Industrial Management Perspective

Print ISSN: 2251-9874, Online ISSN: 2645-4165
Volume 12, Serial Number 46, Summer 2022, Pages 135-173 (Original Article)
DOI: 10.52547/JIMP.12.2.135

Upstream Oil Process Plants Turnaround Projects Risk Evaluation Using a Hybrid Fuzzy MADM Method

Mohammad Reza Moniri[*], Akbar Alem-Tabriz[**], Ashkan Ayough[***]

Abstract

Process plants turnaround maintenance projects in upstream oil industry, which includes many capital-intensive installations and equipments, are very important. Accurate risk identification and evaluation of such project's risks is an important step to significant decrease in financial, human and environmental damages of them. A new framework for such projects risk asessment is presented in this article. According to this framework, risks were identified according to expert's judgment, using interviews and brain storming at first. Then, using fuzzy Delphi method, ten risks have been chosen as most important risks and then, analyzed using a hybrid fuzzy SWARA and EDAS method based on traoezodial fuzzy numbers. According to research findings, on time financial providence from project owner with an appraisal score of 0.83 ranked the highest and equipment failure during operations with an appraisal score of 0.04 ranked the lowest among the oil upstream process plants turnaround project's risks.

Keywords: Project Risk Management; Oil Upstream Industry; Turnaround; Fuzzy Multiple Attribute Decision Making; Process Industries.

Received: Feb. 06, 2021; Accepted: Sep. 20, 2021.

* Ph.D Candidate, Shahid Beheshti University.
** Professor, Shahid Beheshti University (Corresponding Author).
a-tabriz@sbu.ac.ir
*** Assistant Professor, Shahid Beheshti University.

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

شاپای چاپی: ۹۸۷۴-۲۲۵۱، شاپای الکترونیکی: ۴۱۶۵-۲۶۴۵

سال دوازدهم، شماره ۴۶، تابستان ۱۴۰۱، ص‌ص ۱۳۵ – ۱۷۳ (**نوع مقاله: پژوهشی**)

DOI: 10.52547/JIMP.12.2.135

ارزیابی ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی در صنایع فرایندی بالادستی نفت با استفاده از یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی ترکیبی

محمدرضا منیری*، اکبر عالم تبریز، اشکان عیوق*****

چکیده

اجرای صحیح پروژه‌های تعمیرات اساسی کارخانه‌های فرایندی در صنایع بالادستی نفت که شامل تجهیزات و تأسیسات سرمایه‌بر بسیاری هستند، از اهمیت بالایی برخوردار است. شناسایی و ارزیابی صحیح ریسک‌های این نوع پروژه‌ها، گامی مهم در جهت کاهش چشمگیر خسارات مالی، انسانی و زیست‌محیطی آن‌ها محسوب می‌شود. در این پژوهش، چارچوبی جدید برای ارزیابی انواع ریسک‌های این نوع از پروژه‌ها ارائه شده است. بر این اساس ابتدا با استفاده از نظر خبرگان، ریسک‌های این نوع پروژه‌ها با استفاده از روش مصاحبه و طوفان فکری شناسایی شد. ۱۰ مورد از این ریسک‌ها با استفاده از روش دلفی فازی به‌عنوان مهم‌ترین موارد انتخاب شده و با روش ترکیبی SWARA و EDAS فازی مبتنی بر اعداد فازی ذوزنقه‌ای موردارزیابی قرار گرفت. بر اساس یافته‌های پژوهش، از منظر خبرگان ریسک تأمین مالی به‌موقع از سوی کارفرما، با امتیاز ارزیابی ۰/۸۳ دارای بالاترین رتبه در میان ریسک‌ها است و ریسک شکست و نقص تجهیزات در حین عملیات، با امتیاز ارزیابی ۰/۰۴، پایین‌ترین رتبه را در میان ریسک‌های پروژه‌های تعمیرات اساسی صنایع فرایندی بالادستی نفت دارا است.

کلیدواژه‌ها: مدیریت ریسک پروژه؛ صنایع بالادستی نفت؛ تعمیرات اساسی؛ تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی؛ صنایع فرایندی.

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۱۲، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷.

* دانشجوی دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.

** استاد، دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول).

Email: a-tabriz@sbu.ac.ir

*** استادیار، دانشگاه شهید بهشتی.

۱. مقدمه

صنایع بالادستی[1] نفت شامل اکتشاف، حفاری و بهره‌برداری از منابع نفت خام و گاز طبیعی است. این صنایع از جمله صنایع مادر محسوب می‌شوند و علاوه بر صادرات، سایر صنایع پایین‌دستی نفت از جمله پالایش و پتروشیمی از نظر تأمین مواد اولیه و خوراک خود به این صنایع بالادستی وابسته هستند؛ ازاین‌رو سرمایه‌گذاری زیادی در پروژه‌های این حوزه صورت می‌گیرد؛ به‌طوری‌که در بیست سال آینده بیش از ۴۵۰ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری در صنعت نفت و گاز کشور موردنیاز است که بخش زیادی از آن به حوزه بالادستی اختصاص دارد. نفت خام یا گاز طبیعی استخراج‌شده از مخزن به‌ندرت کیفیت مناسب برای مصرف یا صادرات را دارد و در بیشتر موارد ترکیبی از نفت، گاز، آب و مقادیر اندکی از سایر مواد نامطلوب است که باید جداسازی و خالص‌سازی شوند؛ همچنین مشخصات محصول استخراج‌شده در دوره عمر مخزن دست‌خوش تغییرات می‌شود؛ درحالی‌که مشخصات محصول مصرفی یا صادراتی معمولاً باید ثابت باشد. بنابراین تأسیسات فرآوری نفت خام و گاز طبیعی در بخش بالادستی نفت به‌منظور دستیابی به محصولی با مشخصات مطلوب ایجاد می‌شوند. فرایندی که نفت خام یا گاز طبیعی به‌دست‌آمده از تجهیزات سر چاهی باید طی کند تا به مشخصات مطلوب برای مصرف در صنایع پایین‌دستی یا صادرات برسد شامل جداسازی گاز از مایع، جداسازی مایع از مایع، رطوبت‌زدایی، نمک‌زدایی، خشک‌کردن گاز، تسویه آب حاصله و غیره است [۳۴].

