوامل نشان می‌دهد که در میان معیارهای اصلی تحقیق، عوامل اجرا و ساخت بالاترین رتبه را کسب کرده‌اند. ریسک اجرا و ساخت که در وزن‌دهی با تحلیل سلسله مراتبی دارای رتبه‌ی اول است، با روش دیمتل نیز بیشترین وزن را دارد و با سایر معیارها در تعامل حداکثری قرار دارد؛ از این رو به دلیل اثرپذیری بیشتر معیاری معادل محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: رتبه‌بندی ریسک، تصمیم‌گیری چندمعیاره، تحلیل سلسله مراتبی فازی، دیمتل فازی.

mo928hem@yahoo.com
bahoo_56@yahoo.com

۱. مقدمه

پروژه‌های نیروگاهی خورشیدی با توجه به اینکه جزء صنایع جدید و نوپا در کشور هستند، به حجم بالایی از منابع اعم از انسانی، مالی، تجهیزات و مواد نیاز دارند و به دلیل دوره‌ی بلندمدت حیات پروژه در این نوع پروژه‌ها ملاحظات بسیار زیاد و برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق و صحیح و اصولی نیاز است. بررسی‌ها نشان می‌دهد با وجود اینکه کشورهای توسعه‌یافته در مقایسه با کشورهای در حال توسعه، سرمایه‌گذاری بیشتری در زمینه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر دارند، ولی در سال ۲۰۱۲ رشد سرمایه‌گذاری کشورهای در حال توسعه بیشتر بوده است؛ به طوری که در سال ۲۰۱۲ میزان سرمایه‌گذاری کشورهای در حال توسعه با ۷۱ درصد افزایش نسبت به سال قبل به بیش از ۵۱٫۷ میلیارد دلار افزایش یافت.^[۱]

نیروگاه‌های خورشیدی که انرژی خورشید را به برق تبدیل می‌کنند، در آینده با مرایای قاطعی که در برابر نیروگاه‌های فسیلی و اتمی دارند، به خصوص اینکه با محیط زیست سازگارند، مشکل تأمین برق به‌ویژه در دوران اتمام ذخائر نفت و گاز را حل خواهند کرد. آنچه در این میان بسیار حائز اهمیت است، مواجهه با ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های پروژه یا به عبارت دیگر خطرات احتمالی است که از عدم قطعیت برخوردارند و ضمن احتمال وقوع آن بودن در دوران اجرای پروژه، در صورت وقوع اثرات مثبت یا منفی بر اهداف پروژه خواهند گذاشت. هر چه میزان منابع و زمان اجرا

یا حیات پروژه بیشتر باشد، خطرات پروژه هم بیشتر خواهد بود. از طرفی پروژه‌های نیروگاهی خورشیدی به دلیل جدید بودن و داشتن سوابق اجرایی کمتر، در کشور بیشتر در معرض خطرند. هدف از مدیریت ریسک این است که قبل از وقوع هر واقعه بتوان آن را پیش‌بینی و برای مواجهه با آن برنامه‌ریزی کرد تا از مضراتش جلوگیری شود یا به بهترین نحو از آنها بهره‌برداری شود. برای این مهم، باید تا جای ممکن عدم قطعیت‌های محتمل شناسایی و مدیریت شوند؛ اگر این امر انجام نگیرد به‌طور حتم با وقوع این عدم قطعیت‌ها، روند پروژه به خطر می‌افتد. بسیار مشاهده شده است که فعالیت‌های اجرایی پروژه‌ها با انواع و اقسام مشکلات دست و پنجه نرم کرده‌اند. مشکلاتی که تا حد زیادی پیش‌بینی‌شدنی و قابل ارزیابی بوده‌اند و تأثیرات منفی بسیاری بر پروژه، اشخاص درگیر در پروژه و به تبع آن به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر جوامع داشته‌اند. با توجه به اهمیت بررسی عدم قطعیت‌ها و ریسک‌ها به روشنی قابل درک است که برای پیش‌برد هرچه بهتر اهداف، پروژه‌ها باید به درستی مدیریت شوند تا با بهره‌وری بیشتر روبه‌رو شوند. از این رو مدیریت ریسک، مهم است که در این مقاله سعی می‌شود اهمیت آن روشن‌تر شود. بررسی پروژه‌های عمرانی در دست اجرا در کشور اعم از ساخت نیروگاه، جاده‌سازی و پروژه‌های پالایشگاهی مانند فازهای ۱۷ و ۱۸ پارس جنوبی که تأخیر چند صددرصدی در اجرا داشته‌اند، بیان‌گر رویکرد سنتی به مقوله‌ی مدیریت ریسک است.

وجه تمایز تحقیق پیش رو با تحقیقات پیشین در ارائه‌ی مدلی مناسب برای

* نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۲۸، اصلاحیه ۱۳۹۴/۱۲/۲۶، پذیرش ۱۳۹۵/۳/۸.

رتبه‌بندی با در نظر گرفتن تأثیرات متقابل عوامل بر یکدیگر در محیط فازی است. با توجه به مطالب گفته شده، هدف این مقاله ارائه‌ی یک مدل کارا به منظور شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های موجود در پروژه‌های نیروگاهی کشور ایران با استفاده از ترکیب روش تحلیل سلسله‌مراتبی داده‌ها^۱ و دیمتل^۲ فازی است.

۲. چارچوب نظری و مبانی تحقیق

۱.۲. مدیریت ریسک

هدف مدیریت ریسک پروژه، به‌عنوان بخشی از فرایند مدیریت پروژه، افزایش احتمال موفقیت پروژه است. از طرفی در زمان‌بندی پروژه، به‌عنوان بخش دیگری از فرایند مدیریت پروژه، سعی می‌شود فعالیت‌ها به گونه‌ی برنامه‌ریزی شوند که ضمن برآورده ساختن محدودیت‌های پیش‌نیازی و منابع، تابع هدف مورد نظر بهینه شود. در اغلب تحقیقات، مدیریت ریسک و زمان‌بندی به‌طور مجزا بررسی می‌شوند که باعث کاهش اثربخشی آنها در پروژه‌های واقعی می‌شود. ریسک پروژه، رخداد یا شرایطی نامطمئن است که اگر به وقوع بپیوندد اثری مثبت یا منفی بر حداقل یکی از اهداف پروژه مانند زمان، هزینه، یا کیفیت می‌گذارد. یک ریسک ممکن است یک یا چند دلیل داشته باشد و اگر به وقوع بپیوندد یک یا چند عامل را تحت تأثیر قرار بدهد. در هر صورت ریسک پروژه از عدم قطعیت موجود در تمام پروژه‌ها نشأت می‌گیرد. ریسک‌های شناخته‌شده، آنهایی هستند که شناسایی و تحلیل شده‌اند و امکان برنامه‌ریزی برای چنین ریسک‌هایی مقدور است. درحالی‌که ریسک‌های ناشناخته را می‌توان به‌صورت پویا مدیریت کرد و گروه پروژه نسبت به چنین ریسک‌هایی باید پاسخ محتاطانه ارائه کند.^[۱]

۲.۲. شناسایی ریسک

این مرحله فرایند مدیریت ریسک یک روند کیفی است که با هدف شناسایی و بیان ریسک‌های مؤثر بر اهداف پروژه انجام می‌شود و به عبارتی مهم‌ترین فاز مدیریت ریسک پروژه‌هاست؛ زیرا در صورت شناسایی ناصحیح عوامل ریسک نمی‌توان مدیریت و کنترلی بر اهداف نهایی پروژه داشت. در انواع مدل‌های مدیریت ریسک پروژه که به‌طور تفصیلی به فرایند مدیریت ریسک می‌پردازند فاز شناسایی ریسک یکی از مراحل اصلی و مهم است. در تحقیق رضایی و همکاران درباره‌ی تحلیل ارتباط و تکامل مدل‌های مدیریت ریسک فاز شناسایی به‌طور مشترک در اولین مرحله بیان شده است.^[۲] همچنین ماکویی و همکاران با مرور فرایند مدیریت ریسک پروژه، به مهم‌ترین و اساسی‌ترین مرحله از این فرایند یعنی شناسایی و تبیین ریسک پرداخته و ساختار جامعی از روش‌ها در قالب ۶ دسته ارائه نموده‌اند.^[۳]

۳.۲. تعیین روابط علت و معلولی عوامل ریسک

روش دیمتل توسط فونتا و گابوس در سال ۱۹۷۶ در مؤسسه‌ی یادبود باتل^۳ ارائه شد. این روش با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام‌مند به آنها با به‌کارگیری اصول نظریه‌ی گراف‌ها، ساختاری سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط اثرگذاری و اثرپذیری و شدت روابط ارائه می‌دهد.^[۴]

روش دیمتل عموماً برای بررسی مسائل بسیار پیچیده‌ی جهانی به‌وجود آمد که برای ساختاردهی به یک دنباله از اطلاعات مفروض کاربرد دارد. به‌طوری‌که شدت

ارتباطات را به‌صورت امتیازدهی بررسی و بازخورها را توأم با اهمیت آنها تجسس می‌کند و روابط انتقال‌ناپذیر را می‌پذیرد.^[۵]

نخستین بار وو و لی از روش دیمتل با رویکرد فازی استفاده کردند. روش دیمتل فازی می‌تواند ارتباط بین عوامل و اثرات معیارها را به یک مدل ساختاری معقول از سیستم تبدیل کند.^[۶]

سیدحسینی و همکاران با استفاده از روش دیمتل رابطه‌ی علت و معلولی میان عوامل ریسک را تعیین کردند.^[۸]

گیوی و همکاران از روش دیمتل برای تحلیل ریسک‌های موجود در مهندسی ساخت تونل ولونگ چین استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهند که استفاده از روش دیمتل به‌دلیل تعیین روابط علت و معلولی میان عوامل ریسک و مشخص کردن عوامل اساسی مؤثر بر ریسک، برای تحلیل ریسک از کارایی خوبی برخوردار است.^[۹] لی آنگ یوکان و همکاران با استفاده از روش دیمتل به تحلیل ریسک‌های ساخت و ساز مهندسی پایه پرداختند. آنها ضریب اثر کلی عوامل ریسک را شناسایی و نمودار شبکه‌ی علت و معلولی را استخراج کردند؛ همچنین آنها تأثیر عوامل اساسی ریسک‌ها را در مهندسی پایه بررسی کردند.^[۱۰]

