

ارائه چهارچوبی جهت اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در واحدهای نمک‌زدایی نفت و گاز با استفاده از تلفیق تکنیک **AHP** فازی و مدل **SWOT** (مطالعه موردی واحد نمک‌زدایی نفتشهر)

مسعود صیدی^{*۱}، حامد سلیمی^۲، علی بزرگی امیری^۳

^{*۱} استادیار دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

m.seidi@ilam.ac.ir

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مدیریت، دانشگاه علوم و تحقیقات، ایلام، ایران

h.salimi.g@gmail.com

^۳ استادیار دانشکده مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران

alibozorgi@ut.ac.ir

چکیده: مدیریت ریسک، فرایند منظم و سیستماتیک طبقه‌بندی، شناسایی، ارزیابی و پاسخگویی به ریسک در سراسر چرخه عمر یک پروژه، برای به‌دست‌آوردن حداکثر مطلوبیت از حذف، پیشگیری یا کنترل ریسک‌هاست. در پروژه‌های نفتی ریسک‌های متعددی وجود دارد که در صورت نداشتن کنترل و برنامه‌ریزی لازم، خسارات جبران‌ناپذیری به منابع ارزشمند ملی وارد خواهد شد. با توجه به تأثیر حیاتی نفت در ابعاد گوناگون معیشتان، توجه مضاعف به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های مطرح در این حوزه، حیاتی به نظر می‌رسد. در این خصوص تکنیک‌های متعددی معرفی شده است. نظریه مجموعه‌های فازی، به‌عنوان مبحثی نوین با ترکیب شدن با علم مدیریت قادر خواهد بود، نقش اساسی و بزرگی را در مدیریت ریسک با توجه به وجود عدم قطعیت موجود ایفا کند. در این مقاله، به ارائه چهارچوبی برای اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در واحدهای نمک‌زدایی نفت و گاز پرداخته شده است. ریسک‌های شناسایی شده، در سه حوزه هزینه، ایمنی و زمان ساخت دسته‌بندی شده‌اند. در چهارچوب پیشنهادی از ابزارهایی نظیر **SWOT** و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شده است. در انتها با استفاده از چهارچوب ارائه شده و داده‌های واقعی مربوط به واحد نمک‌زدایی نفتشهر، از رویکرد پیشنهادی برای اولویت‌بندی ۵۹ ریسک شناسایی شده، استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: رتبه‌بندی، ریسک، نمک‌زدایی، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، **SWOT**.

۱. مقدمه

چندمعیاره شامل یکسری از تکنیک‌ها از جمله جمع وزن‌ها یا تحلیل‌های همگرایی است که اجازه می‌دهد طیفی از معیارهای وابسته به یک مبحث، امتیازدهی و وزن‌دهی شده و سپس به‌وسیله کارشناسان و گروه‌های ذینفع رتبه‌بندی شوند. تصمیم‌گیری چندمعیاره بر یک فرایند، دادن ارزش به گزینه‌هایی که به‌وسیله چند معیار ارزیابی شده‌اند، دلالت دارد. در این تصمیم‌گیری‌ها به‌جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی، از چندین معیار سنجش ممکن است استفاده گردد.

نیاز به اتخاذ یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اندازه‌گیری پروژه ضروری است. در میان روش‌های چندمعیاره، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)^۱، کاربرد فراوانی در حوزه‌های مختلف از جمله در حوزه مدیریت پروژه کسب کرده است. ویدال و همکاران، یک مدل جدید با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی برای تعیین شاخص پیچیدگی پروژه ارائه دادند [۸]. تابلان و همکاران از تلفیق تکنیک‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی^۲ و تاپسیس فازی^۳ نیز برای رتبه‌بندی ریسک‌ها استفاده کرده‌اند [۹]. فان و دنگ از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و اعداد D^۴ جهت تعیین رتبه‌بندی استفاده کردند [۱۰ و ۱۱]. ایگو لالن و همکاران با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی، تأمین‌کنندگان را رتبه‌بندی کرده‌اند [۱۲]. از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در زمینه‌های تحقیقاتی مختلفی استفاده شده است [۱۳]، ۱۴ و ۱۵. برای ارزیابی ریسک از روش‌های مطرح در هوش مصنوعی نظیر الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز استفاده شده است [۱۶، ۱۷ و ۱۸]. نظریه فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به‌عنوان مبحثی نوین با ترکیب شدن با علم مدیریت قادر خواهد بود نقش اساسی و بزرگی را در مدیریت ریسک ایفا کند. پروژه‌های ساخت‌وساز جزء عظیم‌ترین و مهم‌ترین بخش‌ها در صنعت نفت به‌شمار می‌آیند و سرشار از ریسک‌های کوچک و بزرگی هستند که می‌بایست برای آن‌ها برنامه‌ریزی ویژه‌ای داشت. در این میان پروژه بهره‌برداری و نمک‌زدایی نفت نفتشهر یکی از پروژه‌های مهم نفتی می‌باشد که با هدف فرآورش و شیرین‌سازی نفت احداث شده است. در این پژوهش، سعی در ایجاد ارتباط بین مدیریت ریسک و منطق فازی و معرفی مدلی جدید با قابلیت اجرایی مناسب است. سپس این مدل در پروژه احداث واحد بهره‌برداری و نمک‌زدایی نفت نفتشهر پیاده می‌شود. واحد بهره‌برداری نفتشهر در فاصله ۶۰ کیلومتری جنوب شهرستان قصرشیرین از توابع استان کرمانشاه قرار دارد که با ظرفیت اسمی ۱۵ هزار بشکه در روز نفت تولیدی

ریسک‌ها در پروژه‌ها، به رویدادها یا وضعیت‌های ممکن الوقوع، گفته می‌شوند که پیامدهای مثبت یا منفی بر اهداف پروژه دارند. ریسک‌ها را از منظر مدیریت به دو دسته کلی تقسیم می‌کنند: الف. ریسک‌های معلوم؛ ب. ریسک‌های نامعلوم. ریسک‌های معلوم پس از شناسایی و تجزیه و تحلیل، قابل برنامه‌ریزی و هدایت هستند درحالی‌که ریسک‌های نامعلوم مدیریت‌ناپذیرند [۱]. فرایند ریسک در یکی از این سه دسته قرار داده می‌شوند: ریسک‌های منفرد، ریسک‌های متوالی و ریسک همزمان [۲]. امروزه، افزایش هزینه و پیچیدگی‌های موجود در پروژه‌ها از یک‌سو و افزایش عدم قطعیت ریسک‌های موجود در محیط‌های تجاری از سوی دیگر باعث شده است که مدیران پروژه به‌منظور کاهش خطری‌پذیری و انحراف پروژه از اهداف تعیین‌شده، استفاده از مدیریت ریسک را در برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌ها، سرلوحه فعالیت‌های خود قرار دهند. مدیریت ریسک مزایایی از قبیل بهبود در طراحی، زمان‌بندی و بودجه‌بندی، افزایش احتمال انجام پروژه طبق برنامه و بودجه تعیین‌شده، کمک به استفاده از مناسب‌ترین نوع قرارداد، جلوگیری از پذیرش پروژه‌های ناموفق، امکان مقایسه عینی گزینه‌ها، فراهم کردن اطلاعات آماری برای تصمیم‌گیری بهتر را فراهم می‌سازد [۳]. نقش استقرار مدیریت ریسک در موفقیت مجریان در انجام پروژه‌ها روشن است، اما مدیریت ریسک بدون اطلاعات کافی، مناسب و بموقع، کارآمد نیست. قسمت اعظمی از این اطلاعات از پروژه‌های قبلی حاصل می‌شود. استفاده از یک سیستم مدیریت ریسک دانش‌محور، مدیریت ریسک را با درس‌های آموخته‌شده پیوند می‌دهد [۴]. مهم‌ترین سؤالات مورد بحث پیرامون این مسئله شامل این است که آیا اصلاً می‌توان آینده و اتفاقات آن را مدیریت کرد؟ چگونه و از چه طریق؟ بهترین راه کدام است؟ چه فوایدی در پس این مسئله است و حل آن به کجا می‌انجامد؟ با وجود شفاف شدن تصویر سیستم‌های فازی، هنوز فعالیت‌های بسیاری باید انجام شود و بسیاری از راه‌حل‌ها و روش‌ها همچنان در ابتدای راه قرار دارد [۵]. از آنجایی که مدیریت ریسک به‌دنبال افزایش ایمنی و ضریب اطمینان در پروژه‌ها می‌باشد و کاهش ریسک در اغلب اوقات هزینه‌هایی برای مقابله با ریسک‌های احتمالی به‌صورت هزینه پیشگیرانه تحمیل می‌کند. بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد هزینه‌زا در پروژه‌ها محسوب گردد [۶]. محیط پروژه‌های امروزی به‌صورت سریع در حال تغییر و گذر است. پیچیدگی پروژه شامل بسیاری از فعالیت‌های مشروط به یکدیگر برای رسیدن به مرحله نهایی پروژه است [۷].