در صنایع بالادستی نفت از انواع تجهیزات و تأسیسات سرمایه‌بر و گران‌قیمت استفاده می‌شود که نیازمند مدیریت کارآمد نگهداری و تعمیرات هستند. ازآنجاکه بخشی از این تجهیزات و تأسیسات در کشور ایران دارای عمر کارکرد بالا هستند و سال‌ها موردبهره‌برداری قرار گرفته‌اند، تعمیرات اساسی نقشی حیاتی در عملکرد آن‌ها و درنتیجه حفظ ظرفیت تولید دارد و سبب پایداری تولید می‌شود. تعمیرات اساسی در صنایع فرایندی مانند نفت و گاز، به‌دلیل پیچیدگی آن‌ها ماهیت تکراری[2] ندارد و هر بار به‌صورت یک پروژه جدید تعریف می‌شود [۹]. ازآنجاکه تعمیر اساسی یک رویداد چشمگیر تعمیراتی و مهندسی است، بین اجرای موفق آن و سودآوری سازمان رابطه تنگاتنگی وجود دارد [۴۶]. به‌دلیل ماهیت پیچیده و غیرقطعی فعالیت‌های تعمیرات اساسی، ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی قابل‌توجه است و به‌کارگیری فرایند مدیریت ریسک پروژه را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. ازآنجاکه مدیریت مؤثر ریسک به انجام تحلیل درست ریسک متکی است، پژوهش حاضر درصدد ارائه چارچوبی مناسب برای تحلیل ریسک در پروژه‌های تعمیرات اساسی است.

1. Up Stream
2. Routine

اهمیت و ضرورت پژوهش پیش رو از آن نظر است که انجام به هنگام پروژه‌های تعمیرات اساسی تأسیسات در صنایع بالادستی نفت در جلوگیری از ایجاد وقفه در تولید نفت خام و هدررفتن منابع ضرورت دارد؛ بنابراین مدیریت ریسک پروژه در حوزه پروژه‌های تعمیرات اساسی در صنایع بالادستی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و شناسایی و اولویت‌بندی صحیح ریسک‌های این پروژه‌ها، گامی مهم در جهت کاهش چشمگیر خسارات مالی، انسانی و زیست‌محیطی آن‌ها است.

امروزه مدیریت ریسک برای انجام موفقیت‌آمیز پروژه به موضوعی معمول و پرکاربرد بدل شده است. مدیریت ریسک وظیفه‌ای کلیدی برای سازمان‌های پروژه‌محور محسوب می‌شود [۷۶]. شناسایی و اولویت‌بندی انواع ریسک‌های پروژه به‌عنوان بخشی از فرایند مدیریت ریسک برای مدیریت مؤثر پروژه، حائز اهمیت است و در صورت عدم شناسایی و تحلیل صحیح ریسک‌ها، مدیریت ریسک مؤثر امکان‌پذیر نخواهد بود [۸۴]. اگرچه تاکنون پژوهش‌های زیادی در زمینه مدیریت ریسک در انواع مختلف پروژه‌ها از جمله پروژه‌های ساخت، پروژه‌های توسعه نرم‌افزار، پروژه‌های توسعه محصول جدید و غیره صورت گرفته است، اما پژوهش‌های اندکی در زمینه مدیریت و ارزیابی ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی به چشم می‌خورد. با وجود آنکه پروژه‌های تعمیرات اساسی در صنایع فرایندی، مانند نفت و گاز، دارای پیچیدگی و گستردگی بالایی هستند، پژوهش‌های موجود نیز کمتر از منظر مدیریت پروژه به مدیریت ریسک در این پروژه‌ها پرداخته‌اند. پژوهش پیش رو تلاشی در جهت پرکردن شکاف پژوهشی در این زمینه است.

ازآنجاکه در تحلیل ریسک‌ها از نظرهای خبرگان در قالب متغیرهای زبانی استفاده می‌شود و این نظرها اغلب ماهیت غیردقیق و مبهم دارند، در مبانی نظری تصمیم‌گیری، روش‌های چندشاخصه فازی در این‌گونه موارد به‌عنوان یکی از ابزارهای کارا پیشنهاد شده است [۱۷، ۸۴]؛ بنابراین در این پژوهش روش ترکیبی دلفی فازی، SWARA فازی و EDAS فازی برای تحلیل و رتبه‌بندی ریسک‌ها به‌کار رفته است تا صحت تحلیل نسبت به روش‌های غیرفازی افزایش یابد.

با توجه به مطالب بالا، پژوهش حاضر به‌منظور شناسایی و تحلیل ریسک‌های مهم در پروژه‌های تعمیراتی صنایع بالادستی نفت از نگاه پیمانکاران صورت گرفته است تا بتوان زمینه را برای مدیریت هرچه‌بهتر ریسک در این نوع پروژه‌ها فراهم کرده و با اتخاذ اقدامات مقتضی از خسارات و تاخیرات احتمالی در این‌گونه پروژه‌ها جلوگیری کرد تا از اتلاف سرمایه‌های کشور در این حوزه جلوگیری شود.