در سال ۱۳۹۲ رحمان صوفی فرد و همکاران با ارائه‌ی مدلی علمی، با کمک خبرگان و با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه‌ی به ارزیابی و تحلیل عامل‌های ریسک پروژه‌های ساخت پرداختند. در این تحقیق با استفاده از روش دیمتل نحوه و میزان تأثیرات عامل‌ها و زیرعامل‌های ریسک روی یکدیگر تعیین شد.^[۱۱] فان و همکاران در سال ۲۰۱۲ برای شناسایی تأثیر عوامل ریسک روی یکدیگر و بازخور آنها از روش دیمتل استفاده کردند.^[۱۲]

سامانی و شاه‌بداغلو بر مبنای منطق فازی و با استفاده از روش دیمتل فازی ریسک‌های پروژه‌ی احداث پل ارتباطی میان جزیره‌ی قشم و خاک اصلی ایران را ارزیابی کردند. آنها با استفاده از الگوی دیمتل فازی و بر اساس مقایسات زوجی نظرات کارشناسان، ارزیابی را انجام دادند.^[۱۳]

مجتهدی و همکاران با استفاده از روش دیمتل به بررسی و ارزیابی ریسک‌های بحرانی موجود در مرحله‌ی مهندسی و طراحی پروژه‌ی فاز ۱۷ و ۱۸ پارس جنوبی پرداختند.^[۱۴]

سیاو به‌منظور شناسایی ریسک‌های سهام‌داران، از روش سیستماتیک دیمتل استفاده کرد. در این تحقیق با استفاده از روش دیمتل روابط علت و معلولی میان منابع و عامل‌های ریسک تعیین شده و بر طبق روابط علت و معلولی میان عامل‌ها، وزن عامل‌های ریسک به‌کمک روش تحلیل شبکه‌ی محاسبه شده است.^[۱۵]

۴.۲. رتبه‌بندی و ارزیابی ریسک

در این مرحله ابتدا ریسک‌ها رتبه‌بندی می‌شوند و سپس درباره‌ی قابل قبول بودن یا نبودن ریسک تصمیم‌گیری می‌شود.

در مدیریت ریسک پروژه، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی مبتنی بر مقایسات زوجی نظیر فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی راه‌حلی منطقی و پاسخ مناسبی برای حل مسائل مدیریت ریسک است.

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چندگزینه‌ی رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبه‌روست استفاده می‌شود. این روش به گونه‌ی ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌کند تا تصمیم بهینه حاصل شود.^[۱۶] همچنین منطق فازی با قابلیت تعامل بسیار خوب با داده‌های مبهم، روشی مناسب برای ارزیابی ریسک‌هاست. در صورتی‌که از ترکیب نظریه‌ی اعداد فازی،

ریسک در بیمه‌های مسئولیت ناشی از اجرای عملیات ساختمانی را شناسایی کردند و بر اساس آن رتبه‌بندی نهایی را انجام دادند.^[۳۰]

سامانتر و همکاران در سال ۲۰۱۴ در تحقیقی با رویکرد تصمیم‌گیری فازی ریسک‌های برون‌سپاری پروژه‌های فناوری اطلاعات را بررسی کردند. آنها در این تحقیق از مفهوم روش مرکز ثقل برای تعمیم اعداد فازی دوزنقه‌ی برای رتبه‌بندی کمی ریسک‌ها استفاده کردند. تحقیق آنها در ۷ مرحله انجام شد.^[۳۱]

اسلامی و همکاران در سال ۱۳۹۱، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس فازی برای بیان ریسک از ۵ عامل استفاده کردند تا هم دقت ارزیابی را افزایش دهند و هم اطلاعات بیشتری برای انتخاب اقدام کنترلی مناسب فراهم آورند.^[۳۲]

پرفسور لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ با معرفی نظریه‌ی مجموعه‌های فازی، مقدمات مدل‌سازی اطلاعات نادقیق را فراهم کرد.^[۳۳]

منطق فازی طیف وسیعی از نظریه‌ها و روش‌ها را شامل می‌شود که اساساً بر پایه‌ی ۴ مفهوم مجموعه‌های فازی، متغیرهای کلامی، توزیع احتمال (تابع عضویت) و قوانین اگر-آنگاه فازی بنا شده است. نظریه‌ی مجموعه‌های فازی، برای داده‌هایی که دارای ابهام و عدم قطعیت در ارزیابی ریسک هستند، بسیار مناسب است.^[۳۴] ثابت شده است که در مسائلی که اطلاعات آن ذهنی و نادقیق است، استفاده از اعداد فازی مثلثی مؤثرتر است.^[۳۵]

آندریخ و لو در سال ۲۰۱۶ با مطالعه بر روی یک پل در تیانجین برای ارزیابی ریسک از یک روش ترکیبی از تحلیل سلسله مراتبی فازی، نمایش دانش فازی و منطق فازی استفاده کردند.^[۳۶]

آن و همکاران یک روش اصلاح شده‌ی تحلیل سلسله مراتبی فازی در فرایند تصمیم‌گیری ریسک در راه‌آهن که هدف آن کاهش ناسازگاری در قضاوت‌هاست، ارائه کردند.^[۳۷]

گل و همکاران در سال ۲۰۱۶ یک روش ارزیابی ریسک چندمعیاره‌ی فازی بر مبنای روش ماتریس تصمیم‌گیری ارائه دادند. آنها ابتدا با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی وزن عوامل را بر اساس احتمال و شدت هر یک از عوامل محاسبه و سپس با استفاده از تاپسیس فازی عوامل ریسک را در ۲۳ گروه رتبه‌بندی کردند.^[۳۸]

آمیا و چان در تحقیقی با عنوان ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل ریسک در پروژه‌های تأمین آب کشورهای در حال توسعه با مشارکت بخش خصوصی و دولتی با استفاده از یک رویکرد ترکیبی فازی اقدام به شناسایی عوامل ریسک کردند. در این تحقیق آنها ۲۲ عامل ریسک را شناسایی و اثرات آنها را بر پروژه بررسی کردند.^[۳۹]

رودریگز و همکاران در سال ۲۰۱۶ با ترکیب روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم استنتاج فازی روش جدیدی ارائه دادند. آنها برای پیاده‌سازی این روش یک سلسله مراتب ریسک ایجاد کردند و با ارائه‌ی یک مثال عددی واقعی از سه پروژه‌ی فناوری، نشان دادند که کاربرد روش جدید برای طبقه‌بندی عوامل ریسک بسیار مناسب است و اهمیت عوامل خطر را نشان می‌دهد.^[۴۰]

احمد و همکاران یک مدل یکپارچه‌ی ارزیابی برای انتخاب ابعاد و معیارهای جایگزین‌های پایدار برای مدیریت مناسب خودروهای فرسوده ارائه کردند. آنها در ابتدا با استفاده از روش دیمتل فازی روابط اثرگذاری متقابل عوامل را بررسی کردند و سپس با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش تحلیل حدی در مدل فازی به شناسایی جایگزین‌های مناسب از منظر پایداری پرداختند.^[۴۱] ایف در سال ۲۰۱۶ با استفاد از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس فازی یک رویکرد یکپارچه برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان در شرکت‌های الکترونیکی ارائه داد. در مدل ارائه‌شده در ابتدا وزن معیارها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی

مدیریت و مهندسی برای ارزیابی ریسک پروژه‌ها استفاده شود، نتیجه‌های متفاوتی نسبت به روش‌های موجود و سنتی (روش احتمال وقوع \times میزان تأثیر) برای مدیریت ریسک حاصل می‌شود.^[۱۷]

یکی از متداول‌ترین روش‌های ارزیابی ریسک پروژه‌ها روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است که نخستین بار مصطفی و البهار در سال ۱۹۹۱ برای ارزیابی ریسک پروژه‌ی ساختمانی در بنگلادش استفاده کردند.^[۱۸]

در سال ۲۰۰۱ تاح و کار یک ساختار شکست سلسله‌مراتبی در پروژه‌های ساختمانی معرفی کردند. در این مدل، برای تشریح ریسک‌ها و نتایج آنها از متغیرهای زبانی استفاده شده است.^[۱۹]

تسفااماریام و سدیقی در سال ۲۰۰۶ از ترکیب روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی ریسک و مفهوم فازی برای عدم قطعیت موجود در فضای پروژه‌ها در قالب روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده کردند.^[۲۰]

زنگ و همکارانش در سال ۲۰۰۷ روشی مبتنی بر تصمیم‌گیری فازی را برای ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌ها در پروژه‌های ساختمانی معرفی کردند.^[۲۱]

یکی از ایرادهای وارد به روش تحلیل سلسله مراتبی این است که در صورتی که تعداد معیارها زیاد باشد، ساخت ماتریس مقایسات زوجی وقت‌گیر و پرهزینه است. وانگ و همکاران در سال ۲۰۰۸ به‌منظور از بین بردن این ایراد از روشی استفاده کردند که مبتنی بر ترکیب فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)^۴ بود.^[۲۲]

در سال ۲۰۰۸ سعدالله ابراهیم‌زاد و همکارانش مدلی را بر پایه‌ی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی ارائه کرده‌اند. در این مقاله، ابتدا ریسک‌های مهم در پروژه‌های ساختمانی شناسایی شده و در ادامه از روش تاپسیس فازی و ال‌نمپ فازی^۵ برای تعیین اولویت ریسک‌ها استفاده شده است.^[۲۳]

در سال ۲۰۱۰ کاهرامان و همکاران با بررسی انرژی‌های مورد مصرف در ترکیه با استفاده از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی از چهار منظر فناوری، زیست‌محیطی، سیاسی - اجتماعی و اقتصادی انرژی‌ها را رتبه‌بندی کردند.^[۲۴]

یانگ و همکارانش در سال ۲۰۱۰ با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه‌ی فازی به ارزیابی ریسک در پروژه‌های تدارکات و ساخت مهندسی (EPC)^۶ پرداختند و با کمک این روش ریسک‌های این پروژه را مقایسه و ارزیابی کردند.^[۲۵]

یانگ و همکاران در سال ۲۰۱۳ یک مدل ارزیابی کنترل ریسک امنیت اطلاعات ارائه کردند. آنها در این مدل از ترکیب روش‌های فرایند تحلیل شبکه‌ی، دیمتل و ویکور استفاده کردند.^[۲۶]

لین و همکارانش برای شناسایی ریسک‌های پروژه‌ی ساخت‌وساز اردوگاه‌های جدید به دلیل وجود تحقیق‌های مشابه در این زمینه از روش غربال‌گری استفاده کردند.^[۲۷]

برادران کاظم‌زاده و شریف موسوی برای ارزیابی ریسک‌پذیری زمانی پروژه‌های عمرانی راه‌آهن، با استفاده از روش دلفی به شناسایی ریسک‌ها و تعیین عامل‌های مهم برای تصمیم‌گیری پرداختند.^[۲۸]

در تحقیق انجام شده توسط زگردي و همکاران به‌منظور شناسایی ریسک‌ها، یک ساختار سلسله مراتبی از ریسک‌ها ارائه شده است. آنها به کمک تحلیل شبکه‌ی فازی در نظر گرفتن وابستگی بین عناصر، ریسک‌ها را ارزیابی کردند.^[۲۹]

شریعتی و همکاران با استفاده از یک مدل جدید و مؤثر مبتنی بر تلفیق روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و فرایند تحلیل شبکه‌ی و دیمتل در محیط فازی معیارهای

به متغیرهای تحقیق)، ضریب هماهنگی کندال (برای شناسایی ریسک‌های موجود)، روش دیمتل فازی برای شناسایی روابط علی و معلولی عوامل ریسک بر یکدیگر و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (برای وزن‌دهی ریسک‌ها) استفاده شده است. همچنین از نرم‌افزارهای آماری SPSS و Excel بهره گرفته شده است. گام‌های طی شده برای وزن‌دهی عوامل با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی به شرح زیر است:

گام اول: طراحی معیارهای زبانی فازی. متغیرهای زبانی طبق جدول ۲ تعیین شده است.