در دهه‌های اخیر، محققان به مدل‌های چندمعیاره برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده توجه کافی داشته‌اند. روش تصمیم‌گیری

1. Analytical Hierarchy Process (AHP)
2. Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)
3. Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)
4. D Numbers

مهم‌ترین دلیل انتخاب این مدل آن است که ریسک نه تنها در حوزه تهدیدات و نقاط ضعف سازمان نمود پیدا می‌کند، بلکه می‌تواند در فرصت‌ها و نقاط قوت سازمان نیز متبلور شود. این روش برای تشخیص نقاط ضعف و قوت سازمانی، فرصت‌ها و تهدیدهای خاص پروژه است. دو تا از آن‌ها صریحاً جنبه‌های مثبت را معرفی می‌کنند؛ یعنی توانایی‌های سازمانی و فرصت‌های پروژه، ترتیب شناسایی (منظور، تشخیص توانایی‌ها قبل از ضعف‌ها و تشخیص فرصت‌ها قبل از تهدیدها) به ما کمک می‌کند که بر گرایش طبیعی خود درباره توجه بیشتر به عوامل منفی موجود غلبه کنیم. این مسئله باید مورد توجه قرار گیرد که استفاده شایسته از این تکنیک‌ها مستلزم انجام یک مرحله تجزیه و تحلیل در رابطه با توانایی‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها، تهدیدها و اولویت‌بندی نتایج برای تحقق بخشیدن به مرحله عمل است. این تحلیل می‌تواند به صورت فردی یا گروهی توسط یک تیم از کارشناسان پروژه انجام گیرد. تنظیم SWOT، فرایندی برای توسعه طرح‌های بلندمدت به منظور واکنش اثربخش به تهدیدها و فرصت‌های محیطی در پرتو ضعف‌ها و قوت‌های سازمان است. رویکردها و تکنیک‌های بسیاری را می‌توان برای تحلیل محیط‌های درونی و بیرونی سازمان و موارد استراتژیک و در نتیجه تدوین استراتژی به کار برد [۱۹]. حوزه استراتژی، محیط سازمان را به دو دسته محیط داخلی (عوامل درونی) و محیط خارجی (عوامل بیرونی) تقسیم‌بندی می‌کند [۲۰].

۱.۱.۳. عوامل درونی

عواملی که در اختیار سازمان هستند و سازمان می‌تواند در قبال آن‌ها کاری انجام دهد، عوامل درونی نامیده می‌شوند. این عوامل به دو دسته نقاط قوت و ضعف تقسیم می‌شوند. نقاط ضعف عبارت‌اند از کمبودها و نارسایی‌هایی که در منابع یا قابلیت‌های درونی سازمان وجود دارد و آن را از حرکت در جهت قوانین محول‌شده، تحقق مأموریت و ارزش‌آفرینی باز دارد. با ورود رویکردهای متعدد در حوزه تحلیل عوامل داخلی، می‌توان به رویکرد تکامل‌یافته کاپلان و نورتون از منظر عوامل یادگیری و رشد، فرایندهای داخلی کسب‌وکار، مالی و مشتری اشاره کرد. با وجود استقبال فراوان از این رویکرد، عدم پوشش تمامی وجوه درون سازمان از اشکالات اساسی این رویکرد به شمار می‌رود [۲۱].

نقاط قوت عبارت‌اند از منابع یا قابلیت‌هایی در درون سازمان که به آن کمک می‌کند تا در جهت قوانین حرکت کند، مأموریت محول‌شده را محقق کند و ارزش‌آفرینی نماید.

۲.۱.۳. عوامل بیرونی

فرصت‌ها عبارت‌اند از عوامل خارجی یا موقعیت‌هایی در حال و آینده

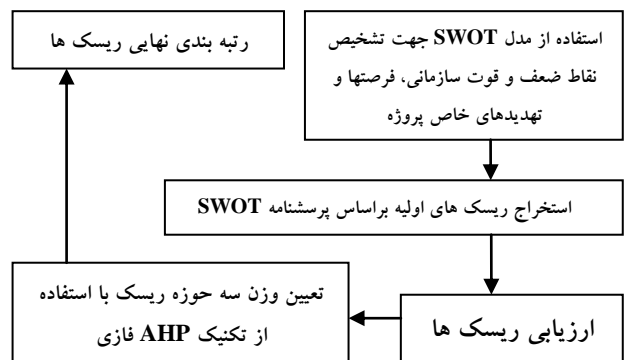
فرآورش شده میادین نفتشهر و سومار را پس از شیرین‌سازی تحویل شرکت خط لوله استان کرمانشاه داده تا از آنجا به پالایشگاه کرمانشاه انتقال داده شود. این پژوهش به دنبال این اهداف است: شناسایی ریسک‌های پروژه واحد بهره‌برداری و نمک‌زدایی نفت نفتشهر با استفاده از تکنیک سوات^۱، ارائه چهارچوبی برای طبقه‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه واحد بهره‌برداری و نمک‌زدایی نفت نفتشهر با استفاده از تکنیک FAHP.

۲. روش پژوهش و ابزارها

پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی است و با شناسایی منشأهای ریسک، در پروژه‌های احداث واحدهای نمک‌زدایی نفت و گاز، به بررسی نقش مدیریت ریسک در این پروژه‌ها می‌پردازد. روش جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از مطالعات میدانی، مصاحبه، استفاده از چک لیست، استفاده از ساختار شکست ریسک‌ها، استفاده از قضاوت کارشناسان متخصصان و کارکنان درگیر پروژه، استفاده از اطلاعات گذشته و الگوبرداری از پروژه‌های مشابه، استفاده از روش کتابخانه‌ای (جستجو در کتاب‌ها، مقالات، متن‌های علمی و...)، استفاده از روش‌های ایده‌پردازی مانند طوفان فکری و بانک‌های اطلاعاتی اینترنتی است. هدف پژوهش تحلیل ریسک واحدهای فرایندی نفت و گاز در پروژه احداث واحد بهره‌برداری و نمک‌زدایی نفت نفتشهر است.

۳. تئوری محاسبات

مراحل نشان داده‌شده در شکل (۱)، به منظور انجام پژوهش صورت گرفته می‌شود.



شکل (۱): مراحل رویکرد پیشنهادی

۱.۳. انتخاب مدل شناسایی ریسک‌ها

در این پژوهش از مدل SWOT که یک مدل جامع و شناخته‌شده در حوزه تحلیل درونی و بیرونی سازمان است، برای شناسایی ریسک‌ها استفاده خواهد شد. این مدل یکی از جامع‌ترین مدل‌های شناسایی ریسک بوده و توانایی پاسخ به همه اهداف و سؤالات پژوهش را داراست.

1. Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT)

اساس میزان تأثیر هر ریسک بر هریک از شاخص‌های زمان، هزینه و ضریب ایمنی و نیز با تخمین احتمال وقوع هریک از این ریسک‌ها، ارزیابی می‌شوند.

۴.۳. رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی ریسک با استفاده از تکنیک AHP فازی

ریسک‌های شناسایی‌شده در این پژوهش بر اهداف پروژه از جنبه‌های مختلف اثرگذار است. به‌منظور پرهیز از کلی‌نگری و دقیق‌تر شدن ارزیابی ریسک‌های شناسایی‌شده نیاز به تعریف شاخص‌هایی است که بیانگر اثرات ریسک بر جوانب مختلف پروژه باشند. بنابراین با بررسی پژوهش‌ها، معیارهای مختلفی برای ارزیابی ریسک‌های پروژه ذکر شده‌اند که پس از بررسی‌های لازم و اظهار نظر خبرگان و متخصصان سه شاخص به‌عنوان معیارهای ارزیابی انتخاب شدند که ریسک‌های پروژه می‌توانند با تأثیرگذاری بر آن‌ها اهداف کلی پروژه را تحت تأثیر قرار دهند که عبارت‌اند از: زمان، هزینه و ضریب ایمنی.

زمان: این شاخص نشان‌دهنده اثرات ریسک‌های پروژه بر برنامه زمان‌بندی پروژه است؛ یعنی احتمال اینکه اجرای پروژه در چارچوب زمانی مورد نیاز و برنامه‌ریزی‌شده تحقق نیابد، سبب وارد آمدن تأثیر زیان‌آوری بر اهداف پروژه می‌شوند.

هزینه: این شاخص نشان‌دهنده این است که در صورت وقوع، ریسک‌های پروژه چه مقدار می‌توانند هزینه اضافی برای کل پروژه ایجاد نمایند و از مقدار بودجه‌شده فراتر رود.