در ادامه مقاله، در بخش دوم، مبانی نظری و پیشینه پژوهش مرور می‌شود. در بخش سوم به روش‌شناسی پژوهش پرداخته خواهد شد و چارچوب پیشنهادی پژوهش ارائه می‌شود. در

بخش چهارم یافته‌های حاصل از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها موردبحث قرار می‌گیرند. درنهایت بخش پنجم به نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی اختصاص دارد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ریسک در پروژه‌های تعمیرات اساسی. در صنعت نگهداری و تعمیرات در داخل کشور از واژه «تعمیرات اساسی» به‌صورت عام و برای اشاره به موارد مختلفی استفاده می‌شود؛ درصورتی‌که در زبان انگلیسی برای آن‌ها واژه‌های جداگانه‌ای وجود دارد. در این مقاله تعمیرات اساسی معادل واژه «Turnaround» در نظر گرفته شده است. تعمیرات اساسی[1]، پروژه‌ای است که در سطح کارخانه انجام می‌شود و بخش‌های متعددی از جمله توقف کارخانه، تعمیرات کلی[2] تجهیزات و راه‌اندازی مجدد کارخانه را دربرمی‌گیرد. در تعمیرات اساسی کارخانه، پروژه یا پروژه‌هایی برای بهبود کارخانه‌های فرسوده یا آسیب‌دیده تعریف می‌شود و سپس گروهی از افراد به‌صورت فوری فعالیت‌هایی مشخص را بر روی تجهیزات انجام می‌دهند تا قابلیت اطمینان کارخانه را افزایش دهند [۴۶]. تعمیر اساسی در صنایع فرایندی نظیر صنایع نفت و گاز یا صنایع شیمیایی، یک پروژه پیچیده نوسازی دارایی‌ها است که شامل بازرسی، تعمیر، به‌روزکردن یا تعمیرات کامل در یک کارخانه فرایندی می‌شود [۶۴]. یک تفاوت مهم بین پروژه‌های تعمیرات اساسی با سایر انواع پروژه‌ها وجود دارد. برنامه‌ریزی اغلب پروژه‌ها، از جمله پروژه‌های ساخت عمدتاً به‌صورت بالا به پایین[3] صورت می‌گیرد؛ درحالی‌که پروژه‌های تعمیرات اساسی معمولاً به‌صورت پایین به بالا برنامه‌ریزی می‌شود؛ به‌این‌ترتیب که ابتدا با توجه به نیاز کارخانه، فهرستی از فعالیت‌های تعمیراتی لازم به‌صورت طبقه‌بندی‌نشده و از منابع مختلف تهیه شده و سپس بسته‌های کاری و روابط بین فعالیت‌ها فراهم آمده و در قالب زمان‌بندی پروژه یکپارچه می‌شوند [۴۶]. انجام تعمیرات اساسی در قالب پروژه‌هایی با لحاظ‌کردن ملاحظات مدیریت پروژه، تنها راه اطمینان از یکپارچگی و حفظ بقا و پایداری دارایی‌های فیزیکی به‌کاررفته در صنایع فرایندی، از جمله در صنایع نفت و گاز است [۲۷]. هزینه، مدت‌زمان و استراتژی اجرای پروژه‌های تعمیرات اساسی بستگی زیادی به محدوده کار[4] پروژه دارد؛ بنابراین تعیین محدوده بهینه برای موفقیت پروژه‌های تعمیرات اساسی از اهمیت حیاتی برخوردار است. محدوده پروژه‌های تعمیرات اساسی به‌منظور دسترسی بیشتر به منابع و حصول اطمینان از ایمنی و قابلیت اطمینان کارخانه در صنایع فرایندی به‌شدت از تحلیل ریسک تأثیر می‌پذیرد؛ همچنین تاکنون

1. Turnaround
2. Overhaul
3. Top Down
4. Scope of work

دستورالعمل‌های زیادی برای تعریف محدوده کار بر اساس ریسک و مسائل ایمنی نیروی انسانی توسعه داده شده‌اند [۳].

تحلیل ریسک در نقاط تصمیم[1] مختلف، شامل مشکلات و فرصت‌ها در پروژه‌های نگهداری و تعمیرات، به‌منظور پشتیبانی از تصمیم‌گیری در این زمینه به‌کار می‌رود. از جمله در انتخاب و اولویت‌بندی فعالیت‌های نگهداری، انتخاب راهبردهای جایگزین، برون‌سپاری فعالیت‌های نگهداری و مانند آن‌ها [۴۲]. برای مثال، در نگهداری مبتنی بر ریسک[2]، برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات بر اساس تحلیل ریسک صورت می‌گیرد. در این روش فعالیت‌های بازرسی و نگهداری بر اساس ریسک‌های کمّی شده منتج از شکست تجهیزات اولویت‌بندی می‌شوند؛ به‌طوری‌که ریسک کل سیستم کمینه شود [۵۷، ۵].

باید در نظر داشت که در این نوع از تحلیل ریسک که در نگهداری مبتنی بر ریسک انجام می‌شود، تمرکز بر تحلیل و مدیریت ریسک سیستم است که با منظر مدیریت ریسک پروژه متفاوت است. مدیریت ریسک پروژه بر مدیریت و تحلیل ریسک‌هایی که اهداف پروژه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، متمرکز است. ازآنجاکه پروژه‌های تعمیرات اساسی در صنایع فرایندی، پروژه‌های گسترده مهندسی محسوب می‌شوند، رویکرد و الزامات مدیریت پروژه باید در برنامه‌ریزی و اجرای آن‌ها لحاظ شود. در تأیید این ادعا، هی[3] (۲۰۱۹)، رویکرد مدیریت پروژه (از جمله مدیریت ریسک پروژه به‌عنوان یکی از بخش‌های کلیدی) را در مدیریت پروژه‌های تعمیرات اساسی در صنایع فرایندی نفت و گاز مطرح کرده است. وی در این کتاب مدیریت پروژه‌های تعمیرات اساسی را بر اساس استاندارد بدنه دانش مدیریت پروژه صورت‌بندی کرده است [۲۷].

با وجود اینکه مدیریت ریسک یکی از مهم‌ترین فرایندهای مدیریت پروژه محسوب می‌شود [۷۵] و پژوهش‌های زیادی در حوزه مدیریت ریسک در انواع پروژه‌ها از جمله پروژه‌های ساخت، پروژه‌های توسعه نرم‌افزار، پروژه‌های توسعه محصول جدید و غیره صورت گرفته است، اما پژوهش‌های اندکی در زمینه مدیریت ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی به چشم می‌خورد و شکاف پژوهشی در این زمینه مشهود است.