گام دوم: تجمیع دیدگاه خبرگان برای تشکیل ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از میانگین هندسی هر یک از سه عدد فازی مثلثی به صورت زیر است.^[۲۳]

$$F_{AGR} = \left(\prod (l), \prod (m), \prod (u) \right) \quad (1)$$

گام سوم: محاسبه میانگین هندسی عناصر هر سطر:

$$\prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \quad (2)$$

گام چهارم: نرمال‌سازی. برای نرمال‌سازی باید مجموع ترجیحات هر عنصر بر مجموع تمام ترجیحات تقسیم شود. چون مقادیر فازی هستند، مجموع ترجیحات هر عنصر در معکوس مجموع ترجیحات ضرب می‌شود. هر k_i وزن نرمال‌شده فازی هر عنصر است. محاسبه جمع فازی مجموع ترجیحات هر عنصر:

$$\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \quad (3)$$

$$\tilde{s}_i = \prod_{i=1}^n \tilde{a}_{ij} \otimes \left[\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right]^{-1} \quad (4)$$

گام پنجم: فازی‌زدایی. وزن محاسبه‌شده، وزن نهایی^۸ عنصر مورد بررسی است. این اوزان فازی‌اند. برای محاسبه وزن قطعی از روش تبدیل‌شده مرکز سطح برای فازی‌زدایی اعداد مثلثی به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$BNP_{wi} = [(U_{wi} - L_{wi}) + (M_{wi} - L_{wi})] / 3 + L_{wi} \quad (5)$$

گام ششم: محاسبه وزن‌های نرمال‌شده. با نرمال‌کردن برداروزن‌ها (w^i)، وزن‌های نرمال‌شده به دست می‌آیند:

$$W = \left[\frac{d'(A_1)}{\sum_{i=1}^n d'(A_i)}, \frac{d'(A_2)}{\sum_{i=1}^n d'(A_i)}, \dots, \frac{d'(A_n)}{\sum_{i=1}^n d'(A_n)} \right]^T \quad (6)$$

به منظور کنترل نتایج مقایسه‌ها، نرخ سازگاری برای هر ماتریس محاسبه شد تا سازگاری مقایسه‌های زوجی تخمین زده شود. محاسبه سازگاری قضاوت‌ها در حالت فازی با داده‌های قطعی تفاوت دارد. یکی از روش‌های محاسبه سازگاری داده‌های فازی، روش گوگوس و بوچراست است که در این پژوهش، سازگاری قضاوت‌ها با استفاده از آن آزموده می‌شود. پس از آن‌که از سازگاری مقایسه‌ها اطمینان حاصل شد، بردارهای اولویت مقایسه‌ها محاسبه می‌شوند.^[۲۴]

گام‌های طی شده برای محاسبه روابط علت و معلولی با دیمتل فازی به شرح زیر است:

توسعه یافته محاسبه شده است و سپس با استفاده از تاپسیس فازی معیارها رتبه‌بندی شده‌اند.^[۲۴] مرور تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با یکدیگر کارایی مدل‌های پیشنهادی را بهتر می‌کند و نتایج قابل اطمینانی را در پی خواهد داشت و همچنین با استفاده از رویکرد فازی نتایج نسبت به حالت کلاسیک واقعی‌تر خواهند بود.

با استفاده از منابع متعدد متغیرهای ریسک پروژه‌های نیروگاهی شناسایی و در جدول ۱ آورده شده‌اند.

۳. روش شناسایی تحقیق

در این تحقیق از پیمایش میدانی و کتابخانه‌یی و از هر دو ابزار پرسش‌نامه و مصاحبه به طور هم‌زمان استفاده شده است.

در تهیه پرسش‌نامه از سوالات بسته استفاده شده است. به لحاظ ساختاری پرسش‌نامه بر اساس اهداف تحقیق حاوی ۵۳ ریسک شناسایی و تهیه شده است که در ۹ گروه سیاسی، اقتصادی، قوانین، آماده‌سازی، اجرا و ساخت، بهره‌برداری، درآمد و بازار و ریسک‌های مشتری قرار گرفته‌اند.

جامعه آماری و جمع‌آوری آرای خبرگان که عبارت است از مجموعه کارفرمایان، مشاوران و پیمانکاران حوزه نیروگاهی که آشنا با ریسک‌های صنعت نیروگاهی بوده‌اند، رجوع شده است. تعداد اعضای نمونه آماری ۱۱ نفر از این افراد است. خبرگان مورد نظر کسانی بوده‌اند که دارای دانش فنی مرتبط، حداقل کارشناسی در حوزه‌های مختلف پروژه و همچنین دارای تجربه کاری بیش از ۵ سال در مدیریت پروژه بوده‌اند.

در این تحقیق از روش نمونه‌گیری قضاوتی استفاده شده است و مطلع‌ترین افراد در سازمان‌ها به عنوان اعضای نمونه آماری انتخاب شده‌اند. در راستای جمع‌آوری نظر خبرگان از پرسش‌نامه‌های مشتمل بر ۵۳ مقایسه زوجی در مقیاس نه‌تایی استفاده شده است. چیدمان پرسش‌نامه مشابه ساختار مورد استفاده تویسوز و کهرمان^۷ است. بدین ترتیب که در ابتدای پرسش‌نامه شرح تک‌تک عامل‌های ریسک برای یکسان‌کردن شناخت و درک پاسخ‌دهندگان از عامل‌های ریسک آورده شده و سپس از پاسخ‌دهندگان خواسته شده است به مقایسه زوجی عامل‌ها بپردازند. این پرسش‌نامه بین یازده خبره توزیع شده است.

در این تحقیق برای روایی از روش دلفی استفاده شد و چند نفر از خبرگان مذکور با روش قضاوتی از میان جامعه آماری تحقیق انتخاب و از نظرات آنها در تنظیم پرسش‌نامه اولیه استفاده شد. همچنین به منظور تعیین روایی پرسش‌نامه‌ها از ضریب هماهنگی کندال نیز استفاده شده است. برای محاسبه پایایی پرسش‌نامه‌های تحقیق از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است. مقدار آلفای کرونباخ برای ۹ مورد ریسک محاسبه شده که دارای مقدار کل ۰٫۹۵۴ است.

۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش به منظور تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی از جمله میانگین و انحراف معیار و جدول فراوانی استفاده شده است. آمار توصیفی به توصیف داده‌ها پرداخته و آنها را به صورت درصد، فراوانی، میانگین و جدول‌ها به نمایش می‌گذارد. برای تحلیل داده‌های مربوط به سؤال‌های تحقیق از آزمون‌های آمار استنباطی از جمله آزمون آماری کولموگوروف - اسمیرنوف (برای بررسی نوع توزیع داده‌های مربوط

جدول ۱. عوامل ریسک پروژه‌های نیروگاهی.

منابع	زیرمعیار	نماد	معیار	نماد
[۲۶۱۳،۱۲]	ریسک مصادره و ملی شدن اموال خصوصی	R _{۱۱}	سیاسی	R _۱
[۲۲،۱۴]	ریسک ناپایداری دولت	R _{۱۲}		
[۲۵،۱۴،۱۲]	رخ داده‌های پیش‌بینی نشده سیاسی	R _{۱۳}		
[۲۶،۲۲،۱۴]	ریسک حمایت سیاسی دولت از پروژه	R _{۱۴}		
[۲۶،۲۵،۱۴]	ریسک فسخ امتیاز از طرف دولت	R _{۱۵}		
[۲۵،۱۴]	ریسک مغایرت رفتار دولت با اهداف پروژه	R _{۱۶}		
[۲۶،۲۲،۱۶،۱۴]	ریسک افزایش نرخ تورم	R _{۲۱}	اقتصادی	R _۲
[۲۶،۲۲،۱۶،۱۴]	ریسک افزایش نرخ بهره	R _{۲۲}		
[۲۶،۱۴]	ریسک تغییر نرخ مالیات	R _{۲۳}		
[۲۸،۲۶،۲۲]	ریسک عدم قابلیت تبدیل ارز	R _{۲۴}		
[۱۴،۱۲]	ریسک تغییر قوانین	R _{۲۵}		
[۲۸،۱۴]	ریسک افزایش نرخ برابری ارز	R _{۲۶}		
[۲۶،۱۴]	ریسک قابلیت اجرای قوانین	R _{۳۱}	قوانین	R _۳
[۲۶،۱۴]	ریسک ابهام در قوانین	R _{۳۲}		
[۲۶،۱۴]	ریسک ناسازگاری قوانین ملی - محلی	R _{۳۳}		
[۱۴]	نقض اسناد مالی قراردادی	R _{۳۴}		
[۲۶،۱۴]	ریسک شرکت در مناقصه	R _{۴۱}	آماده‌سازی	R _۴
[۲۶،۱۴]	ریسک تصویب نهایی قرارداد	R _{۴۲}		
[۲۶،۱۴]	ریسک تأخیر دولت در اجرایی کردن قرارداد	R _{۴۳}		
[۲۶،۱۴]	ریسک عدم تجدید مجوزها	R _{۴۴}		
[۱۲]	عدم همکاری دولت در انتقال پروژه	R _{۴۵}		
[۱۴،۱۲]	ریسک کاهش تقاضا از میزان پیش‌بینی شده	R _{۵۱}	تأمین مالی	R _۵
[۱۴،۱۲]	ریسک کاهش قیمت محصول پروژه	R _{۵۲}		
[۱۴،۱۲]	ریسک فشار بدهی/وام‌های پروژه	R _{۵۳}		
[۱۴،۱۲]	ریسک عدم تأمین به موقع اعتبارات	R _{۵۴}		
[۱۴،۱۲]	ریسک عملکرد نامطلوب سازوکار تنظیم عوارض	R _{۵۵}		
[۲۶،۲۲،۱۴]	ریسک افزایش هزینه‌های ساخت از پیش‌بینی	R _{۶۱}	اجرا و ساخت	R _۶
[۲۰،۱۴]	ریسک مالکیت زمین	R _{۶۲}		
[۱۶،۱۴]	ریسک تأخیر در بهره‌برداری و تکمیل پروژه	R _{۶۳}		
[۲۶،۲۰]	ریسک حوادث غیرمترقبه	R _{۶۴}		
[۲۰،۱۴]	ریسک آسیب‌های زیست‌محیطی	R _{۶۵}		
[۱۴]	ریسک‌های فنی بهره‌برداری	R _{۶۶}		
[۲۷،۱۴]	ریسک نقایص طراحی و اجرا	R _{۶۷}		
[۲۷،۱۴]	ریسک تغییر در طراحی	R _{۶۸}		
[۲۷،۱۴]	دانش فنی و نیروی متخصص	R _{۶۹}		
[۱۴،۱۲]	ریسک بهره‌وری پایین تأسیسات	R _{۷۱}	بهره‌برداری	R _۷
[۲۵،۱۴]	ریسک فناوری	R _{۷۲}		
[۲۶،۲۵،۱۴]	ریسک حوادث غیرمترقبه	R _{۷۳}		
[۱۲]	ریسک آسیب دیدن تجهیزات	R _{۷۴}		