ضریب ایمنی: تعریف این شاخص بدین معنی است که ریسک‌های پروژه می‌توانند میزان ایمنی اجرای پروژه و پس از اجرا و بهره‌برداری از پروژه را با توجه به حساسیت بسیار بالای این پروژه‌ها، تحت تأثیر قرار دهند. این سه شاخص بر اساس اظهار نظر متخصصان و خبرگان و با استفاده از تکنیک AHP فازی، وزن‌دهی می‌شوند. ریسک‌های شناسایی‌شده و شاخص‌های فوق به‌عنوان متغیرهای اصلی در این پژوهش مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است و با کمی نمودن و تجزیه و تحلیل آن‌ها به پرسش پژوهش پاسخ داده می‌شود. با استفاده از داده‌های گردآوری‌شده در مراحل قبل و با ضرب میانگین درجه‌اهمیت هر ریسک در وزن شاخص و به‌دست‌آوردن درجه اهمیت هر ریسک، رتبه‌بندی کلی انجام می‌شود.

۴. نمونه موردی

در این بخش شناسایی و دسته‌بندی ریسک‌های پروژه در قالب تحلیل SWOT ارائه خواهد شود. فرایند شناسایی ریسک مشتمل بر تعیین و احراز هویت ریسک‌های مؤثر بر پروژه، همچنین مستندسازی ویژگی‌های

که سازمان می‌تواند با استفاده از آن‌ها بهتر در جهت قوانین حرکت کند، مأموریتی محمول‌شده را بهتر محقق کند و ارزش آفرینی بیشتری بنماید.

تهدیدها عبارت‌اند از عوامل خارجی یا موقعیت‌هایی در حال و آینده که تأثیر منفی بر سازمان می‌گذارد و حرکت سازمان در جهت قوانین محمول‌شده، تحقق مأموریت و ارزش آفرینی را مشکل می‌کند [۲۲].

در برخی از تحقیقات، با استفاده از تلفیق SWOT و فرایند تحلیل شبکه^۱ به حل مسئله پرداخته شده است [۲۳، ۲۴ و ۲۵].

۲.۳. استخراج ریسک‌های اولیه بر اساس پرسش‌نامه SWOT

در پرسش‌نامه SWOT پژوهش حاضر، علاوه بر شناسایی و دسته‌بندی ریسک‌ها در چهار دسته فرصت‌ها، تهدیدها، نقاط ضعف و نقاط قوت، توسط خبرگان فعال در پروژه، از نمونه آماری خواسته شده است تا به ریسک‌های شناسایی‌شده در طیف لیکرت^۲ بر اساس اهمیت، نمره‌دهی کنند. بعد از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، نمره‌های اهمیت ریسک‌ها بر اساس روش‌های آماری تحلیل و روایی پرسش‌نامه نیز سنجیده خواهد شد. نتایج آزمون آلفای کرونباخ^۳ در ارتباط با قابلیت اعتماد پرسش‌نامه مذکور در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): آزمون آلفای کرونباخ (قابلیت اعتماد پرسش‌نامه)				
سؤال	آیا پرسش‌نامه پژوهش دارای قابلیت اطمینان قابل قبولی بوده است؟			
فرضیات	فرض صفر: قابلیت اعتماد پرسش‌نامه پژوهش در حد قابل قبولی نیست.			
پژوهشی	فرض یک: قابلیت اعتماد پرسش‌نامه پژوهش در حد قابل قبولی است.			
فرضیات	فرض صفر: $H_0: Alpha < 0.65$			
آماري	فرض یک: $H_1: Alpha \geq 0.65$			
Case Processing Summary				
Cases	Valid	7	0	10
	Excluded(a)	0	0	
	Total	74	100.0	
A List wise deletion based on all variables in the procedure.				
Reliability Statistics				
Cronbach's Alpha		N of Items		
.901		59		
توجه آزمون	با توجه به اینکه ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده (Alpha = 0.901) بیشتر از ۰.۶۵ است، می‌توان نتیجه گرفت که فرض صفر رد می‌شود و این امر بدین معناست که قابلیت اعتماد پرسش‌نامه پژوهش در حد قابل قبولی است.			

۳.۳. ارزیابی ریسک‌ها

ریسک‌های شناسایی‌شده در مرحله قبل با نظرسنجی از خبرگان و بر

1. Network Analysis Process (ANP)
2. Likert Scale
3. Cronbach's Alpha Test

توضیح داده شد که منظور از ریسک در فضای فرصت، فرصت‌هایی است که اگر از آن‌ها استفاده نشود، منشأ ریسک هستند و منظور از ریسک در نقاط قوت نیز، عدم برنامه‌ریزی برای استفاده از نقاط قوت است. این دو هر دو از جنس هزینه فرصت‌اند. در کل تعداد ۵۹ مورد ریسک، شناسایی و تعیین گردید که لیست ریسک‌های شناسایی شده به شرح جدول (۲) است.

آن‌هاست. در راستای انجام پژوهش و در گام نخست برای تشخیص ریسک‌های تأثیرگذار، از روش SWOT استفاده شد. پرسش‌نامه اولیه SWOT بین ۹ نفر از مدیران ارشد پروژه توزیع و از آن‌ها خواسته شد در هریک از موارد فرصت‌ها، تهدیدات، نقاط ضعف و نقاط قوت پروژه نظر دهند (انجام پیش‌آزمون صحت پرسش‌نامه). به مدیران پروژه

جدول (۲): ریسک‌های شناسایی شده با استفاده از مدل SWOT

نقاط ضعف بالقوه (مشکلات داخلی پروژه)	نقاط قوت بالقوه (نوانایی‌های داخلی پروژه)	تهدیدات محیطی (چالش‌هایی که از محیط خارجی پروژه بر آن تحمیل می‌شود)	فرصت‌های محیطی (تسهیل‌کنندگان فعالیت پروژه در محیط خارجی پروژه وجود دارند)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ ضعف در برنامه‌ریزی اولیه پروژه و شروع بموقع آن ✓ تغییر قوانین و مقررات ابلاغی و تأثیر آن بر قراردادهای منعقد ✓ ضعف قوانین جهت ارزیابی پیمانکاران ✓ کمبود کارگر و نیروی کار در مناطق مرزی ✓ عدم دسترسی به پیمانکاران قوی و زبده ✓ عدم تأمین بموقع کالاهای خارجی پروژه ✓ عدم پیش‌بینی منابع مالی متناسب با پروژه تعهد شده ✓ ضعف دستگاه نظارت در کنترل و اجرای استانداردهای مربوط در همه مراحل اجرای پروژه ✓ محدودیت‌های ایمنی و مقررات دست‌وپاگیر ایمنی در اجرای پروژه ✓ عدم استفاده از تجهیزات و ابزارهای مکانیزه در هنگام اجرای پروژه ✓ نبود منابع مالی مناسب، تجربه کم پیمانکار ✓ عدم تأمین بموقع و مناسب مصالح و کالا جهت اجرای پروژه ✓ حجم بسیار زیاد و پیچیدگی پروژه‌های تعهدشده جهت اجرا ✓ مشکلات امنیتی به دلیل مرزی بودن پروژه ✓ پایین بودن حقوق و کمبود نیروی متخصص در محل اجرای پروژه ✓ عدم آشنایی ناظرین پروژه به قوانین و مقررات پیمان ✓ کمبود زمان مناسب برای پروژه ✓ عدم همکاری و هماهنگی اعضای تیم با یکدیگر ✓ مشکلات رفاهی پرسنل پیمانکار به دلیل دور بودن از نقاط شهری 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ بارندگی حداقل و شرایط جوی مناسب ✓ دسترسی به پیمانکاران قوی و زبده ✓ وجود دستگاه نظارت مستقیم و قوی ✓ طراحی مناسب و واضح اجزای پروژه ✓ تأمین بخش عمده‌ای از تجهیزات از منابع داخلی ✓ همکاری کارفرما با پیمانکار در خصوص ارائه مجوزهای انجام کار ✓ استفاده از تجربیات بازنشستگان شرکت نفت آشنا به تأسیسات مشابه ✓ نزدیکی و مجاورت پروژه به یکی از شهرهای مرزی ✓ اعمال مقررات مبادین مشترک در این پروژه و برآورد مناسب اولیه مالی ✓ وفور نیروی تحصیل کرده و متخصص ✓ استفاده از مزایای کار تیمی ✓ استفاده از تکنیک‌های خلاقیت ✓ منابع مالی مناسب، روابط ملی و بین‌المللی و تجربه کاری پیمانکار 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ تأثیر تحریم‌های خارجی بر همه ابعاد پروژه ✓ عدم پذیرش فرهنگی پیمانکاران غیر بومی ✓ محدودیت‌های اعمالی از سوی سازمان‌های دیگر در محدوده پروژه ✓ فشارهای سیاسی و خارج از سازمان بر روند اجرای پروژه ✓ محدودیت‌های زیست‌محیطی بر روند اجرای پروژه ✓ عدم دسترسی به پیمانکاران قوی و زبده ✓ تأثیر عوامل جوی بر روند پیشرفت فیزیکی و کیفی پروژه ✓ مشکلات تأمین آب و دمای بیش از حد هوا در فصول گرم سال ✓ عدم تطابق قوانین و مقررات شرکت ملی نفت با سایر ارگان‌ها ✓ نبود ثبات اقتصادی و نوسان شدید قیمتی بازار ✓ مشکلات تحویل اراضی پروژه ✓ مشکلات ناشی از تغییر در طراحی و اجرای پروژه ✓ وجود عوامل پیش‌بینی‌نشده در حین اجرای پروژه 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ آماده بودن بستر پروژه به دلیل مسطح بودن و هموار بودن منطقه محل اجرای پروژه ✓ مجاورت پروژه به امکانات و تأسیسات واحد قدیمی و استفاده از امکانات آن ✓ مجاورت پروژه به یکی از شهرستان‌های مرزی و استفاده از امکانات آن ✓ دمای هوای معتدل در زمستان و استفاده از شرایط دمایی ✓ اجرای بخش‌های مختلف پروژه به صورت همزمان ✓ استفاده از تجربه پرسنل شرکت نفت در تأسیسات موجود منطقه ✓ استفاده از بازنشستگان شرکت نفت آشنا به تأسیسات منطقه ✓ استفاده از پیش‌پرداخت جهت اجرای مراحل اولیه پروژه ✓ استفاده از منابع مالی با استفاده از تضمین کافی در هنگام اجرا و قبل از اجرای کامل پروژه ✓ امکان جابه‌جایی زمان‌بندی بخش‌های مختلف پروژه ✓ برآورد نسبتاً خوب مالی پروژه به دلیل توجیه مشترک بودن میدان نفتی ✓ پایین بودن حقوق کارگران محلی ✓ امکان واگذاری بخش‌هایی در پروژه به پیمانکاران دست دوم ✓ انتقال تکنولوژی و استفاده از روش‌های نوین ناشی از انتقال تجهیزات خارجی