مدیریت ریسک پروژه. امروزه مدیریت ریسک جزئی جدایی‌ناپذیر از مدیدیت پروژه محسوب می‌شود [۷۵]. مدیریت ریسک یک فرایند کلیدی در مدیریت پروژه است و بیشتر مدیران پروژه می‌دانند که مدیریت ریسک برای مدیریت کارآمد پروژه ضروری است [۸۴]. مدیریت ریسک تنها

1. Decision points
2. Risk-based Maintenance
3. Hey

شامل چگونگی پاسخ به ریسک‌ها نیست؛ بلکه گروه پروژه را برای وقوع ریسک‌های غیرمنتظره آماده می‌کند [۶۰]. یکی از مشکل‌ترین فعالیت‌های مدیریت ریسک تعیین این است که ریسک‌های پروژه کدام‌اند و چگونه باید اولویت‌بندی شوند [۱۵].

مدیریت پروژه در دستیابی به اهداف ازپیش‌تعیین‌شده پروژه، با تهدیدها و فرصت‌هایی در رابطه با سه عنصر کلیدی پروژه، یعنی زمان، کیفیت و هزینه، معروف به مثلث آهنین[1] پروژه مواجه است [۲، ۶]. ریشه‌این تهدیدها و فرصت‌ها را می‌توان در مجموعه‌ای از شرایط غیرقطعی یا عدم‌اطمینان جست‌وجو کرد که دارای منشأهای مختلفی مانند مسائل تکنیکی، مدیریتی، بازرگانی و مسائل داخلی و خارجی هستند. در همین راستا ریسک پروژه به‌صورت زیر تعریف می‌شود: «رویدادها یا شرایطی غیرقطعی که در صورت وقوع، اثری مثبت یا منفی بر اهداف پروژه خواهند گذاشت» [۱۱]. با توجه به اینکه اهداف پروژه‌ها بر اساس سه عنصر کلیدی یادشده (زمان، هزینه و کیفیت) بیان می‌شوند، ریسک‌ها درواقع عدم‌دستیابی به این اهداف هستند. هرچند بر اساس تعریف ارائه شده، وقوع ریسک همیشه دارای اثرات منفی نیست و ممکن است به‌صورت فرصت‌ها نیز بیان شود.

ریسک پروژه‌ها در برخی منابع به‌صورت احتمال وقوع رخدادی تعریف می‌شود که دارای اثر منفی احتمالی بر اهداف پروژه است و با عباراتی نظیر احتمال وقوع و پیامد اندازه‌گیری می‌شود [۷۵]؛ اما در برخی منابع دیگر، علاوه بر جنبه منفی، جنبه مثبت آن نیز در نظر گرفته شده است. مثلاً «مؤسسه مدیریت پروژه»[2] ریسک را به این صورت تعریف می‌کند: «رخدادی نامعین یا موقعیتی که اگر اتفاق بیفتد بر هدف پروژه تأثیر مثبت یا منفی خواهد گذاشت. ریسک دلیلی دارد و در صورت وقوع نیز تجربه‌ای از آن به‌دست می‌آید»؛ بنابراین مدیریت ریسک عبارت است از به‌حداقل‌رساندن پیامدهای رخدادهای نامطلوب و به‌حداکثررساندن نتایج رخدادهای مطلوب [۶۱]؛ باوجوداین در پژوهش حاضر تنها ریسک‌های منفی با توجه به اهمیت آن‌ها از منظر خبرگان بررسی شده است.

تاکنون مدل‌ها و چارچوب‌های مختلفی هم از سوی پژوهشگران و هم از سوی سازمان‌ها و نهادهای حرفه‌ای برای مدیریت ریسک پروژه ارائه شده است. از جمله معروف‌ترین این استانداردها و چارچوب‌ها می‌توان مدل‌های SHAMPU[3]، PRMA[4]، ISO 31000 و استاندارد انجمن مدیریت پروژه[5] بریتانیا را نام برد. راز و هیلسون[6] (۲۰۰۵)، مروری مقایسه‌ای بر استانداردها و چارچوب‌های مدیریت ریسک پروژه انجام داده‌اند [۶۵]. یکی از معروف‌ترین و

1. Iron Triangle
2. Project Management Institute (PMI)
3. Shape, Harness and Manage Project Uncertainty
4. Project Risk Management Approach
5. Association of Project Management
6. Raz & Hillson

پرکاربردترین چارچوب‌های مدیریت ریسک، فصل مدیریت ریسک در بدنه دانش مدیریت پروژه (PMBOK[1]) و استاندارد مدیریت ریسک در پرتفولیوها، برنامه‌ها و پروژه‌ها است که توسط مؤسسه مدیریت پروژه[2] تهیه و منتشر شده است [۶۱، ۶۲]. بر اساس آخرین ویرایش این چارچوب، فرایند مدیریت ریسک پروژه شامل هفت گام زیراست [۶۱]:

۱. برنامه‌ریزی مدیریت ریسک: فرآیند تعریف شیوه هدایت فعالیت‌های مدیریت ریسک پروژه؛

۲. شناسایی ریسک‌ها: فرآیند شناسایی ریسک‌های منفرد پروژه به همراه منابع ریسک کلی پروژه و مستندسازی خصوصیات آن‌ها؛

۳. انجام تحلیل کیفی ریسک: فرآیند اولویت‌بندی ریسک‌های منفرد پروژه برای تحلیل بیشتر یا اقدام از طریق ارزیابی احتمال وقوع و اثر به همراه خصوصیت دیگر؛

۴. انجام تحلیل کمّی ریسک: فرآیند تحلیل عددی اثر ترکیبی ریسک‌های شناسایی‌شده منفرد پروژه و دیگر منابع عدم‌قطعیت بر اهداف کلی پروژه؛

۵. برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک: فرآیند توسعه گزینه‌ها، انتخاب استراتژی‌ها و توافق بر اقدامات در راستای توجه به ریسک کلی پروژه و رفتار با ریسک‌های منفرد پروژه؛

۶. پیاده‌سازی پاسخ به ریسک: فرآیند اجرای برنامه‌های موردتوافق پاسخ به ریسک؛

۷. پایش ریسک‌ها: فرآیند نظارت بر اجرای برنامه‌های موردتوافق پاسخ به ریسک، ردگیری ریسک‌های شناسایی‌شده، شناسایی و تحلیل ریسک‌های جدید و ارزیابی اثربخشی فرآیند ریسک در سراسر پروژه.