ادامه جدول ۱.

منابع	زیر معیار	نماد	معیار	نماد
[۱۴]	ضعف تسهیلات زیربنایی لازمه‌ی طرح	R_{81}		
[۱۴]	ریسک پروژه‌ی رقیب	R_{82}		
[۱۴]	ریسک انحصار در خرید محصول	R_{83}		
[۱۴]	ریسک معرفی بازار برق و قوانین نوین آن	R_{84}	درآمد و بازار	R_8
[۲۵، ۱۴، ۱۲]	کاهش درآمد به علت عدم ثبات اقتصادی، قانونی و اجتماعی	R_{85}		
[۱۴، ۱۲]	افزایش هزینه‌های مرحله‌ی بهره‌برداری (حقوق، دستمزد و...)	R_{86}		
[۱۴، ۱۲]	کاهش تقاضا	R_{87}		
[۱۴]	کیفیت و کارایی خدمات	R_{91}		
[۱۴]	ریسک نرخ بالای خدمات	R_{92}		
[۱۴]	کاهش کنترل دولت بر تأسیسات	R_{93}		
[۱۴]	عدم انجام تعهد بانیان	R_{94}	مشتری	R_9
[۱۴]	ریسک انتقال فناوری	R_{95}		
[۱۴]	دوام پروژه بعد از واگذاری	R_{96}		
[۱۴]	ریسک تأثیرات اجتماعی طرح	R_{97}		

n کارشناس وجود داشته باشد و هر درایه‌ی ماتریس مستقیم فازی با \tilde{x}_{ij} نمایش داده شود، \tilde{x}_{ij} به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\tilde{x}_{ij} = \left(\frac{\sum l_{ij}}{n}, \frac{\sum m_{ij}}{n}, \frac{\sum u_{ij}}{n} \right) \quad (7)$$

گام سوم: نرمال‌سازی ماتریس ارتباط مستقیم. برای نرمال‌سازی مقادیر باید $\sum u_{ij}$ هر سطر محاسبه شود و با تقسیم درایه‌های ماتریس \tilde{X} بر بیشینه‌ی مقادیر $\sum u_{ij}$ ماتریس نرمال فازی \tilde{N} به دست بیاید:

$$k = \left(\sum_{j=1}^n u_{ij} \right) \quad (8)$$

$$\tilde{N} = \frac{1}{k} \times \tilde{X} \quad (9)$$

گام چهارم: محاسبه‌ی ماتریس ارتباط کامل. برای محاسبه‌ی ماتریس ارتباط کامل ابتدا یک ماتریس همانی $n \times n$ تشکیل می‌شود. سپس این ماتریس همانی منهای ماتریس نرمال می‌شود و ماتریس حاصل معکوس می‌شود. ماتریس نرمال در ماتریس حاصل ضرب می‌شود تا ماتریس ارتباط کامل به دست آید.

$$T = N \times (1 - N)^{-1}$$

$$T_l = N_l \times (1 - N_l)^{-1}$$

$$T_m = N_m \times (1 - N_m)^{-1}$$

$$T_u = N_u \times (1 - N_u)^{-1} \quad (10)$$

$$\tilde{t}_{ij} = \left(t_{ij}^l, t_{ij}^m, t_{ij}^u \right) \quad (11)$$

گام پنجم: فازی‌زدایی مقادیر ماتریس ارتباط کامل. برای فازی‌زدایی از روش (CFCS)^۹ اپریکویک و زنگ استفاده شده است.^[۲۵] مراحل انجام روش به صورت زیر است:

جدول ۲. مقیاس زبانی برای مقایسات زوجی.

عبارت کلامی وضعیت مقایسه I نسبت به J	معادل فازی	معادل فازی معکوس
دقیقاً یکسان	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
ترجیح یکسان	($\frac{1}{3}$, 1, $\frac{2}{3}$)	($\frac{2}{3}$, 1, $\frac{1}{3}$)
کمی مرجح	($\frac{1}{5}$, $\frac{2}{5}$, 1)	(1, $\frac{3}{5}$, $\frac{2}{5}$)
خیلی مرجح	($\frac{2}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$)	($\frac{3}{4}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{8}$)
خیلی زیاد مرجح	($\frac{1}{6}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$)	($\frac{2}{3}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{6}$)
کاملاً مرجح	($\frac{1}{7}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{7}$)	($\frac{6}{7}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{7}$)

جدول ۳. مقیاس زبانی برای مقایسات زوجی.

متغیر زبانی	معادل قطعی	معادل فازی
بدون تأثیر	0	(0, 0, 0, 25)
تأثیر کم	1	(0, 0, 25, 0)
تأثیر متوسط	2	(0, 25, 0, 75)
تأثیر زیاد	3	(0, 50, 0, 75)
تأثیر خیلی زیاد	4	(0, 75, 0, 75)

گام اول: طراحی معیارهای زبانی فازی. متغیرهای زبانی طبق جدول ۳ تعیین شده است.

گام دوم: تهیه‌ی ماتریس روابط مستقیم فازی. برای بررسی روابط درونی بین عوامل ریسک از افراد خبره درخواست می‌شود تا مقایسه‌های زوجی بین عوامل اصلی تحقیق را که در جدول ۳ آمده است از نظر میزان تأثیر عامل i در سطر بر عامل j در ستون انجام دهند. سپس با استفاده از روش ساده‌ی میانگین فازی برای تجمع دیدگاه خبرگان ماتریس ارتباط مستقیم فازی \tilde{A} تشکیل می‌شود. چنانچه

-- نرمال سازی مقادیر:

$$l_{ij}^n = \frac{(l_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{\min}^{\max}} \quad (12)$$

$$m_{ij}^n = \frac{(m_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{\min}^{\max}} \quad (13)$$

$$u_{ij}^n = \frac{(u_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{\min}^{\max}} \quad (14)$$

به طوری که:

$$\Delta_{\min}^{\max} = \max u_{ij}^t - \min l_{ij}^t$$

-- محاسبه ی کران بالا و پایین مقادیر نرمال:

$$l_{ij}^s = m_{ij}^n / (1 + m_{ij}^n - l_{ij}^n) \quad (15)$$

$$u_{ij}^s = u_{ij}^n / (1 + u_{ij}^n - m_{ij}^n) \quad (16)$$

-- محاسبه ی کل مقادیر قطعی نرمال شده:

$$x_{ij} = \frac{[l_{ij}^s (1 - l_{ij}^s) + u_{ij}^s \times u_{ij}^s]}{[1 - l_{ij}^s + u_{ij}^s]} \quad (17)$$

-- محاسبه ی مقادیر قطعی (کریسپ):

$$l_{ij} = \min l_{ij}^n + (x_{ij} \times \Delta_{\min}^{\max}) \quad (18)$$

خروجی الگوریتم CFCS یک ماتریس با مقادیر قطعی است.

گام هشتم: محاسبات حد آستانه. تمام مقادیر ماتریس ارتباط کامل قطعی شده که کمتر از میانگین ماتریس ارتباط کامل باشند، با استفاده از فرمول زیر شناسایی و صفر می شوند. یعنی آن رابطه ی علی در نظر گرفته نمی شود.

$$TS = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{ij}}{m \times n}$$

$$U_{ij} = \begin{cases} V_{ij} & V_{ij} \geq TS \\ 0 & \text{Others} \end{cases} \quad (19)$$

گام هفتم: ترسیم نقشه ی روابط شبکه (NRM). ابتدا مقادیر $D_i + R_i$, R_i , D_i و $D_i - R_i$ به ترتیب از جمع هر ستون و هر سطر ماتریس X به دست می آید؛ سپس نمودار شدت اثرگذاری و اثرپذیری رسم می شود که در واقع مبنای تصمیم گیری است. ارزش $D + R$ ، اهمیت هر عامل را نشان می دهد و هر چه عاملی مقدار بالاتری از این ارزش را به خود اختصاص دهد، از اهمیت بالاتری نیز برخوردار خواهد بود.^[۴۶]

گام هشتم: تحلیل نتایج:

۱. اگر $(D_i - R_j) < 0$ و $(D_i + R_j) = \beta$ (عدد بزرگ است)؛ گفته می شود که عامل (i) مشکل اصلی مسئله مورد نظر است و باید حل شود.
۲. اگر $(D_i + R_j) = \beta$ و $(D_i - R_j) = 0$ (عدد بزرگ است)؛ گفته می شود که عامل (i) عاملی است که مشکل اساسی مسئله ی مورد نظر را حل می کند و باید در اولویت قرار گیرد.