سطح و بر اساس مقیاس مربوط به استاندارد مدیریت پروژه آمریکا مطابق جدول (۳) صورت گرفته می‌شود. کمی‌سازی میزان تأثیر ریسک بر هریک از اهداف سه‌گانه پروژه در ۵ سطح (۱ کمترین تا ۵ بیشترین) و بر اساس مقیاس مندرج در استاندارد مدیریت پروژه آمریکا مطابق جدول (۳) انجام شده است.

۱.۴. آنالیز کمی

در آنالیز کمی ریسک تأثیر همزمان شدت اثر و احتمال وقوع هر ریسک بر هریک از اهداف پروژه محاسبه می‌شود. نتایج حاصل از این آنالیز در جدول (۴) نشان داده شده است.

پس از شناسایی ریسک‌ها، مرحله جمع‌آوری اطلاعات مربوط به احتمال وقوع یک ریسک و میزان تأثیر هر ریسک بر هریک از معیارهای زمان، هزینه و ایمنی پروژه است. بدین منظور پرسشنامه‌ای بر اساس لیست ریسک‌های شناسایی شده تهیه و بین افرادی که قبلاً مورد مصاحبه قرار گرفته بودند، توزیع شد تا وضعیت احتمال وقوع، میزان تأثیر بر هزینه، میزان تأثیر بر زمان و میزان تأثیر بر ایمنی از طریق این پرسشنامه تعیین و مشخص گردد. در واقع با این پرسشنامه دو عامل درباره هر ریسکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است؛ احتمال وقوع و میزان تأثیر بر هریک از اهداف پروژه (هزینه، زمان و ایمنی). کمی نمودن احتمال وقوع هر ریسک مستقل از تأثیر آن بر روی هریک از اهداف از پرسش‌شوندگان در پنج

ارائه چهارچوبی جهت اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در واحدهای نمک‌زدایی... ۲۳

فازی، ضریب یا وزن هریک از این اهداف محاسبه شد که از حاصل ضرب درجه‌اهمیت هریک از ریسک‌ها در وزن هدف، درجه‌اهمیت نهایی هر ریسک به صورت یک عدد کلی مشخص می‌شود. محاسبات مربوط به تکنیک AHP فازی و تعیین وزن اهداف به شرح زیر است:

۲.۴. تعیین وزن ابعاد با استفاده از تکنیک AHP فازی

در این مرحله با استفاده از تکنیک AHP فازی و از طریق مصاحبه با خبرگان (۹ نفر) میزان ترجیح و اهمیت هریک از ابعاد زمان، هزینه و ایمنی نسبت به همدیگر تعیین و در نهایت با استفاده از تکنیک AHP

جدول (۳): احتمال وقوع ریسک‌ها و کمی‌سازی شدت اثر بر اهداف سه‌گانه

احتمال رخداد ریسک	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
مقدار عددی تخصیص‌یافته	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۹
متغیر زمانی	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
زمان	افزایش ناچیز	کمتر از ۵ درصد افزایش	۵ تا ۱۰ درصد افزایش	بین ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش	بیشتر از ۲۰ درصد افزایش
هزینه	افزایش ناچیز	کمتر از ۱۰ درصد افزایش	بین ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش	بین ۲۰ تا ۴۰ درصد افزایش	بیشتر از ۴۰ درصد افزایش
ایمنی	خطر ناچیز	تا حدی خطرناک	خطرناک	خیلی خطرناک	فاجعه‌آمیز
مقدار عددی تخصیص‌یافته	۵٪	۱۰٪	۲۰٪	۴۰٪	۸۰٪