در این پژوهش تمرکز بر ارزیابی ریسک است که چهار گام نخست از فرایند بالا را شامل می‌شود و می‌توان آن را در قالب دو بخش الف) شناسایی ریسک و ب) تحلیل ریسک، خلاصه کرد که در ادامه شرح داده می‌شود:

الف) شناسایی ریسک‌های پروژه عبارت است از: فرآیند تعیین ریسک‌های اثرگذار بر پروژه و مستندسازی مشخصات آن‌ها [۶۱]. مشارکت‌کنندگان در فعالیت‌های شناسایی ریسک می‌توانند شامل مدیر پروژه، اعضای گروه مدیریت پروژه، اعضای گروه مدیریت ریسک پروژه (در صورت تخصیص‌یافتن)، مشتریان، کارشناسان متخصص خارج از گروه پروژه، کاربران نهایی پروژه و سایر ذی‌نفعان کلیدی و خبرگان مدیریت ریسک باشد. فراخور نوع و شرایط پروژه، ممکن است افراد دیگری نیز به این فهرست اضافه شوند [۱۶]. ابزارها و فنون مختلفی برای شناسایی ریسک‌های پروژه پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به فهرست‌های وارسی[3]، مصاحبه،

1. Project Management Body of Knowledge
2. Project Management Institute(PMI)
3. Checklists

پرسشنامه، طوفان فکری[1]، تحلیل علت ریشه‌ای[2]، تحلیل پیش‌فرض‌ها و محدودیت‌ها[3] و غیره اشاره کرد. پریچارد[4] (۲۰۱۴)، مجموعه‌ای از روش‌های شناسایی ریسک را شرح داده است [۶۳]. در این زمینه، طبقه‌بندی‌های ریسک، ساختاری را فراهم می‌کند که تضمین‌کننده فرایند جامع برای شناسایی نظام‌مند ریسک‌ها تا سطح مناسبی از جزئیات است. در این میان ساختار شکست ریسک[5] فهرستی از مجموعه‌ها و زیرمجموعه‌هایی را که ریسک‌ها ممکن است در قالب یکی از آن‌ها برای پروژه‌های معمول به وقوع بپیوندند، ارائه می‌کند [۲۸]. بر اساس یک نوع از طبقه‌بندی ریسک که در بدنه دانش مدیریت پروژه آمده است، مجموعه‌های اصلی ریسک عبارت‌اند از: ریسک‌های فنی؛ بیرونی؛ مدیریت؛ تجاری. ریسک‌های فنی، ریسک‌هایی هستند که درنتیجه فناوری به‌کارگرفته شده در پروژه و یا محیط کاری پروژه به‌وجود می‌آیند و خود شامل نیازمندی‌ها، فناوری، پیچیدگی، عملکردها و قابلیت اطمینان و درنهایت کیفیت می‌شوند. ریسک‌های بیرونی پروژه در محدوده اختیارات مدیران پروژه نیستند. تأمین‌کنندگان، قوانین، بازار، مشتریان و آب‌وهوا جزو ریسک‌های بیرونی محسوب می‌شوند. ریسک‌هایی که معمولاً در اثر کمبود منابع سازمانی به‌وجود می‌آیند، «ریسک‌های تجاری» نام دارند و از جمله آن‌ها می‌توان شرایط قراردادی، تأمین‌کنندگان و ثبات مشتری را نام برد. از جمله ریسک‌های مدیریت می‌توان به ریسک مدیریت پروژه، مدیریت برنامه /پرتفولیو، سازمان، برنامه‌ریزی، کنترل و ارتباطات اشاره کرد [۶۱].

ب) تحلیل ریسک پروژه به‌منظور ارزیابی تأثیر ریسک‌های شناسایی‌شده بر اهداف پروژه انجام می‌گیرد. تحلیل نادرست ریسک‌ها به عدم‌شناسایی، ارزیابی نامناسب و درنتیجه عدم‌توانایی مدیریت ریسک‌ها منجر می‌شود؛ بنابراین اهداف پروژه می‌تواند به‌وسیله تهدیدهای پیش‌بینی‌نشده متأثر شود [۷۸]. تحلیل ریسک می‌تواند به‌صورت کیفی، کمّی و یا شبه‌کمّی[6] صورت گیرد [۷۰]. تاکنون انواع مختلفی از فنون و روش‌ها برای تحلیل ریسک پروژه توسط پژوهشگران و برنامه‌ریزان به‌کار رفته است. دسته‌ای از این فنون، روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه هستند که می‌توانند به‌منظور دسته‌بندی و رتبه‌بندی ریسک‌ها با توجه به معیارهای مختلف مورداستفاده قرار گیرند. برخی از این روش‌ها که تاکنون در زمینه تحلیل ریسک پروژه در مبانی نظری موضوع به‌کار رفته‌اند و دارای رویکرد فازی بوده‌اند، در جدول ۱، بخش پیشینه پژوهش ارائه شده‌اند. با وجود استفاده گسترده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در ارزیابی

1. Brain Storming
2. Root cause analysis
3. Assumption and constraint analysis
4. Pritchard
5 Risk Breakdown Structure
6. Semi quantitative

ریسک انواع مختلف پروژه‌ها، پژوهشی که با استفاده از این روش‌ها در ارزیابی ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی انجام شده باشد، یافت نشد.