۳. اگر $(D_i + R_j) = 0$ و $(D_i - R_j) < 0$ (عدد کوچک است)؛ گفته می شود که عامل (i) عاملی است مستقل که عامل های کمی روی آن تأثیر می گذارند.

۴. اگر $(D_i + R_j) = 0$ و $(D_i - R_j) > 0$ (عدد کوچک است)؛ گفته می شود که عامل (i) عاملی است مستقل که روی تعداد کمی از عامل های دیگر اثر می گذارد.

در این پژوهش برای بررسی نوع توزیع داده های مربوط به نمونه های تحقیق از آزمون کولموگوروف - اسمیرنوف استفاده شده است. این آزمون برای متغیرهای تحقیق در نمونه ی آماری محاسبه شده است که برای کل عوامل (۹ مورد ریسک) مقدار آن 0.13 به دست آمده است. سطح معنی داری در مورد تمام متغیرها و نیز کل سوالات پرسش نامه، از سطح خطا (0.05) کوچک تر است. پس فرض H_0 رد و فرض H_1 پذیرفته می شود. به عبارت دیگر، در سطح اطمینان 95 درصد می توان گفت که داده های مربوط به نمونه های آماری از توزیع نرمال برخوردار نیستند. با توجه به نرمال نبودن توزیع داده ها از آزمون ناپارامتریک ضریب هماهنگی کندال برای تحلیل فرضیه های تحقیق استفاده شده است. ضریب کندال محاسبه شده برای ریسک های شناسایی شده برابر با 0.40 است.

از آن جایی که تعداد 53 مؤلفه ی ریسک برای به دست آوردن مقادیر بحرانی ضریب کندال بسیار بزرگ است از تقریب مربع کای استفاده می شود. میزان مربع کای پس از محاسبه برابر با 231.37 شده است. با توجه به جدول بحرانی مربع کای خواهیم داشت:

$$\chi_{0.05}^{2(n-1)} = \chi_{0.05}^{2(52)} = 69.82 \quad n = 53, \quad \alpha = 0.05$$

بنابراین از آن جایی که 231.37 بزرگ تر از مقدار بحرانی مربع کای با 52 درجه آزادی است، فرض صفر رد و فرض جایگزین پذیرفته می شود. در نتیجه می توان گفت توافق چشم گیری میان امتیازدهندگان بر روی ریسک های شناسایی شده وجود دارد.

۵. بحث و یافته ها

وزن های به دست آمده برای عوامل ریسک، بیان کننده ی اهمیت بالا به ترتیب ریسک های اجرا و ساخت، اقتصادی و سیاسی است. در بین زیر معیارها نیز عوامل افزایش هزینه های ساخت از پیش بینی، نبود نیروی متخصص و ماهر، مصادره ی اموال و مالکیت زمین دارای وزن بیشتر نسبت به سایر عوامل هستند. جدول ۴ رتبه بندی نهایی معیارهای ریسک با تحلیل سلسله مراتبی فازی را نشان می دهد. پس از شناسایی عوامل اصلی ریسک، برای محاسبه ی ماتریس وابستگی ها بین عوامل اصلی و برای شناسایی عوامل علی از روش دیمتل فازی استفاده می شود. این کار با تحلیل داده های پرسش نامه ی شماره ی دو و با مقایسات زوجی عوامل اصلی نسبت به هم انجام شده است. در این پرسش نامه اثرپذیری هر یک از عوامل اصلی نه گانه از یکدیگر از پاسخ گویان خواسته شده است.

ابتدا ماتریس ارتباط مستقیم با میانگین گیری حسابی از نظرات خبرگان محاسبه شد و سپس ماتریس ارتباط کامل فازی با استفاده از فرمول های 10 و 11 به دست آمد و در پایان با استفاده از روش CFCS (فرمول های 12 تا 18) مقادیر قطعی سازی شد و پس از محاسبه ی حد آستانه برای حذف عوامل کم اثر نقشه ی روابط اثرگذاری ترسیم شد. جدول ۵ ماتریس ارتباط کامل قطعی معیارها را نشان می دهد.

جدول ۴. رتبه‌بندی نهایی معیارهای ریسک با تحلیل سلسله مراتبی فازی.

رتبه	وزن نهایی	دیفازی	وزن کلی	وزن محلی	معیارها و زیرمعیارها
۳	۰٫۱۳۵	۰٫۱۴۲		(۰٫۰۹۴, ۰٫۱۳۶, ۰٫۱۹۵)	R_{11}
۳	۰٫۰۳۷	۰٫۰۵۱	(۰٫۰۲۱, ۰٫۰۴۴, ۰٫۰۸۹)	(۰٫۲۲۴, ۰٫۳۲۴, ۰٫۴۵۵)	R_{11}
۱۵	۰٫۰۲	۰٫۰۲۷	(۰٫۰۱۱, ۰٫۰۲۳, ۰٫۰۴۸)	(۰٫۱۱۷, ۰٫۱۷۲, ۰٫۲۴۴)	R_{12}
۴۰	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱۷	(۰٫۰۰۷, ۰٫۰۱۴, ۰٫۰۲۹)	(۰٫۰۷۵, ۰٫۱۰۳, ۰٫۱۵)	R_{13}
۳۳	۰٫۰۱۵	۰٫۰۲۱	(۰٫۰۰۹, ۰٫۰۱۸, ۰٫۰۳۷)	(۰٫۰۹۱, ۰٫۱۲۹, ۰٫۱۹)	R_{14}
۲۰	۰٫۰۱۸	۰٫۰۲۵	(۰٫۰۱, ۰٫۰۲۱, ۰٫۰۴۳)	(۰٫۱۰۶, ۰٫۱۵۶, ۰٫۲۲۳)	R_{15}
۳۵	۰٫۰۱۴	۰٫۰۱۹	(۰٫۰۰۸, ۰٫۰۱۶, ۰٫۰۳۳)	(۰٫۰۸۶, ۰٫۱۱۷, ۰٫۱۶۷)	R_{16}
۲	۰٫۱۶۱	۰٫۱۶۹		(۰٫۱۰۳, ۰٫۱۶۳, ۰٫۲۴۱)	R_{21}
۱۲	۰٫۰۲۵	۰٫۰۳۵	(۰٫۰۱۲, ۰٫۰۲۹, ۰٫۰۶۲)	(۰٫۱۲, ۰٫۱۸, ۰٫۲۵۹)	R_{21}
۶	۰٫۰۳۲	۰٫۰۴۴	(۰٫۰۱۵, ۰٫۰۳۷, ۰٫۰۸۱)	(۰٫۱۴۶, ۰٫۲۲۶, ۰٫۳۳۷)	R_{22}
۲۱	۰٫۰۱۸	۰٫۰۲۵	(۰٫۰۰۹, ۰٫۰۲۱, ۰٫۰۴۶)	(۰٫۰۸۷, ۰٫۱۲۷, ۰٫۱۹)	R_{23}
۱۴	۰٫۰۲۱	۰٫۰۳	(۰٫۰۱۱, ۰٫۰۲۵, ۰٫۰۵۳)	(۰٫۱۰۶, ۰٫۱۵۱, ۰٫۲۲۱)	R_{24}
۲۲	۰٫۰۱۸	۰٫۰۲۵	(۰٫۰۰۹, ۰٫۰۲۱, ۰٫۰۴۵)	(۰٫۰۹۲, ۰٫۱۲۷, ۰٫۱۸۷)	R_{25}
۱۰	۰٫۰۲۶	۰٫۰۳۶	(۰٫۰۱۴, ۰٫۰۳۱, ۰٫۰۶۴)	(۰٫۱۳۵, ۰٫۱۸۹, ۰٫۲۶۴)	R_{26}
۹	۰٫۰۷۱	۰٫۰۷۵		(۰٫۰۴۵, ۰٫۰۶۸, ۰٫۱۱۱)	R_{31}
۱۳	۰٫۰۲۲	۰٫۰۳۱	(۰٫۰۱, ۰٫۰۲۴, ۰٫۰۵۸)	(۰٫۲۲۲, ۰٫۳۵۲, ۰٫۵۲۲)	R_{31}
۳۴	۰٫۰۱۵	۰٫۰۲۱	(۰٫۰۰۷, ۰٫۰۱۷, ۰٫۰۳۹)	(۰٫۱۶۶, ۰٫۲۴۳, ۰٫۳۵۲)	R_{32}
۳۸	۰٫۰۱۳	۰٫۰۱۸	(۰٫۰۰۷, ۰٫۰۱۴, ۰٫۰۳۳)	(۰٫۱۵۸, ۰٫۲۱۱, ۰٫۲۹۵)	R_{33}
۴۱	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱۷	(۰٫۰۰۶, ۰٫۰۱۳, ۰٫۰۳۲)	(۰٫۱۳۹, ۰٫۱۹۴, ۰٫۲۹)	R_{34}
۶	۰٫۰۹۷	۰٫۱۰۲		(۰٫۰۶۹, ۰٫۰۹۸, ۰٫۱۳۸)	R_{41}
۳۹	۰٫۰۱۳	۰٫۰۱۸	(۰٫۰۰۸, ۰٫۰۱۵, ۰٫۰۳)	(۰٫۱۱۹, ۰٫۱۵۷, ۰٫۲۲۱)	R_{41}
۲۷	۰٫۰۱۶	۰٫۰۲۲	(۰٫۰۱۲, ۰٫۰۲, ۰٫۰۳۴)	(۰٫۱۷۴, ۰٫۲۰۹, ۰٫۲۴۸)	R_{42}
۲۸	۰٫۰۱۶	۰٫۰۲۳	(۰٫۰۱۲, ۰٫۰۲۱, ۰٫۰۳۵)	(۰٫۱۷۹, ۰٫۲۱۵, ۰٫۲۵۴)	R_{43}
۲۹	۰٫۰۱۶	۰٫۰۲۲	(۰٫۰۱۱, ۰٫۰۲, ۰٫۰۳۵)	(۰٫۱۵۸, ۰٫۲۰۲, ۰٫۲۵۷)	R_{44}
۲۴	۰٫۰۱۷	۰٫۰۲۳	(۰٫۰۱۲, ۰٫۰۲۱, ۰٫۰۳۵)	(۰٫۱۷۹, ۰٫۲۱۷, ۰٫۲۵۷)	R_{45}
۵	۰٫۰۹۸	۰٫۱۰۳		(۰٫۰۶۷, ۰٫۰۹۸, ۰٫۱۴۶)	R_{51}
۱۶	۰٫۰۲	۰٫۰۲۷	(۰٫۰۱۱, ۰٫۰۲۳, ۰٫۰۴۸)	(۰٫۱۶۱, ۰٫۲۳۱, ۰٫۳۲۷)	R_{51}
۱۷	۰٫۰۱۹	۰٫۰۲۷	(۰٫۰۱۱, ۰٫۰۲۳, ۰٫۰۴۵)	(۰٫۱۷۱, ۰٫۲۳۴, ۰٫۳۱۱)	R_{52}
۳۰	۰٫۰۱۶	۰٫۰۲۲	(۰٫۰۱, ۰٫۰۱۹, ۰٫۰۳۸)	(۰٫۱۴۳, ۰٫۱۹۳, ۰٫۲۶۱)	R_{53}
۲۳	۰٫۰۱۸	۰٫۰۲۵	(۰٫۰۱, ۰٫۰۲۱, ۰٫۰۴۴)	(۰٫۱۴۶, ۰٫۲۱۱, ۰٫۳)	R_{54}
۴۲	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱۶	(۰٫۰۰۶, ۰٫۰۱۳, ۰٫۰۳۱)	(۰٫۰۸۹, ۰٫۱۳۱, ۰٫۲۰۹)	R_{55}
۱	۰٫۱۶۱	۰٫۱۷		(۰٫۱۰۷, ۰٫۱۶۳, ۰٫۲۴)	R_{61}
۱	۰٫۰۴۷	۰٫۰۶۵	(۰٫۰۲۲, ۰٫۰۵۴, ۰٫۱۲)	(۰٫۲۰۹, ۰٫۳۳۳, ۰٫۴۹۹)	R_{61}
۴	۰٫۰۳۴	۰٫۰۴۷	(۰٫۰۱۶, ۰٫۰۳۸, ۰٫۰۸۸)	(۰٫۱۴۷, ۰٫۲۳۲, ۰٫۳۶۵)	R_{62}
۱۱	۰٫۰۲۶	۰٫۰۳۶	(۰٫۰۱۲, ۰٫۰۲۸, ۰٫۰۶۶)	(۰٫۱۱۳, ۰٫۱۷۴, ۰٫۲۷۶)	R_{63}
۱۸	۰٫۰۱۹	۰٫۰۲۷	(۰٫۰۰۹, ۰٫۰۲۱, ۰٫۰۴۹)	(۰٫۰۸۶, ۰٫۱۲۹, ۰٫۲۰۶)	R_{64}
۱۹	۰٫۰۱۹	۰٫۰۲۷	(۰٫۰۱, ۰٫۰۲۲, ۰٫۰۴۸)	(۰٫۰۹۲, ۰٫۱۳۳, ۰٫۲)	R_{65}
۵	۰٫۰۳۳	۰٫۰۴۶	(۰٫۰۱۵, ۰٫۰۳۷, ۰٫۰۸۶)	(۰٫۱۴۱, ۰٫۲۲۵, ۰٫۳۵۸)	R_{66}
۷	۰٫۰۳۱	۰٫۰۴۶	(۰٫۰۱۵, ۰٫۰۳۵, ۰٫۰۷۷)	(۰٫۱۳۹, ۰٫۲۱۵, ۰٫۳۲۲)	R_{67}
۸	۰٫۰۲۸	۰٫۰۴۲	(۰٫۰۱۵, ۰٫۰۳۲, ۰٫۰۶۸)	(۰٫۱۳۶, ۰٫۱۹۷, ۰٫۲۸۳)	R_{68}
۲	۰٫۰۴۰	۰٫۰۳۸	(۰٫۰۲۱, ۰٫۰۴, ۰٫۰۹۸)	(۰٫۱۹۳, ۰٫۲۸۷, ۰٫۴۰۸)	R_{69}
۸	۰٫۰۸۳	۰٫۰۸۷		(۰٫۰۵۹, ۰٫۰۸۲, ۰٫۱۱۹)	R_{71}
۹	۰٫۰۲۸	۰٫۰۳۹	(۰٫۰۱۷, ۰٫۰۳۴, ۰٫۰۶۷)	(۰٫۲۸۸, ۰٫۴۱۱, ۰٫۵۶۳)	R_{71}
۲۵	۰٫۰۱۷	۰٫۰۲۴	(۰٫۰۱۱, ۰٫۰۲, ۰٫۰۴۱)	(۰٫۱۸۳, ۰٫۲۴۹, ۰٫۳۴۳)	R_{72}
۴۳	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱۷	(۰٫۰۰۹, ۰٫۰۱۵, ۰٫۰۲۸)	(۰٫۱۴۷, ۰٫۱۸۴, ۰٫۲۳۶)	R_{73}
۴۶	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۵	(۰٫۰۰۷, ۰٫۰۱۳, ۰٫۰۲۵)	(۰٫۱۲۱, ۰٫۱۵۷, ۰٫۲۱۱)	R_{74}