جدول (۴): میانگین احتمال وقوع و تأثیر بر اهداف هریک از ریسک‌های شناسایی شده

ردیف	شرح ریسک	احتمال وقوع	تأثیر بر ایمنی	تأثیر بر هزینه	تأثیر بر زمان	ردیف	شرح ریسک	احتمال وقوع	تأثیر بر ایمنی	تأثیر بر هزینه	تأثیر بر زمان
۱	بارندگی جداول و شرایط جوی مناسب	۰/۶۴۳	۰/۲۳۲	۰/۲۶۹	۰/۲۵۰	۳۱	عدم همکاری و هماهنگی اعضای تیم با یکدیگر	۰/۷۱۴	۰/۲۴۲	۰/۲۴۸	۰/۳۹۵
۲	دسترسی به پیمانکاران قوی و زنده	۰/۷۳۵	۰/۱۷۷	۰/۲۵۷	۰/۲۸۲	۳۲	نبود منابع مالی مناسب، تجربه کم پیمانکار	۰/۷۰۵	۰/۱۶۷	۰/۳۱۸	۰/۲۳۸
۳	وجود دستگاه نظارت مستقیم و قوی	۰/۶۳۵	۰/۱۹۲	۰/۲۱۱	۰/۲۵۴	۳۳	آماده بودن بستر پروژه به دلیل مسطح بودن و هموار بودن منطقه محل اجرای پروژه	۰/۶۵۱	۰/۲۰۱	۰/۳۰۶	۰/۲۳۵
۴	طراحی مناسب و واضح اجزاء پروژه	۰/۶۸۱	۰/۲۳۳	۰/۲۸۳	۰/۳۱۹	۳۴	مجاورت پروژه به امکانات و تأسیسات واحد قدیمی و استفاده از امکانات آن	۰/۶۰۳	۰/۲۰۷	۰/۲۵۰	۰/۲۳۳
۵	تأمین بخش عمده‌ای از تجهیزات از منابع داخلی	۰/۵۶۲	۰/۲۳۱	۰/۲۲۱	۰/۲۴۴	۳۵	مجاورت پروژه به یکی از شهرستان‌های مرزی و استفاده از امکانات آن	۰/۵۸۶	۰/۲۳۴	۰/۲۸۷	۰/۲۸۸
۶	همکاری کارفرما با پیمانکار در خصوص ارائه مجوزهای انجام کار	۰/۵۶۵	۰/۱۶۵	۰/۱۶۹	۰/۱۶۷	۳۶	دمای هوای معتدل در زمستان و استفاده از شرایط دمایی	۰/۶۱۱	۰/۱۹۸	۰/۳۴۰	۰/۲۴۷
۷	استفاده از تجربیات بازنشستگان شرکت نفت آشنا به تأسیسات مشابه	۰/۵۸۹	۰/۲۸۰	۰/۲۵۸	۰/۲۸۵	۳۷	اجرای بخش‌های مختلف پروژه به صورت همزمان	۰/۶۵۹	۰/۲۳۳	۰/۳۲۶	۰/۲۶۷
۸	نزدیکی و مجاورت پروژه به یکی از شهرهای مرزی	۰/۶۷۰	۰/۲۳۳	۰/۲۸۲	۰/۳۲۷	۳۸	استفاده از تجربه پرسنل شرکت نفت در تأسیسات موجود منطقه	۰/۵۵۴	۰/۲۸۳	۰/۲۸۷	۰/۳۰۵
۹	اعمال مقررات میلادین مشترک در این پروژه و برآورد مناسب اولیه مالی	۰/۷۰۸	۰/۲۰۶	۰/۳۳۸	۰/۳۵۵	۳۹	استفاده از بازنشستگان شرکت نفت آشنا به تأسیسات منطقه	۰/۵۸۴	۰/۳۳۳	۰/۲۶۹	۰/۲۶۷
۱۰	وفور نیروی تحصیل کرده و متخصص	۰/۶۶۲	۰/۲۳۹	۰/۲۲۵	۰/۲۲۱	۴۰	استفاده از پیش‌پرداخت جهت اجرای مراحل اولیه پروژه	۰/۵۱۶	۰/۲۸۷	۰/۲۶۹	۰/۲۷۳
۱۱	استفاده از مزایای کار تیمی	۰/۶۰۰	۰/۱۵۰	۰/۲۶۸	۰/۲۳۵	۴۱	استفاده از منابع مالی با استفاده از تضمین کافی در هنگام اجرا و قبل از اجرای کامل پروژه	۰/۵۷۷	۰/۲۴۶	۰/۳۱۷	۰/۲۱۷
۱۲	استفاده از تکنیک‌های خلاقیت	۰/۵۶۶	۰/۱۶۱	۰/۲۳۱	۰/۲۳۱	۴۲	امکان جابه‌جایی زمان بندی بخش‌های مختلف پروژه	۰/۶۲۷	۰/۲۶۰	۰/۳۰۸	۰/۲۴۴
۱۳	منابع مالی مناسب، روابط ملی و بین‌المللی و تجربه کاری پیمانکار	۰/۶۴۹	۰/۱۴۹	۰/۲۳۳	۰/۲۱۷	۴۳	برآورد نسبتاً خوب مالی پروژه به دلیل توجه مشترک بودن میدان نفتی	۰/۵۷۸	۰/۲۱۸	۰/۲۶۳	۰/۲۵۸
۱۴	ضعف در برنامه‌ریزی اولیه پروژه و شروع باموقع آن	۰/۶۴۱	۰/۲۰۷	۰/۲۰۷	۰/۲۳۰	۴۴	پایین بودن حقوق کارگران محلی	۰/۵۸۹	۰/۱۹۵	۰/۳۱۴	۰/۲۳۶
۱۵	تغییر قوانین و مقررات ابلاغی و تأثیر آن بر قراردادهای منعقد	۰/۵۵۹	۰/۱۶۵	۰/۲۷۵	۰/۲۹۹	۴۵	امکان واگذاری بخش‌هایی در پروژه به پیمانکاران دست دوم	۰/۶۱۱	۰/۲۳۶	۰/۲۹۸	۰/۲۳۷
۱۶	ضعف قوانین برای ارزیابی پیمانکاران	۰/۶۰۸	۰/۱۶۱	۰/۲۵۳	۰/۲۳۷	۴۶	انتقال تکنولوژی و استفاده از روش‌های نوین ناشی از انتقال تجهیزات خارجی	۰/۵۷۳	۰/۱۶۸	۰/۳۰۵	۰/۲۹۸
۱۷	کمبود کارگر و نیروی کار در مناطق مرزی	۰/۶۷۷	۰/۱۵۶	۰/۲۶۳	۰/۲۳۷	۴۷	تأثیر تحریم‌های خارجی بر همه ابعاد پروژه	۰/۵۴۱	۰/۱۸۹	۰/۲۵۵	۰/۲۶۸
۱۸	عدم دسترسی به پیمانکاران قوی و زنده	۰/۶۸۶	۰/۱۹۱	۰/۲۴۳	۰/۲۸۵	۴۸	عدم پذیرش فرهنگ پیمانکاران غیر بومی	۰/۶۲۴	۰/۲۲۰	۰/۳۳۵	۰/۲۴۳
۱۹	عدم تأمین باموقع کالاهای خارجی پروژه	۰/۶۶۵	۰/۱۷۶	۰/۴۰۸	۰/۲۵۳	۴۹	محدودیت‌های احتمالی از سوی سازمان‌های دیگر در محدوده پروژه	۰/۵۹۵	۰/۱۶۰	۰/۲۶۴	۰/۲۸۱
۲۰	عدم پیش‌بینی منابع مالی مناسب با پروژه تعهد شده	۰/۷۱۱	۰/۱۹۵	۰/۴۲۵	۰/۲۸۳	۵۰	فشارهای سیاسی و خارج از سازمان بر روند اجرای پروژه	۰/۷۱۴	۰/۲۶۳	۰/۳۷۸	۰/۲۴۴
۲۱	ضعف دستگاه نظارت در کنترل و اجرای استانداردهای مربوط در همه مراحل اجرای پروژه	۰/۶۷۳	۰/۲۰۲	۰/۳۸۲	۰/۳۳۷	۵۱	محدودیت‌های زیست‌محیطی بر روند اجرای پروژه	۰/۶۳۰	۰/۲۱۰	۰/۳۰۶	۰/۲۳۵
۲۲	محدودیت‌های ایمنی و مقررات دست‌وپاگیر ایمنی در اجرای پروژه	۰/۵۸۴	۰/۱۸۸	۰/۲۶۰	۰/۲۶۴	۵۲	عدم دسترسی به پیمانکاران قوی و زنده	۰/۶۶۲	۰/۲۰۸	۰/۲۶۳	۰/۲۸۷
۲۳	عدم استفاده از تجهیزات و ابزارهای مکانیزه در هنگام اجرای پروژه	۰/۶۷۶	۰/۲۵۷	۰/۳۵۱	۰/۳۰۲	۵۳	تأثیر عوامل جوی بر روند پیشرفت فیزیکی و کیفی پروژه	۰/۶۳۵	۰/۱۸۰	۰/۲۳۱	۰/۲۷۳
۲۴	مشکلات رفاهی پرسنل پیمانکار به دلیل دور بودن از نقاط شهری	۰/۷۰۵	۰/۲۳۵	۰/۴۴۰	۰/۴۱۳	۵۴	مشکلات تأمین آب و دمای بیش از حد هوا در فصول گرم سال	۰/۶۷۶	۰/۲۱۷	۰/۲۶۶	۰/۳۰۲
۲۵	عدم تأمین باموقع و مناسب مصالح و کالا جهت اجرای پروژه	۰/۶۵۷	۰/۱۶۷	۰/۲۱۹	۰/۲۰۷	۵۵	عدم تطابق قوانین و مقررات شرکت ملی نفت با سایر ارگان‌ها	۰/۶۵۱	۰/۲۱۰	۰/۲۳۱	۰/۲۴۰
۲۶	حجم بسیار زیاد و پیچیدگی پروژه‌های تعهد شده برای اجرا	۰/۶۴۱	۰/۱۶۷	۰/۲۶۶	۰/۲۵۱	۵۶	نبود ثبات اقتصادی و نوسان شدید قیمتی بازار	۰/۶۳۳	۰/۳۴۸	۰/۳۳۵	۰/۲۵۵
۲۷	مشکلات امنیتی به دلیل مرزی بودن پروژه	۰/۶۰۰	۰/۱۷۷	۰/۳۰۲	۰/۲۳۵	۵۷	مشکلات تحویل اراضی پروژه	۰/۶۵۱	۰/۱۸۴	۰/۳۳۵	۰/۲۳۰
۲۸	پایین بودن حقوق و کمبود نیروی متخصص در محل اجرای پروژه	۰/۶۳۳	۰/۱۸۰	۰/۳۳۰	۰/۳۳۳	۵۸	مشکلات ناشی از تغییر در طراحی و اجرای پروژه	۰/۶۹۷	۰/۲۱۲	۰/۳۳۳	۰/۲۴۴
۲۹	عدم آشنایی ناظران پروژه به قوانین و مقررات پیمان	۰/۶۸۹	۰/۲۱۲	۰/۳۴۴	۰/۳۳۰	۵۹	وجود عوامل پیش‌بینی‌نشده در حین اجرای پروژه	۰/۶۴۱	۰/۱۹۲	۰/۲۷۰	۰/۲۸۴
۳۰	کمبود زمان مناسب برای پروژه	۰/۶۰۳	۰/۲۴۰	۰/۳۰۸	۰/۲۵۷						

$$\left(\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 M_{g_i}^j\right)^{-1} = (0.0520, 0.0594, 0.0689) \quad (5)$$

S_1 : زمان، S_2 : ایمنی و S_3 : هزینه.

$$S_1 =$$

$$(4.24, 4.94, 5.64) \otimes (0.0520, 0.0594, 0.0689) = \quad (6)$$

$$(0.22, 0.29, 0.38)$$

$$S_2 =$$

$$(5.50, 6.52, 7.55) \otimes (0.0520, 0.0594, 0.0689) = \quad (7)$$

$$(0.28, 0.38, 0.52)$$

$$S_3 =$$

$$(4.75, 5.36, 6.02) \otimes (0.0520, 0.0594, 0.0689) = \quad (8)$$

$$(0.24, 0.32, 0.41)$$

مرحله دوم: محاسبه درجه ارجحیت^۲ (درجه امکان پذیری) S_i بر S_k .

مرحله سوم: نرمالیزه کردن بردار W' و به دست آوردن بردار وزن

نرمالیزه شده W .

$$W' = (0.521, 1, 0.651) \Rightarrow$$

$$W_N = (0.240, 0.461, 0.30) \quad (9)$$

بنابراین وزن هر یک از ابعاد به شرح جدول (۵) زیر است.