پیشینه پژوهش. تاکنون پژوهش‌های اندکی در حوزه مدیریت ریسک در پروژه‌های تعمیرات اساسی صورت گرفته است. بویلاکوا[1] و همکاران (۲۰۰۹)، به تحلیل ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی در نگهداری و تعمیرات صنایع با ریسک بالا با رویکرد مدیریت پروژه زنجیره بحرانی پرداختند. آن‌ها روش پیشنهادی خود را در تعمیرات اساسی یک واحد چرخه ترکیبی گازی یکپارچه در یک پالایشگاه به‌کار بردند و نتایج را گزارش کردند. آنان کاربرد و ضرورت به‌کارگیری فرایند مدیریت ریسک را به‌منظور تعیین و ارزیابی مشخصات هزینه و زمان یک پروژه تعمیرات اساسی نشان دادند [۹]. بویلاکوا و همکاران (۲۰۱۲)، یک شاخص بحرانی‌بودن برای تصمیم‌گیری در خصوص فعالیت‌هایی که باید در فرایند تعمیرات اساسی گنجانده شوند، پیشنهاد کردند. آن‌ها این روش را با روش تصمیم‌گیری مبتنی بر ریسک در مطالعه موردی تعمیرات اساسی در یک پالایشگاه در کشور ایتالیا مقایسه کرده و بهبود زیادی در کاهش مصرف منابع را گزارش کردند [۱۰]. مارهاویلاس[2] و همکاران (۲۰۱۱)، روش‌ها و ابزارهای مورداستفاده در تحلیل و ارزیابی ریسک در سایت‌های کاری از جمله در فعالیت‌های تعمیرات اساسی را بررسی کردند. پژوهش آن‌ها نشان داد که فراوانی استفاده از روش‌های کمّی بسیار بیشتر (حدود ۶۶ درصد) بوده است [۵۳]. راجاگوپالان[3] و همکاران (۲۰۱۷)، ریسک زمان‌بندی تعمیرات اساسی در کارخانه‌های فرایندی یکپارچه را تحلیل کردند. آن‌ها یک مدل بهینه‌سازی احتمالی به‌منظور کمّی‌کردن ریسک اتلاف در زمان‌بندی مجدد تعمیرات اساسی که قبلاً برنامه‌ریزی شده‌اند، پیشنهاد کرده و این مدل را با سایر مدل‌ها و رویکردهای زمان‌بندی تعمیرات اساسی مقایسه کردند. آن‌ها از طریق مطالعات محاسباتی نشان دادند که راهبردهای برنامه‌ریزی فراکنشی[4] که عدم‌قطعیت را در دوره‌های زمانی چندگانه در نظر می‌گیرند، مزایای زیادی نسبت به راهبردهای واکنشی دارند [۶۴]. سیتی و حافظ‌الکتب[5] (۲۰۱۹)، یک روش مبتنی بر تاپسیس فازی به‌منظور برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مبتنی بر ریسک ارائه دادند. در این روش برنامه نگهداری با بیان فازی قابلیت اطمینان و با درنظرگرفتن ریسک و خطای عوامل مؤثر ممکن توسعه داده شده است. در این پژوهش مفاهیم جدیدی نظیر ریسک مثبت و منفی و نیز روش

1. Bevilacqua, et al.
2. Marhavilas, et al.
3. Rajagopalan
4. Proactive
5. Seiti & Hafezalkotob

تاپسیس مبتنی بر ریسک[1] به‌منظور برنامه‌ریزی نگهداری در افق زمانی چنددوره‌ای ارائه شده است [۶۶].

تاکنون پژوهش‌های مختلفی در زمینه شناسایی و ارزیابی ریسک در سایر انواع پروژه‌ها در دنیا انجام شده است. در ادامه به تعدادی از جدیدترین پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه پروژه‌های صنایع نفت و گاز، اشاره می‌شود. کرایدی و همکاران[2] (۲۰۱۹)، ۳۰ مورد از عوامل ریسک پروژه‌های خطوط لوله نفت و گاز را از طریق مرور مبانی نظری، مصاحبه نیمه‌ساخت‌یافته و پرسشنامه شناسایی کردند. آن‌ها این عوامل ریسک را با محاسبه یک شاخص ریسک با درنظرگرفتن مقدار احتمال و شدت اثر آن‌ها رتبه‌بندی کرده و یک چارچوب مفهومی برای مدیریت ریسک این نوع پروژه‌ها ارائه کردند [۴۳]. چراغی و همکاران[3] (۲۰۱۸) به ارزیابی ریسک‌های پروژه توسعه یکی از میدان‌های نفتی در استان خوزستان ایران با استفاده از روش FMEA و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی پرداختند. آن‌ها ۳۵ ریسک را برای فاز ساخت و ۲۹ ریسک را برای فاز بهره‌برداری پروژه شناسایی کرده و این ریسک‌ها را در سه سطح طبقه‌بندی کردند [۱۵]. آدامتی و اونساریگو[4] (۲۰۱۸)، ریسک پروژه ساخت لوله‌های انتقال نفت و گاز را با استفاده از مدل ماتریس احتمال و تأثیر بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بیشتر ریسک‌های این نوع از پروژه‌ها از نوع احتمال زیاد و تأثیر کم و یا احتمال کم و تأثیر زیاد است. تنها یک ریسک دارای احتمال و تأثیر زیاد توأم شناخته شد [۱]. قاسم وهمکاران[5] (۲۰۱۹)، ریسک پروژه‌های ساخت صنایع فرایندی نفت و گاز در کشورهای درحال‌توسعه را بررسی کردند. آن ها با استفاده از پرسشنامه، ۵۰ عامل ریسک را برای این نوع پروژه‌ها شناسایی کرده و آن‌ها را در ۱۳ طبقه دسته‌بندی کردند [۳۷].

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی از جمله روش‌هایی هستند که به‌منظور ارزیابی و تحلیل ریسک‌های پروژه با توجه به معیارهای مختلف به‌کار می‌روند و تاکنون در پژوهش‌های زیادی مورداستفاده قرار گرفته‌اند. پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص ارزیابی ریسک پروژه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی که طی ۱۰ سال اخیر انجام شده‌اند، در جدول ۱، ارائه شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Risk-based TOPSIS
2. Kraidi, et al.
3. Cheraghi, et al.
4. Adamtey & Onsarigo
5. Kassem, et al.