ادامه جدول ۴.

رتبه	وزن نهایی	دیفازی	وزن کلی	وزن محلی	معیارها و زیرمعیارها
۴	۰٫۰۹۹	۰٫۱۰۴		(۰٫۰۶۷, ۰٫۰۹۸, ۰٫۱۴۸)	R_8
۳۱	۰٫۰۱۶	۰٫۰۲۲	(۰٫۰۰۸, ۰٫۰۱۸, ۰٫۰۳۹)	(۰٫۱۲, ۰٫۱۸۴, ۰٫۲۶۵)	R_{81}
۴۷	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۵	(۰٫۰۰۶, ۰٫۰۱۲, ۰٫۰۲۷)	(۰٫۰۸۷, ۰٫۱۲۴, ۰٫۱۸۵)	R_{82}
۴۸	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۵	(۰٫۰۰۶, ۰٫۰۱۲, ۰٫۰۲۷)	(۰٫۰۸۶, ۰٫۱۲۲, ۰٫۱۸۱)	R_{83}
۵۰	۰٫۰۱۰	۰٫۰۱۴	(۰٫۰۰۵, ۰٫۰۱۱, ۰٫۰۲۵)	(۰٫۰۷۷, ۰٫۱۰۹, ۰٫۱۶۸)	R_{84}
۲۶	۰٫۰۱۷	۰٫۰۲۳	(۰٫۰۰۸, ۰٫۰۱۹, ۰٫۰۴۲)	(۰٫۱۲۱, ۰٫۱۹۱, ۰٫۲۸۴)	R_{85}
۳۶	۰٫۰۱۴	۰٫۰۱۹	(۰٫۰۰۷, ۰٫۰۱۵, ۰٫۰۳۴)	(۰٫۱۰۴, ۰٫۱۵۶, ۰٫۲۲۹)	R_{86}
۵۱	۰٫۰۰۱	۰٫۰۱۴	(۰٫۰۰۰۶, ۰٫۰۱۱, ۰٫۰۲۴)	(۰٫۰۸۴, ۰٫۱۱۳, ۰٫۱۶۲)	R_{87}
۷	۰٫۰۹۶	۰٫۱۰۱		(۰٫۰۶۱, ۰٫۰۹۴, ۰٫۱۵)	R_9
۳۲	۰٫۰۱۶	۰٫۰۲۲	(۰٫۰۰۸, ۰٫۰۱۸, ۰٫۰۴۱)	(۰٫۱۲۵, ۰٫۱۹۱, ۰٫۲۷۴)	R_{91}
۳۷	۰٫۰۱۴	۰٫۰۰۲	(۰٫۰۰۰۶, ۰٫۰۱۵, ۰٫۰۳۹)	(۰٫۱۰۲, ۰٫۱۶۳, ۰٫۲۵۷)	R_{92}
۴۴	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱۶	(۰٫۰۰۰۶, ۰٫۰۱۳, ۰٫۰۰۳)	(۰٫۰۹۹, ۰٫۱۴۱, ۰٫۱۹۸)	R_{93}
۵۲	۰٫۰۱۰	۰٫۰۱۴	(۰٫۰۰۰۵, ۰٫۰۱۱, ۰٫۰۲۵)	(۰٫۰۷۹, ۰٫۱۱۲, ۰٫۱۶۹)	R_{94}
۴۵	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱۷	(۰٫۰۰۰۶, ۰٫۰۱۴, ۰٫۰۳۱)	(۰٫۱۰۵, ۰٫۱۴۸, ۰٫۲۰۶)	R_{95}
۴۹	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۵	(۰٫۰۰۰۶, ۰٫۰۱۲, ۰٫۰۲۸)	(۰٫۰۹۵, ۰٫۱۳۲, ۰٫۱۸۶)	R_{96}
۵۳	۰٫۰۰۱	۰٫۰۱۳	(۰٫۰۰۰۵, ۰٫۰۱۱, ۰٫۰۲۴)	(۰٫۰۸۲, ۰٫۱۱۳, ۰٫۱۶۳)	R_{97}

جدول ۵. ماتریس ارتباط کامل قطعی معیارها.

مشتری	درآمد و بازار	بهره‌برداری	اجرا و ساخت	تأمین مالی	آماده‌سازی	قوانین	اقتصادی	سیاسی	معیار
۰٫۲۳۵	۰٫۲۳۸	۰٫۱۳۶	۰٫۲۰۸	۰٫۱۹۶	۰٫۲۰۶	۰٫۱۷۲	۰٫۲۶۷	۰٫۰۹۴	سیاسی
۰٫۲۵۹	۰٫۲۹۳	۰٫۲۰۲	۰٫۲۷۸	۰٫۲۱۳	۰٫۲	۰٫۰۹	۰٫۱۶۶	۰٫۱۱۹	اقتصادی
۰٫۲۹	۰٫۳	۰٫۱۷۸	۰٫۲۹۳	۰٫۲۹۹	۰٫۳۰۹	۰٫۳۱۷	۰٫۳۹۷	۰٫۱۲۱	قوانین
۰٫۳۲	۰٫۴۰۶	۰٫۳۵۵	۰٫۴۸۲	۰٫۳۱۲	۰٫۲۵	۰٫۰۸۳	۰٫۱۶	۰٫۱۶۹	آماده‌سازی
۰٫۳۰۸	۰٫۳۰۲	۰٫۲۳۲	۰٫۳۸۲	۰٫۳۰۵	۰٫۳۳۳	۰٫۱۱۲	۰٫۳۶۶	۰٫۲۳۷	تأمین مالی
۰٫۲۹۵	۰٫۳۵۶	۰٫۴۳۲	۰٫۴۸۴	۰٫۲۱۸	۰٫۱۴۷	۰٫۱۲۷	۰٫۲۳	۰٫۱۱۵	اجرا و ساخت
۰٫۱۸۴	۰٫۲۱۸	۰٫۳۳۲	۰٫۳۹	۰٫۱۵۴	۰٫۱۹۷	۰٫۰۵۱	۰٫۲۴۵	۰٫۱۱۳	بهره‌برداری
۰٫۲۸۱	۰٫۲۹۱	۰٫۴۵۱	۰٫۲۴۱	۰٫۱۶۱	۰٫۱۵۹	۰٫۰۶۳	۰٫۲۰۳	۰٫۱۱۵	درآمد و بازار
۰٫۱۰۳	۰٫۲۱۹	۰٫۱۲۹	۰٫۲۰۸	۰٫۱۸۴	۰٫۱۵۷	۰٫۰۴۸	۰٫۱۵۸	۰٫۱۴	مشتری

جدول ۶. روابط علی و معلولی.