تعیین وزن ابعاد: بدین منظور مقایسات زوجی توسط ۹ تن از خبرگان برای سه شاخص کلی زمان، ایمنی و هزینه، صورت گرفت. میانگین هندسی اعداد فازی همه مقایسات زوجی توسط خبرگان در جدول (۵)، نشان داده شده است. با توجه به نتایج جدول (۱) و مراحل تکنیک AHP فازی در ادامه به مراحل محاسبه وزن هر یک از ابعاد بر اساس رویکرد تکنیک AHP فازی خواهیم پرداخت.

مرحله اول: به دست آوردن بسط مرکب فازی^۱ برای هر یک از

عوامل:

$$\sum_{j=1}^3 M_{g_1}^j = (1, 1, 1) + \dots + (1.94, 2.40, 2.86) = \quad (1)$$

$$(4.24, 4.94, 5.64)$$

$$\sum_{j=1}^3 M_{g_2}^j = \quad (2)$$

$$(2.15, 2.60, 3.07) + \dots + (2.35, 2.91, 3.47) =$$

$$(5.50, 6.52, 7.55)$$

$$\sum_{j=1}^3 M_{g_3}^j = \quad (3)$$

$$(2.86, 3.32, 3.81) + \dots + (1, 1, 1) =$$

$$(4.75, 5.36, 6.02)$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 M_{g_i}^3 = (14.50, 16.82, 19.20) \quad (4)$$

جدول (۵): محاسبات مراحل مختلف محاسبه اهمیت ابعاد

میانگین هندسی فازی مقایسات زوجی ابعاد سه گانه			
هدف: اولویت بندی ابعاد	زمان	ایمنی	هزینه
زمان	(۱ ، ۱ ، ۱)	(۱/۲۹ ، ۱/۵۳ ، ۱/۷۷)	(۱/۹۴ ، ۲/۴۰ ، ۲/۸۶)
ایمنی	(۲/۱۵ ، ۲/۶۰ ، ۳/۰۷)	(۱ ، ۱ ، ۱)	(۲/۳۵ ، ۲/۹۱ ، ۳/۴۷)
هزینه	(۲/۸۶ ، ۳/۳۲ ، ۳/۸۱)	(۰/۸۸ ، ۱/۰۳ ، ۱/۲۰)	(۱ ، ۱ ، ۱)
درجه ارجحیت ابعاد مؤثر بر امنیت اطلاعات			
	S_1 (زمان)	S_2 (ایمنی)	S_3 (هزینه)
S_1 (زمان)	۱/۰۰۰	۰/۵۲۱	۰/۸۴۹
S_2 (ایمنی)	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
S_3 (هزینه)	۱/۰۰۰	۰/۶۵۱	۱/۰۰۰
کمینه هر سطر	۰/۵۲۱	۱/۰۰۰	۰/۶۵۱
نرمال شده	۰/۲۴۰	۰/۴۶۱	۰/۳۰۰
	شرح	درجه اهمیت حاصل از AHP	رتبه از لحاظ میزان اهمیت
	ایمنی	۰/۴۶۰	۱
	هزینه	۰/۳۰۰	۲
	زمان	۰/۲۴۰	۳

۳.۴. محاسبه درجه‌اهمیت ریسک‌ها با استفاده از اهمیت

فازی؛

R_X^T : فاکتور تأثیر ریسک X بر هدف T زمان؛

W_T : ارزش وزنی هدف T زمان در پروژه بر اساس تکنیک AHP

فازی؛

R_X^C : فاکتور تأثیر ریسک X بر هدف C هزینه؛

W_C : ارزش وزنی هدف C هزینه در پروژه بر اساس تکنیک AHP

فازی.

ابعاد

با توجه به اوزان اهمیت تعیین‌شده و تأثیرات کمی هر ریسک بر هر یک از اهداف در جدول (۶)، اثر ریسک بر پروژه بر اساس معادله (۱۰) محاسبه می‌شود:

$$R_x = (R_x^S \cdot W_S + R_x^T \cdot W_T + R_x^C \cdot W_C) \quad (10)$$

R_x^S : فاکتور تأثیر ریسک X بر هدف S ایمنی؛

W_S : ارزش وزنی هدف S ایمنی در پروژه بر اساس تکنیک AHP

جدول (۶): محاسبات تأثیرات ریسک‌ها با توجه به اهمیت ابعاد

احتمال وقوع در تأثیرات کمی هر ریسک بر هر یک از اهداف								
شماره ریسک	ایمنی	هزینه	زمان	شماره ریسک	ایمنی	هزینه	زمان	
۱	۰/۱۴۹	۰/۱۷۳	۰/۲۲۵	۳۱	۰/۱۷۷	۰/۲۴۴	۰/۲۸۲	
۲	۰/۱۳۰	۰/۱۸۹	۰/۲۰۷	۳۲	۰/۱۱۸	۰/۲۴۴	۰/۲۳۱	
۳	۰/۱۲۲	۰/۱۲۴	۰/۱۶۱	۳۳	۰/۱۳۱	۰/۱۹۹	۰/۲۱۸	
•	•	•	•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•	•	•	
۲۷	۰/۱۰۶	۰/۱۸۲	۰/۱۹۵	۵۷	۰/۱۲۰	۰/۲۱۸	۰/۲۱۵	
۲۸	۰/۱۱۴	۰/۲۰۲	۰/۲۱۰	۵۸	۰/۱۴۸	۰/۲۳۲	۰/۲۴۰	
۲۹	۰/۱۴۷	۰/۲۳۷	۰/۲۵۵	۵۹	۰/۱۲۳	۰/۱۷۳	۰/۱۸۲	
۳۰	۰/۱۴۵	۰/۱۸۶	۰/۲۱۵					
حاصل ضرب اعداد فوق در ضریب عددی به دست آمده برای هر کدام از شاخص‌ها در تکنیک AHP فازی							↘	
شماره ریسک	ایمنی	هزینه	زمان	شماره ریسک	ایمنی	هزینه	زمان	
۱	۰/۰۶۹	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴	۳۱	۰/۰۸۱	۰/۰۷۳	۰/۰۶۸	
۲	۰/۰۶۰	۰/۰۵۷	۰/۰۵۰	۳۲	۰/۰۵۴	۰/۰۶۷	۰/۰۵۵	
۳	۰/۰۵۶	۰/۰۴۰	۰/۰۳۹	۳۳	۰/۰۶۰	۰/۰۶۰	۰/۰۵۲	
•	•	•	•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•	•	•	
۲۷	۰/۰۴۹	۰/۰۵۵	۰/۰۴۷	۵۷	۰/۰۵۵	۰/۰۶۵	۰/۰۵۲	
۲۸	۰/۰۵۳	۰/۰۶۱	۰/۰۵۱	۵۸	۰/۰۶۸	۰/۰۷۰	۰/۰۵۸	
۲۹	۰/۰۶۸	۰/۰۷۱	۰/۰۶۱	۵۹	۰/۰۵۶	۰/۰۵۲	۰/۰۴۴	
۳۰	۰/۰۶۷	۰/۰۵۶	۰/۰۵۲					

که در واقع می‌توانند ریسک‌های بحرانی باشند در جدول (۸) نشان داده شده است.

در این راستا در مطالعه حاضر نیز از تکنیک AHP فازی به منظور رتبه‌بندی اهداف پروژه استفاده شد. نتایج نهایی حاصل از این رتبه‌بندی در جدول (۷) آمده و نتایج رتبه‌بندی برای ۲۰ ریسک اول،

جدول (۷): رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها بر اساس تکنیک FAHP