جدول ۱. تحقیقات ارزیابی ریسک پروژه با رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی

پژوهشگر (سال)	موضوع	روش	منبع
نیترو مروت و رزویلا[1]، (۲۰۱۱)	ارائه یک روش مبتنی بر سلسله‌مراتب برای ارزیابی ریسک در پروژه‌های ساخت	AHP فازی	[۵۹]
لی و زو[2]، (۲۰۱۱)	ارائه یک مدل ارزیابی ریسک برای پروژه‌های مشارکت بخش خصوصی و عمومی راه‌سازی	AHP فازی	[۴۷]
لیو[3] و همکاران، (۲۰۱۳)	ارائه یک رویکرد ارزش‌یابی فازی ترکیبی در تحلیل ریسک پروژه‌های حفاری فراعمیق علمی	AHP فازی	[۴۹]
نگوین[4] و همکاران، (۲۰۱۵)	ارائه روشی برای کمّی‌سازی میزان پیچیدگی پروژه‌های حمل‌ونقل	AHP فازی	[۵۸]
سرانو گومز و مونز هرناندز، (۲۰۱۹)	رویکرد شبیه‌سازی مونت‌کارلو به تحلیل ریسک به‌وسیله فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در پروژه‌های ساخت در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر	AHP فازی و شبیه‌سازی	[۶۸]
سوبرامانیان[5] و همکاران، (۲۰۱۲)	ارائه مدل ارزیابی ریسک مبتنی بر نظرهای خبرگان به‌منظور ارزیابی ریسک پروژه‌های ساخت	VIKOR فازی	[۶۹]
ابراهیم‌نژاد و همکاران، (۲۰۱۴)	تحلیل مقایسه‌ای اولویت‌بندی ریسک در پروژه‌های بزرگ با رویکرد توافقی فازی	VIKOR فازی	[۱۸]
وانگ و همکاران، (۲۰۱۸)	روش VIKOR فازی مبتنی بر فرافکنی بهنجار تصویری برای ارزش‌یابی ریسک در پروژه‌های ساخت	VIKOR فازی	[۷۴]
تایلان[6] و همکاران، (۲۰۱۴)	ارزشیابی و انتخاب ریسک پروژه با استفاده از اطلاعات ناقص و غیردقیق	روش ترکیبی AHP فازی و TOPSIS فازی	[۷۱]
کریمی آذری و همکاران، (۲۰۱۱)	روشی برای کمک به انتخاب مدل ارزیابی ریسک مناسب در صنعت ساخت	TOPSIS فازی	[۳۶]
فولادگر و همکاران، (۲۰۱۲)	ارائه مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر منطق فازی برای پروژه‌های تونل‌سازی	TOPSIS فازی	[۱۹]
لیو و وی[7]، (۲۰۱۸)	ارزشیابی ریسک پروژه‌های مشارکت بخش عمومی و خصوصی در پروژه‌های زیرساخت شارژ خودروهای الکتریکی	TOPSIS فازی	[۵۰]
هوسین[8] و همکاران، (۲۰۱۹)	رتبه‌بندی متغیرهای ریسک پروژه‌های ساخت بر اساس فراوانی رخداد با یکپارچه‌سازی معیارهای زمان، کیفیت و هزینه	TOPSIS فازی	[۳۱]

1. Nieto-Morote & Ruz-Vila
2. Li, & Zou
3. Liu
4. Nguyen
5. Subramanyan
6. Tailan
7 . Liu and Wei
8. Husin

پژوهشگر (سال)	موضوع	روش	منبع
هنری چوبر و نظری، (۲۰۱۲)	مدل ترکیبی فازی برای شناسایی و رتبه‌بندی ریسک پروژه‌های نیروگاهی	روش ترکیبی ANP فازی و TOPSIS فازی	[۲۹]
یزدانی و همکاران، (۲۰۱۱)	مدل رتبه‌بندی و ارزشیابی ریسک برای پروژه‌های زیرساخت حیاتی	COPRAS فازی	[۸۱]
کو و لو[1]، (۲۰۱۳)	رویکرد ارزیابی ریسک با تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی برای پروژه‌های ساخت شهری	MADR فازی	[۴۵]
لین و جیانپینگ[2]، (۲۰۱۱)	مدل ارزیابی ریسک برای شناسایی ریسک‌های حیاتی در یک پروژه ساحت دانشگاه	ANP فازی	[۴۸]
ولی‌پور و همکاران، (۲۰۱۵)	روشی برای یافتن ریسک‌های تأثیرگذار در پروژه‌های مشارکت بخش عمومی و خصوصی ساخت بزرگ‌راه	ANP فازی	[۷۲]
یان[3] و همکاران، (۲۰۱۵)	مدل ارزیابی ریسک برای اولویت‌بندی ریسک برای یک پروژه ساخت تونل بزرگ‌راهی	ANP فازی	[۸۰]
یزدانی و همکاران، (۲۰۱۹)	ارائه یک مدل تصمیم‌گیری پیشرفته برای ارزشیابی ریسک در پروژه‌های ساخت	ANP فازی، FMEA و EDAS فازی	[۸۲]
بشردوست و همکاران، (۲۰۱۸)	یک رویکرد یکپارچه DEMATEL فازی برای تحلیل ریسک پروژه	DEMATEL فازی	[۸]
وو و زو[4]، (۲۰۱۹)	ارزیابی ریسک با استفاده از یک روش گسترش‌یافته HFLTS-DEMA تحلیل ارزشیابی ترکیبی	DEMATEL فازی	[۷۷]
هاتفی و تاموسایتین، (۲۰۱۸)	ارزشیابی ریسک پروژه‌های ساخت با درنظرگرفتن روابط متقابل بین ریسک‌ها	روش ترکیبی DEMATEL فازی و ANP فازی	[۲۵]
برقی و شادرخ سیکاری، (۲۰۲۰)	ارزیابی کیفی و کمّی ریسک پروژه با استفاده از مدل ترکیبی PMBOK در شرایط عدم‌اطمینان برای یک پروژه اکتشاف و بهره‌برداری نفت	روش ترکیبی DEMATEL فازی و ANP فازی	[۷]
مراد پور (۲۰۱۱)	استفاده از روش ترکیبی PROMETHEE II و برنامه‌ریزی آرمانی صفر و یک برای رتبه‌بندی ریسک در یک پروژه ساخت بزرگ‌راه	روش ترکیبی PROMETHEE فازی و برنامه‌ریزی آرمانی	[۵۵]
یزدانی چمزینی و همکاران، (۲۰۱۳)	رتبه‌بندی ریسک در پروژه ساخت تونل در محیط فازی	ELECTRE فازی	[۸۳]