$D - R$	$D + R$	R	D	
۰٫۵۲۹	۲٫۹۷۷	۱٫۲۲۴	۱٫۴۵۳	سیاسی
-۰٫۳۷۳	۴٫۰۱۵	۲٫۱۹۴	۱٫۸۲۱	اقتصادی
۱٫۴۴	۳٫۵۶۹	۱٫۰۶۴	۲٫۵۰۵	قوانین
۰٫۵۷۹	۴٫۴۹۷	۱٫۹۵۹	۲٫۵۳۸	آماده‌سازی
۰٫۵۳۵	۴٫۶۱۹	۲٫۰۴۲	۲٫۵۷۷	تأمین مالی
-۰٫۵۶۳	۵٫۳۷۲	۲٫۹۶۷	۲٫۴۰۴	اجرا و ساخت
-۰٫۵۶۳	۴٫۳۳۳	۲٫۴۴۸	۱٫۸۸۵	بهره‌برداری
-۰٫۶۵۸	۴٫۵۹۱	۲٫۶۲۴	۱٫۹۶۷	درآمد و بازار
-۰٫۹۲۶	۳٫۶۲۲	۲٫۲۷۴	۱٫۳۴۸	مشتری

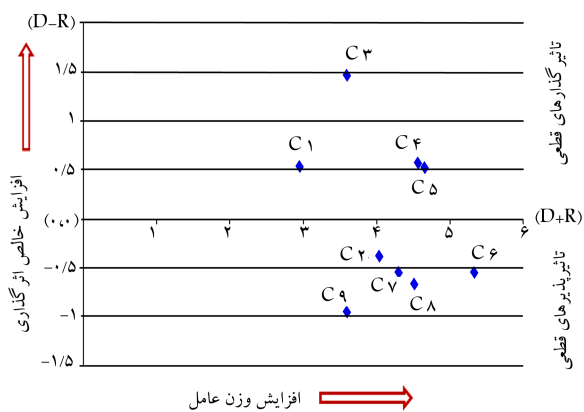
۱.۵. تعیین روابط علی و معلولی

با جمع سطری هر معیار مقدار D ، اثرگذاری و با جمع ستونی هر معیار مقدار R ، اثرپذیری معیارها محاسبه شد. حد آستانه با توجه به رابطه ۱۹، ۲۳ در نظر گرفته شده است. جدول ۶ روابط علی و معلولی متغیرها را نشان می‌دهد.

جدول ۶ نشان می‌دهد که معیار و عامل تأمین مالی بیشترین اثرگذاری را بر روی سایر معیارها داشته است و معیار و عامل اجرا و ساخت بیشترین اثرپذیری از سایر عوامل و بیشترین تعامل با سایر عوامل را دارد. عامل قوانین علی‌ترین عامل شناسایی شده است. در شکل ۱ مختصات دکارتی متغیرهای مورد مطالعه آمده است.

با ترکیب نتایج تحلیل سلسله مراتبی فازی و دیمتل فازی مشخص می‌شود که عامل اجرا و ساخت علاوه بر این که در تحلیل سلسله مراتبی بالاترین وزن را دارد، بیشترین تعامل را نیز با سایر عوامل دارد و به دلیل اثرپذیری بالا از سایر معیارها، معلول محسوب می‌شود. جدول ۷ نتایج حاصل از ترکیب دو روش را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۷ ترتیب و اولویت‌بندی ریسک‌های مطرح شده به شرح زیر

است:



شکل ۱. مختصات نهایی عوامل در دستگاه مختصات $(D + R, D - R)$.

جدول ۷. رتبه‌بندی نهایی عوامل اصلی ترکیب دو مدل.

رتبه	FAHP	رتبه	$D + R$	معیار
۳	۰٫۱۳۵	۹	۲٫۹۷۷	سیاسی
۲	۰٫۱۶۱	۶	۴٫۰۱۵	اقتصادی
۹	۰٫۰۷۱	۸	۳٫۵۶۹	قوانین
۶	۰٫۰۹۷	۴	۴٫۴۹۷	آماده‌سازی
۵	۰٫۰۹۸	۲	۴٫۶۱۹	تأمین مالی
۱	۰٫۱۶۱	۱	۵٫۳۷۲	اجرا و ساخت
۸	۰٫۰۸۳	۵	۴٫۳۳۳	بهره‌برداری
۴	۰٫۰۹۹	۳	۴٫۵۹۱	درآمد و بازار
۷	۰٫۰۹۶	۷	۳٫۶۲۲	مشتری

۶. ریسک آماده‌سازی در تحلیل سلسله مراتبی دارای رتبه‌ی ششم است و در روش دیمتل با سایر معیارها در تعامل بالا و اثرگذار است و در رتبه چهارم، معیاری علی است.

۷. ریسک مشتری در رتبه‌ی هفتم تحلیل سلسله مراتبی، در روش دیمتل دارای تعامل کمتری با سایر عوامل است و در رتبه‌ی هفتم قرار دارد و به دلیل اثرپذیری از سایر عوامل، معلول محسوب می‌شود.

۸. ریسک بهره‌برداری در رتبه‌ی هشتم تحلیل سلسله مراتبی است و در روش دیمتل به دلیل تعامل متوسط به بالا در رتبه‌ی پنجم قرار دارد و اثرپذیر از سایر عوامل است؛ بنابراین معیاری معلول محسوب می‌شود.

۹. ریسک قوانین در رتبه‌ی نهم تحلیل سلسله مراتبی است و در روش دیمتل نیز به دلیل تعامل متوسط با سایر عوامل در رتبه‌ی هشتم قرار گرفته و به دلیل اثرگذاری بیشتر به عوامل دیگر معیاری علی است.

۶. نتیجه‌گیری

نتایج مشاهده‌شده در استفاده از دیمتل فازی بیان می‌کنند که وقتی تعداد معیارها زیاد و بین آنها همبستگی وجود داشته باشد، این روش در نشان‌دادن روابط متقابل بین معیارها کارایی بهتری نشان می‌دهد. در پاسخ‌گویی به پرسش‌نامه‌ها از سوی تصمیم‌گیرندگان، استفاده از عبارات کلامی و زبانی با کمک نظریه‌ی فازی نتایج بهتری را در پی دارد و پاسخ‌گویی به پرسش‌ها را آسان‌تر می‌کند. با تعیین روابط علت و معلولی بین ریسک‌ها با استفاده از روش دیمتل، میزان اهمیت و تأثیر هر یک از عوامل نسبت به دیگر عامل‌ها مشخص می‌شود که این مهم در وزن‌دهی عامل‌ها بسیار مؤثر است. با استناد به مقاله‌های ذکرشده در بخش پیشینه‌ی تحقیق و سایر مقالات در زمینه‌ی مدیریت ریسک، در بیشتر موضوعات مدیریت ریسک روابط علت و معلولی بین ریسک‌ها در نظر گرفته نشده است که این ضعف در مقاله‌ی حاضر پوشش داده شده است. همچنین در رویکردهای سنتی دو عامل احتمال و شدت ریسک عمدتاً استفاده می‌شود که این معیارها به تنهایی نمی‌توانند ریسک‌های مربوطه را شناسایی و روابط بین آنها را مشخص کنند. علاوه بر این، استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی در مقایسه با حالت کلاسیک آن در مقایسات زوجی نتایج بهتر و کارتری را تولید می‌کند. زیرا به‌کارگیری متغیرهای زبانی توسط تصمیم‌گیرنده رویکرد منعطف‌تری را در رسیدن به نتایج خواهد داشت. از این رو، یک ساختار سلسله مراتبی برای رتبه‌بندی عوامل ریسک پیشنهاد می‌شود.

در این مقاله تلاش شد ضمن دسته‌بندی عوامل ریسک در پروژه‌های نیروگاهی، با توجه به تحقیقات پیشین، روش جدیدی برای تحلیل و رتبه‌بندی این عوامل با توجه ویژه به وجود روابط علی و معلولی بین آن‌ها معرفی شده است. در روش پیشنهادی این مقاله برای رتبه‌بندی همه عوامل و زیر عوامل موثر در ریسک پروژه‌های نیروگاهی از ترکیب شدت روابط (که با کمک روش دیمتل به دست آمده است) با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی داده‌ها استفاده شده است. در این تحقیق عامل اجرا و ساخت مهم ترین و اثرگذارترین عوامل شناخته شده اند. از نظر وزن کلی^{۱۱} نیز همین عامل بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است.

از نتایج این تحقیق می‌توان برای شناخت بهتر عوامل ریسک در پروژه‌های نیروگاهی خورشیدی و سایر پروژه‌های مشابه سرمایه‌گذاری استفاده کرد. از طرفی نتایج بیان

۱. ریسک اجرا و ساخت که در وزن‌دهی با تحلیل سلسله مراتبی دارای رتبه^{۱۰} اول است، با روش دیمتل نیز دارای بیشترین وزن است و با سایر معیارها در تعامل حداکثری قرار دارد؛ پس به دلیل اثرپذیری بیشتر، معلول محسوب می‌شود.

۲. ریسک اقتصادی با اینکه در رتبه‌ی دوم وزنی با تحلیل سلسله مراتبی قرار دارد، ولی به دلیل تعامل متوسط با سایر عوامل و اثرپذیری بالا از عوامل دیگر در رتبه‌ی ششم روش دیمتل قرار دارد و معیاری معلول محسوب می‌شود.

۳. ریسک سیاسی که در رتبه‌ی سوم تحلیل سلسله مراتبی قرار دارد، یک معیار علی است و دارای اثرگذاری و اثرپذیری متوسط و در تعامل حداقل با سایر عوامل است؛ از این رو در روش دیمتل در رتبه‌ی نهم قرار دارد.