رتبه‌بندی	شماره ریسک	FAHP	رتبه‌بندی	شماره ریسک	FAHP
۳۱	۳۴	۰/۱۶۸	۱	۵۰	۰/۲۴۰
۳۲	۲	۰/۱۶۶	۲	۲۴	۰/۲۳۹
۳۳	۲۸	۰/۱۶۴	۳	۳۱	۰/۲۳۲
۳۴	۷	۰/۱۶۲	۴	۲۰	۰/۲۲۰
۳۵	۵۲	۰/۱۶۱	۵	۲۳	۰/۲۰۰
۳۶	۳۸	۰/۱۶۱	۶	۲۹	۰/۲۰۰
۳۷	۲۶	۰/۱۶۰	۷	۹	۰/۱۹۹
۳۸	۱۷	۰/۱۶۰	۸	۵۸	۰/۱۹۵
۳۹	۴۴	۰/۱۵۶	۹	۱۸	۰/۱۹۴
۴۰	۳۵	۰/۱۵۴	۱۰	۲۱	۰/۱۹۴
۴۱	۱۰	۰/۱۵۳	۱۱	۱۹	۰/۱۹۱
۴۲	۵۹	۰/۱۵۲	۱۲	۳۷	۰/۱۹۰
۴۳	۲۷	۰/۱۵۰	۱۳	۵۶	۰/۱۸۷
۴۴	۵۵	۰/۱۴۴	۱۴	۴۲	۰/۱۸۵
۴۵	۴۰	۰/۱۴۳	۱۵	۴	۰/۱۸۳
۴۶	۱۶	۰/۱۳۹	۱۶	۸	۰/۱۸۱
۴۷	۵۳	۰/۱۳۸	۱۷	۳۲	۰/۱۷۷
۴۸	۴۶	۰/۱۳۸	۱۸	۴۸	۰/۱۷۵
۴۹	۳	۰/۱۳۵	۱۹	۱	۰/۱۷۵
۵۰	۲۲	۰/۱۳۳	۲۰	۳۰	۰/۱۷۴
۵۱	۴۹	۰/۱۳۱	۲۱	۳۹	۰/۱۷۴
۵۲	۵	۰/۱۳۰	۲۲	۳۳	۰/۱۷۲
۵۳	۱۵	۰/۱۲۸	۲۳	۵۷	۰/۱۷۲
۵۴	۲۵	۰/۱۲۶	۲۴	۴۳	۰/۱۷۱
۵۵	۴۷	۰/۱۲۳	۲۵	۵۴	۰/۱۷۱
۵۶	۱۱	۰/۱۲۳	۲۶	۴۱	۰/۱۷۰
۵۷	۱۳	۰/۱۲۲	۲۷	۱۴	۰/۱۶۹
۵۸	۱۲	۰/۱۰۴	۲۸	۴۵	۰/۱۶۹
۵۹	۶	۰/۰۸۵	۲۹	۳۶	۰/۱۶۹
			۳۰	۵۱	۰/۱۶۸

جدول (۸): رتبه‌بندی ۲۰ ریسک اول بر اساس تکنیک AHP فازی

رتبه‌بندی	شماره ریسک	شرح ریسک
۱	۵۰	فشارهای سیاسی و خارج از سازمان بر روند اجرای پروژه (T)
۲	۲۴	نبود منابع مالی مناسب، تجربه کم پیمانکار (W)
۳	۳۱	عدم همکاری و هماهنگی اعضای تیم با یکدیگر (W)
۴	۲۰	عدم پیش‌بینی منابع مالی متناسب با پروژه تعهد شده (W)
۵	۲۳	عدم استفاده از تجهیزات و ابزارهای مکانیزه در هنگام اجرای پروژه (W)
۶	۲۹	عدم آشنایی ناظرین پروژه به قوانین و مقررات پیمان (W)
۷	۹	اعمال مقررات میداین مشترک در این پروژه و برآورد مناسب اولیه مالی (S)
۸	۵۸	مشکلات ناشی از تغییر در طراحی و اجرای پروژه (T)
۹	۱۸	عدم دسترسی به پیمانکاران قوی و زبده (W)
۱۰	۲۱	ضعف دستگاه نظارت در کنترل و اجرای استانداردهای مربوط در همه مراحل اجرای پروژه (W)
۱۱	۱۹	عدم تأمین بموقع کالاهای خارجی پروژه (W)
۱۲	۳۷	اجرای بخش‌های مختلف پروژه به صورت همزمان (O)
۱۳	۵۶	نبود ثبات اقتصادی و نوسان شدید قیمتی بازار (T)
۱۴	۴۲	امکان جابه‌جایی زمان بندی بخش‌های مختلف پروژه (O)
۱۵	۴	طراحی مناسب و واضح اجزای پروژه (S)
۱۶	۸	نزدیکی و مجاورت پروژه به یکی از شهرهای مرزی (S)
۱۷	۳۲	مشکلات رفاهی پرسنل پیمانکار به دلیل دور بودن از نقاط شهری (W)
۱۸	۴۸	عدم پذیرش فرهنگی پیمانکاران غیر بومی (T)
۱۹	۱	بارندگی حداقل و شرایط جوی مناسب (S)
۲۰	۳۰	کمبود زمان مناسب برای پروژه (W)

جدول (۹): پیشنهادات کاربردی به منظور مدیریت ریسک‌های بحرانی

شرح ریسک	پیشنهادات کاربردی به منظور مقابله با ریسک
فشارهای سیاسی و خارج از سازمان بر روند اجرای پروژه (T)	ایجاد کنال‌های ارتباطی با مراکز قدرت ملی و بومی جهت تسهیل و کاهش فشار بر روند اجرای پروژه و به‌کارگیری مدیران بومی
نبود منابع مالی مناسب، تجربه کم پیمانکار (W)	استفاده از تسهیلات بانکی و منابع مالی پیمانکار به‌صورت اعتبارات اسنادی
عدم همکاری و هماهنگی اعضای تیم با یکدیگر (W)	برگزاری جلسات هماهنگی و شفاف نمودن سیستم گزارش‌دهی و پاسخگویی
عدم پیش‌بینی منابع مالی متناسب با پروژه تعهد شده (W)	تعریف پروژه‌های اجرایی در طول سال متناسب با منابع مالی و عدم تعریف گسترده پروژه‌ها در یک مقطع زمانی مشخص از سال
عدم استفاده از تجهیزات و ابزارهای مکانیزه در هنگام اجرای پروژه (W)	ایجاد اولویت در انتخاب پیمانکار در استفاده از تجهیزات و ابزارهای مکانیزه
عدم آشنایی ناظرین پروژه به قوانین و مقررات پیمان (W)	آموزش ناظرین در استفاده از قوانین و مقررات
اعمال مقررات میادین مشترک در این پروژه و برآورد مناسب اولیة مالی (S)	انتخاب پیمانکاران قوی و زبده با توان مالی خوب
مشکلات ناشی از تغییر در طراحی و اجرای پروژه (T)	انجام مطالعه تحلیلی و استفاده از مشاوران زبده در بخش طراحی
عدم دسترسی به پیمانکاران قوی و زبده (W)	تعیین معیارهای حداقلی برای پرسنل پیمانکار و توان اجرایی و مالی
ضعف دستگاه نظارت در کنترل و اجرای استانداردهای مربوطه در همه مراحل اجرای پروژه (W)	استفاده از ناظران و مشاوران متخصص با حقوق متناسب در بخش‌های تخصصی
عدم تأمین بموقع کالاهای خارجی پروژه (W)	برنامه‌ریزی دقیق و عقد قرارداد پس از تأمین و یا اقدام به تأمین کالای خارجی پروژه
اجرای بخش‌های مختلف پروژه به‌صورت همزمان (O)	ایجاد انگیزه و مشوق پاداش با توجه به عملکرد و پیشرفت سریع پیمانکار
نبود ثبات اقتصادی و نوسان شدید قیمتی بازار (T)	گنجانده شدن تعدیل و اضافه‌کاری به‌منظور جبران خسارات پیمانکار
امکان جابه‌جایی زمان‌بندی بخش‌های مختلف پروژه (O)	گنجاندن تغییر و جابه‌جایی بخش‌های اجرایی مختلف پروژه و لحاظ نمودن مزایا جهت ترغیب پیمانکار
طراحی مناسب و واضح اجزای پروژه (S)	تسریع در اجرای پروژه و کاهش هزینه اجرایی آن با استفاده از پیمانکاران زبده
نزدیکی و مجاورت پروژه به یکی از شهرهای مرزی (S)	استفاده از امکانات تجهیزاتی و نیروی انسانی ارزان قیمت در جهت اجرای پروژه
مشکلات رفاهی پرسنل پیمانکار به‌دلیل دور بودن از نقاط شهری (W)	گنجاندن و لحاظ نمودن حداقل امکانات رفاهی در کمپ‌های پیمانکار در کتابچه پیمان
عدم پذیرش فرهنگی پیمانکاران غیر بومی (T)	برگزاری جلسات هماهنگی در مراکز دولتی منطقه و ایجاد پروژه‌های عام المنفعه در کنار پروژه صنعتی
بارندگی حداقل و شرایط جوی مناسب (S)	سرعت بخشیدن به اجرای پروژه با اجرای همزمان بخش‌های مختلف پروژه
کمبود زمان مناسب برای پروژه (W)	زمان‌بندی پروژه و اجرای بخش‌های مختلف آن به‌صورت همزمان و استفاده از پیمانکاران متعدد

منطق فازی ارزیابی و اولویت‌بندی گردیدند. در انتها این روش با روش قدیمی و ساده (احتمال* اثر)^۱ مقایسه شد، که ملاحظه کردیم نتیجه‌ای متفاوت رقم می‌خورد، چه بسا که این تفاوت‌ها باعث تغییر در تصمیم‌گیری‌های مهمی در پروژه شود. در پرسش‌نامه SWOT علاوه بر شناسایی و دسته‌بندی ریسک‌ها در چهار دسته فرصت‌ها، تهدیدها، نقاط قوت و نقاط ضعف، توسط خبرگان فعال در پروژه، از نمونه آماری خواسته شده است تا به ریسک‌های شناسایی شده در طیف لیکرت بر اساس اهمیت نمره‌دهی کنند. بعد از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، نمره‌های اهمیت ریسک‌ها بر اساس روش‌های آماری تحلیل و روایی^۲ پرسش‌نامه نیز سنجیده شد. ۵۹ ریسک (۱۳ نقطه قوت، ۱۹ نقطه ضعف، ۱۳ تهدید و ۱۴ فرصت) توسط ۹ نفر از مدیران و کارشناسان ارشد پروژه به‌عنوان خبرگان آشنا به فرایند پروژه

برای مشخص کردن دسته‌بندی مربوط به هر ریسک از علامت اختصاری در جلوی شرح ریسک استفاده شده است. بدین صورت که برای تهدیدها (T)، برای فرصت‌ها (O)، برای نقاط ضعف (W) و نهایتاً برای نقاط قوت از علامت (S) استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که از بین ۲۰ ریسک اول ۱۰ ریسک مربوط به نقاط ضعف، ۴ ریسک مربوط به تهدیدات، ۵ ریسک مربوط به عدم استفاده از نقاط قوت و ۲ ریسک مربوط به استفاده نکردن از فرصت‌های محیطی است. در جدول (۹)، پیشنهادات کاربردی به مدیریت آمده است.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

تکنیک AHP فازی با قابلیت تعامل بسیار خوب با داده‌های مبهم، روشی مناسب برای ارزیابی ریسک‌ها است. در این پژوهش با معرفی مدلی جدید بر اساس تکنیک AHP فازی، ریسک‌های یک پروژه واقعی شناسایی، طبقه‌بندی و کدگذاری شدند و سپس با روش نوین

1. Probability * Effect
2. Validity

مدیران را به آمار و اعداد قابل استفاده به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت ریسک تبدیل کند. در واقع در اینجا با یک مسئله تصمیم‌گیری روبه‌رو هستیم. تکنیک AHP فازی می‌تواند به بهترین شکل تصمیمات ذهنی مدیران را استخراج و به اعداد قابل استفاده تبدیل کند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، پیشنهادات کاربردی برای مدیریت ریسک‌های بحرانی نیز احصا شد. توصیه می‌شود که در تحقیقات آتی از سایر تکنیک‌های رتبه‌بندی استفاده شود. همچنین استفاده از اعداد D، نیز به‌جای اعداد فازی مثلثی^۱ توصیه می‌شود.

شناسایی شد. در ادامه، احتمال وقوع هر یک از ریسک‌های شناسایی شده و میزان تأثیر آن‌ها بر هر یک از اهداف سه‌گانه زمان، هزینه و ایمنی مورد بررسی قرار گرفت. در واقع می‌توان ریسک X در پروژه را ریسکی بحرانی دانست. وقتی باعث افزایش زمان پروژه می‌شود، هزینه‌های پروژه را افزایش می‌دهد و ایمنی پروژه را با مخاطره مواجه می‌سازد. تمام اطلاعات مربوط به ریسک‌های پروژه اعم از احتمال وقوع و یا میزان تأثیر بر اهداف پروژه مورد مطالعه به نوعی مستخرج از ذهن مدیران و کارشناسان پروژه است، بنابراین باید روشی را ایجاد کرد که به بهترین شکل بتواند نتیجه‌گیری‌های ذهنی

مراجع

- [1] Alad posh, H., "Knowledge of Standard Project Management", Fifth Edition, Tehran: Publications Hamai, 2007.
- [2] Jaball amevalai, S., "Project Management and Development. Iran University of Science and Technology", 2009.
- [3] Arrow, J., "Knowledge-based Proactive Project Risk Management, AACE International Transactions", 2008.
- [4] Dikmen, Birgonul M.T., Anac c., Tah J.H.M, Aouad G., "Learning From Risk: A Tool for Post- Project Risk Assessment", Journal of Automation In Construction, Vol. 18, No. 1, pp. 42-50, 2008.
- [5] Razaai Falahaie, M., Aolai Por, M., Abasai Dazfolai, "A Analysis of Project Risks Using Fuzzy Logic in the Case Study Projects, Plant Operation and Oil Desalination", Ninth International Congress on Civil Engineering, Isfahan University of Technology, pp. 19-21, 2012.
- [6] Tavakolai Daranai, MR., "Conceptual Model of Integrated Risk and Value in the Conceptual Design Phase of the Project Life Cycle", MA Thesis, University of Imam Hussain (AS), Department of Industrial Engineering, Tehran, 2008.
- [7] Browning, T.R., "Managing Complex Project Process Models with a Process Architecture Framework", International Journal of Project Management, Vol. 32, pp.229-241, 2014.
- [8] Vidal, L.A., Marle, F., Bocquet, J.C., "Measuring Project Complexity Using the Analytic Hierarchy Process", International Journal of Project Management, Vol. 29, No. 6, pp. 718-727, 2011a.
- [9] Taylan, O., Kabli, M.R., Saeedpoor, M., Vafadarnikjoo, A., "Construction Projects Selection and Risk Assessment by Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methodologies", Applied Soft Computing, Vol. 36, pp. 419-421, 2015.
- [10] Fan, G., Zhong, D., Yan, F., Yue, PA., "Hybrid Fuzzy Evaluation Method for Curating Routing Efficiency Assessment Based on an AHP Method Extended by D Numbers", Expert Systems with Applications, Vol. 44, pp. 289-303, 2016.
- [11] Deng, X., Hu, Y., Deng, Y., & Mahadevan, S., "Supplier Selection Using AHP Methodology Extended by D Numbers", Expert Systems with Applications, Vol. 41, No. 1, pp. 156-167, 2014a.
- Igoulalene, I., Benyoucef, L., & Tiwari, M.K., "Novel Fuzzy Hybrid Multi-Criteria Group Decision Making Approaches for the Strategic Supplier Selection problem", Expert Systems with Applications, Vol. 42, pp. 3342-3356, 2015.
- [12] Wang, J.S., Li, M.C., Liu, Y.X., Zhang, H.X., Zou, W., & Cheng, L., "Safety Assessment of Shipping Routes in the South China Sea Based on the Fuzzy Analytic Hierarchy Process", Safety Science, Vol. 62, pp. 46-57, 2014.
- [13] Ozkoka, M., & Cebi, S., "A Fuzzy Based Assessment Method for Comparison of Ship Launching Methods", Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, Vol. 26, pp. 781-791, 2014.
- [14] Su, X., Mahadevan, S., Xu, P., & Deng, Y., "Dependence Assessment in Human Reliability Analysis Using Evidence Theory and AHP", Risk Analysis, Vol. 35, No. 7, pp. 1296-1316, 2015.
- [15] Zadhesh, J., Rastegar, F., Sharifi, F., Amini, H., & Nasirabad, H.M., "Consolidation Grouting Quality Assessment Using Artificial Neural Network (ANN)", Indian Geotechnical Journal, Vol. 45, No. 2, pp. 136-144, 2014.
- [16] Bai, C., Dhavale, D., & Sarkis, J., "Integrating Fuzzy C-Means and TOPSIS for Performance Evaluation: An application and comparative analysis", Expert Systems with Applications, Vol. 41, No. 9, pp. 4186-4196, 2014.
- [17] Compare, M., & Zio, E., "Genetic Algorithms in the Framework of Dempster-Shafer Theory of Evidence for Maintenance Optimization Problems", IEEE Transactions on Reliability, Vol. 64, No. 1, pp. 645-660, 2015.
- [18] Jozai, SA, Iran khahai, M., "Environmental Risk Assessment of Gas Pipelines Fusion Technique AHP", Environmental Studies, Vol. 53, pp. 107-120, 2010.
- [19] Zeng J., Smith N.J., "Application of Fuzzy Based Decision Making Methodology to Construction Project Risk Assessment", International Journal of Project Management, Vol. 25, pp. 589-600, 2007.
- [20] Karamai Rad, A., Abraham Nazhad, S., "Model for Assessing Project Risk Fuzzy Measures (Case Study dams Asalooye)", Fourth International Conference on Project Management, 2008.
- [21] Saaty, T. L., "Fundamentals of the Analytic Network Process - Dependence and Feedback in Decision-Making with a Single Network", Journal of Systems Science and Systems Engineering, Vol. 13, No. 2, pp. 129-157, 2004.
- [22] Arsic, S., Nikolic, D., Zivkovic, Z., "Hybrid SWOT - ANP - FANP Model for Mrioritization Strategies of Sustainable Development of Ecotourism in National Park Djerdap, Serbia", Forest Policy and Economics, Vol. 13, pp. 11-26, 2017.

- [23] Zhu, K., Zhao, S.Y., Yang, S., Liang, C., GU, D., "Where is the Way for Rare Earth Industry of China: an Analysis via ANP- SWOT Approach", Resources Policy, Vol. 49, pp. 349-357, 2016.
- [24] Shahba, S., Arjmandi, R., Monavarib, M., Ghodusi, J., "Application of Multi-Attribute Decision-Making Methods in SWOT Analysis of Mine Waste Management (Case Study: Sirjan's Golgohar Iron Mine, Iran)", Resources Policy, Vol. 51, pp. 67-76, 2017.