۴. ریسک درآمد و بازار در رتبه‌ی چهارم تحلیل سلسله مراتبی دارای تعامل بالا با سایر معیارها است و در رتبه‌ی سوم روش دیمتل قرار دارد و به دلیل اثرپذیری بیشتر معیاری معلول محسوب می‌شود.

۵. ریسک تأمین مالی در رتبه‌ی پنجم تحلیل سلسله مراتبی، در روش دیمتل سومین معیاری است که با سایر معیارها در تعامل است و به دلیل اثرگذاری بیشتر یک معیار علی است.

تعداد معیارها و زیرمعیارها^{۱۲}، محاسبات ماتریس مقایسات زوجی افزایش می‌یابد که برای این منظور می‌توان از یک مدل فرا ابتکاری استفاده کرد. همچنین از روش به‌کار گرفته شده در این تحقیق می‌توان در سایر زمینه‌ها از جمله پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی، رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان و مدیریت ارتباطات مشتریان نیز استفاده کرد.

می‌کنند که باید راهبردها و سیاست‌های مناسب برای مدیریت عوامل علی به‌دست آمده مانند ریسک قوانین در دستورکار گروه پروژه قرارگیرد. در تحقیقات آتی می‌توان از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فازی مانند فرایند تحلیل شبکه‌ی فازی (FANP) برای ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل ریسک‌های نیروگاه‌ی استفاده کرد. همچنین با افزایش

پانوشته‌ها

1. analytic hierarchy process (AHP)
2. decision making trial and evaluation
3. battelle memorial institute
4. data envelopment analysis (DEA)
5. Fuzzy TOPSIS and Fuzzy ELNAP
6. engineering, procurement and construction (EPC)
7. TUYSUZ and KAHRAMAN
8. STD_BNP
9. converting fuzzy data into crisp scores
10. rank
11. overall weights
12. dimensions and factors

منابع (References)

1. Asfestani, V.S. and Abotorabi, H.Z. "Industry perspective and solar power technology in the world", in *International Conference and Exhibition on Solar Energy*, Tehran (2014).
2. Zokaei, A.M., *Guide to the Project Management, Body of Knowledge*, 3rd Edition, Adine (2013).
3. Rezaee, K., Haghnevis, M. and Sajedi, H. "Analysis and development of project risk management models", in *3rd International Project Management* (2007).
4. Makoei, A., Mohjtahedi, M.H. and Musavi, M. "The introduction of new techniques and applications in order to identify risks of large projects", in *First International Conference in Risk Management* (2007).
5. Fontela, E. and Gabus, A. "The DEMATEL Observer", DEMATEL 1976 Report, Switzerland, Geneva, Battelle Geneva Research Center (1976).
6. Habibi A, Sarafrazi A, Izadyar S. "Delphi technique theoretical framework in qualitative research," *The International Journal of Engineering and Science*, **3**(4), pp.8-13 (2014).
7. Wu, W.W and Lee, Y.T. "Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method", *Expert Systems with Applications*, **32**(2), pp. 499-507 (2007).
8. Hosseini, S., Safaei, N. and Asgharpour, M. "Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique", *Reliability Engineering & System Safety*, **91**(8), pp. 872-881 (2006).
9. Guo, W., Deng, Q. and Pan, X.D. "Risk evaluation of highway tunnel construction based on DEMATEL method", *Applied Mechanics and Materials*, **368**, pp. 1472-1476 (2013).
10. Liang, Y.k. and Ma, Z.D. "Construction risk analysis of foundation engineering based on DEMATEL method", *Journal of Engineering Management*, **2**, pp. 164-167 (2010).
11. Soffard, R., Khakzar, M. and Nazari, A. "Construction project risk assessment by using combined model of fuzzy analytical network process (F-ANP) and fuzzy DEMATEL method", in *Second International Conference on Industrial Engineering and Systems*, Najaf abad I.A.U. (2013).
12. Fan, Z.P., Suo, W.L. and Feng, B. "Identifying risk factors of IT outsourcing using interdependent information: An extended DEMATEL method", *Expert Systems with Applications*, **39**(3), pp. 3832-3840 (2012).
13. Samani, B.A. and Shahbodaghlou, F. "A fuzzy systematic approach to construction risk analysis", *J. Risk Anal. Crisis Response*, **2**(4), pp. 275-284 (2012)
14. Mojtahedi, M.H. "Critical risk assessment of engineering projects using DEMATEL (case study project of South Pars phases 17 and 18)", in *Fifth International Conference on Project Management* (2009).
15. Hsiao, W.F., Lin, H.H. and Chang, T.M. "Fuzzy consensus measure on verbal opinions", *Expert Systems with Applications*, **35**(3), pp. 836-842 (2008)
16. Ghodsipor, H., *Discussions on Multi-Criteria Decision-Making*, ed. 3rd., Amir Kabir University (2002).
17. Razavi, F., Olapor M.M. and Abasi, A. "Application of fuzzy logic in applied risk management by providing a new practical model", in *First National Conference on Civil Engineering*, Zibakenar, Iran (2012).
18. Mustafa, M.A and Al-Bahar, J.F. "Project risk assessment using the analytic hierarchy process", *Engineering Management, IEEE Transactions on*, **38**(1), pp. 46-52 (1991).
19. Tah, J. and Carr, V. "Knowledge-based approach to construction project risk management", *Journal of Computing in Civil Engineering*, **15**(3), pp. 170-177 (2001).
20. Tesfamariam, S. and Sadiq, R. "Risk-based environmental decision-making using fuzzy analytic hierarchy process (F-AHP)", *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, **21**(1), pp. 35-50 (2006).

21. Zeng, J., An, M. and Smith, N.J. "Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment", *International Journal of Project Management*, **25**(6), pp. 589-600 (2007).
22. Wang, Y.M., Liu, J. and Elhag, T.M. "An integrated AHP-DEA methodology for bridge risk assessment", *Computers & Industrial Engineering*, **54**(3), pp. 513-525 (2008).
23. Sadollah, E. and Karamirad, A. "A model for risk assessment project with fuzzy criteria (case study dams As-saluyeh)", in *Fourth International Conference on Project Management* (2008).
24. Kahraman, C. and Kaya, İ. "A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives", *Expert Systems with Applications*, **37**(9), pp. 6270-6281 (2010).
25. Yang, H.Y., Lv, W.B. and Xu H.L. "Risk evaluation of EPC project based on ANP fuzzy comprehensive evaluation", *IEEE 17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (2010).
26. Yang, Y.H., Shieh, M. and Tzeng, G.H. "A VIKOR technique based on DEMATEL and ANP for information security risk control assessment", *Information Sciences*, **232**, pp. 482-500 (2013).
27. Lin, Z. and Jianping, Y. "Risk assessment based on fuzzy network (F-ANP) in new campus construction project", *Systems Engineering Procedia*, **1**, pp. 162-168 (2011).
28. Bradaran kazem zadeh, R. and M. Sharif mosavi, "Developing a fuzzy risk assessment model to assess the schedule risks in construction projects(case: track renewal project in iran railway administration" *Management Research in Iran*, **15**(1). p. 109-133 (2011).
29. Zegordi, S., Nik, E. and Nazari, A. "Power plant project risk assessment using a fuzzy-anp and fuzzy-topsis method", *International Journal of Engineering-Transactions B: Applications*, **25**(2), pp. 107-120 (2012).
30. Shariati, M., Roghanian, E. and Kenarrudi, E. "Identification and evaluation of risk indicators in Builder's risk insurance by integrating the techniques of factor analysis, fuzzy DEMATEL, fuzzy AHP, fuzzy ANP", in *Eighth International Conference on Industrial Engineering* (2012).
31. Samantra, C., Datta, S. and Mahapatra, S.S. "Risk assessment in IT outsourcing using fuzzy decision-making approach: An Indian perspective", *Expert Systems with Applications*, **41**(8), pp. 4010-4022 (2014).
32. Eslamiebaladeh, A. "Hazard base risk assessment of safety by comparing fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS", in *Ninth International Conference on Industrial Engineering* (2012).
33. Zadeh, L.A. "Toward a generalized theory of uncertainty (GTU)—an outline", *Information Sciences*, **172**(1), pp. 1-40 (2005).
34. Ardeshir, A. "Safety risk assessment effective on occupational health in high-rise building construction projects with fuzzy approach", *Iran Occupational Health*, **11**(3), pp. 82-95 (January 2014).
35. Do, Q.H. and Chen, J.F. "A hybrid fuzzy AHP-DEA approach for assessing university performance", *WSEAS Transactions on Business & Economics*, **11**(1), pp. 386-397 (2014).
36. Andrić, J.M. and Lu, D.G. "Risk assessment of bridges under multiple hazards in operation period", *Safety Science*, **83**, pp. 80-92 (2016).
37. An, M. "Aggregation of group fuzzy risk information in the railway risk decision making process", *Safety Science*, **82**, pp. 18-28 (2016).
38. Gul, M. and Guneri, A.F. "A fuzzy multi criteria risk assessment based on decision matrix technique: A case study for aluminum industry", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **40**, pp. 89-100 (2016).
39. Ameyaw, E.E. "Critical success factors for public-private partnership in water supply projects", *Facilities*, **34**(3/4), pp. 124-160 (2016).
40. Rodríguez, A., Ortega, F. and Concepción, R. "A method for the evaluation of risk in IT projects", *Expert Systems with Applications*, **45**, pp. 273-285 (2016).
41. Ahmed, S. "A comparative decision-making model for sustainable end-of-life vehicle management alternative selection using AHP and extent analysis method on fuzzy AHP", *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, **23**(1), pp. 83-97 (2016).
42. Efe, B. "An integrated fuzzy multi criteria group decision making approach for ERP system selection", *Applied Soft Computing*, **38**, pp. 106-117 (2016).
43. Mikhailov, L. "Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgements", *Fuzzy Sets and Systems*, **134**(3), pp. 365-385 (2003).
44. Gogus, O. and Boucher, T.O. "A consistency test for rational weights in multi-criterion decision analysis with fuzzy pairwise comparisons", *Fuzzy Sets and Systems*, **86**(2), pp. 129-138 (1997).
45. Opricovic, S. and Tzeng, G.H. "Defuzzification within a multicriteria decision model", *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, **11**(05), pp. 635-652 (2003).
46. Jamali, H.G. "Assessment of the relationship between the risk factors in the bank's IT projects Boshehr of techniques fuzzy DEMATEL", *Journal of Information Technology Management*, **3**(9), pp. 21-40 (2011).