1. Kuo & Lu
2 . Lin & Jianping
3. Yan
4. Wu & Zhou

پژوهشگر (سال)	موضوع	روش	منبع
ولی‌پور و همکاران، (۲۰۱۸)	ارزیابی ریسک با استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل مقایسه‌ای نتایج در یک پروژه مشارکت بخش عمومی و خصوصی بزرگ‌راهی	روش‌های SWARA، COPRAS، SAW، EDAS، AHP فازی، ANP فازی و TOPSIS فازی	[۷۳]

با توجه به جدول ۱، تاکنون پژوهش‌های زیادی در زمینه مدیریت ریسک در انواع مختلف پروژه‌ها با رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی انجام شده است؛ اما پژوهشی در خصوص تحلیل ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی به چشم نمی‌خورد؛ پژوهش‌های موجود در زمینه ریسک در تعمیرات اساسی بیشتر جنبه ریسک‌های ایمنی دارند و از منظر مدیریت ریسک پروژه (تأثیر ریسک بر اهداف پروژه) به موضوع نپرداخته‌اند. پژوهش پیش رو تلاشی در راستای پُرکردن شکاف پژوهشی در این زمینه است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش‌های کاربردی، هدف توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص است؛ به‌عبارت‌دیگر پژوهش‌های کاربردی به سمت کاربرد علمی دانش هدایت می‌شوند. پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی است. پژوهش‌های علمی را بر اساس چگونگی به‌دست‌آوردن داده‌های موردنیاز طرح پژوهش می‌توان به پژوهش‌های آزمایشی و توصیفی (غیرآزمایشی) تقسیم کرد که پژوهش حاضر از نوع توصیفی است [۶۷]. این پژوهش در میان انواع پژوهش‌های توصیفی از نوع مطالعه موردی محسوب می‌شود.

هدف از این پژوهش پیشنهاد یک چارچوب جدید به‌منظور ارزیابی ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی در صنایع فرایندی نفت و گاز است. این ارزیابی شامل دو گام اصلی «شناسایی ریسک‌ها» و «تحلیل ریسک‌های شناسایی‌شده» است.

جنبه نوآوری پژوهش حاضر را می‌توان در دو مورد خلاصه کرد: نخست آنکه چارچوب جدیدی برای ارزیابی ریسک در پروژه‌های تعمیرات اساسی در صنایع نفت ارائه شده است. هرچند استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی برای تحلیل ریسک پروژه در مبانی نظری موضوع بسیار انجام شده است، اما استفاده از رویکرد یادشده در پروژه‌های تعمیرات اساسی جنبه نوآورانه دارد؛ دوم آنکه یک روش ترکیبی SWARA و EDAS فازی مبتنی بر اعداد فازی ذوزنقه‌ای در این پژوهش ارائه شده است. استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای در این روش قبلاً انجام نشده است.

داده‌های موردنیاز این پژوهش به‌وسیله گروهی شامل شش نفر از خبرگان بخش پیمانکاری دارای تجربه و دانش کافی در زمینه مدیریت پروژه‌های تعمیراتی صنعت نفت، به‌صورت نظرخواهی، مصاحبه و ثبت این نظرها در کاربرگه‌ای مربوطه، گردآوری شده است. معیارهای انتخاب این نفرات شامل ۱. تجربه کافی (حداقل ۱۰ سال) در زمینه اجرای پروژه‌های تعمیرات اساسی صنایع بالادستی نفت، ۲. آشنایی با فرایند و استانداردهای مدیریت ریسک پروژه، ۳. علاقه‌مندی برای صرف زمان برای مشارکت در پژوهش است.

برای جمع‌آوری نظرهای هر یک از خبرگان در خصوص اهمیت هر یک از گزینه‌ها (ریسک‌ها) به‌منظور غربال اولیه ریسک‌های شناسایی‌شده به روش دلفی فازی، از تابع عضویت متغیرهای زبانی به شرح جدول ۲، استفاده شده است [۳۰]؛ همچنین برای جمع‌آوری نظرهای هر یک از خبرگان در خصوص اهمیت هر یک از گزینه‌ها (ریسک‌ها) در نزد هر یک از معیارها از تابع عضویت متغیرهای زبانی به شرح جدول ۳، بهره‌گیری شده است [۲۲].

در خصوص روایی و پایایی پژوهش از مصاحبه و نظرخواهی از خبرگان برای غربال ریسک‌ها و تعیین اهمیت هر یک از معیارها و نیز اهمیت هر یک از گزینه‌ها در نزد هر معیار در قالب متغیرهای زبانی و ثبت این نظرها در کاربرگه‌ای مربوطه استفاده شد. یادآوری این نکته لازم است که استفاده از روش فوق‌الذکر کاملاً رایج بوده و تاکنون در مقاله‌ها و پژوهش‌های بسیاری از آن استفاده شده است و جمعی از خبرگان نیز این روش را تأیید کرده‌اند؛ همچنین ازآنجاکه در پژوهش حاضر از پرسشنامه استفاده نشده، بدیهی است بررسی اعتبار پرسشنامه موضوعیت ندارد.

جدول ۲. تابع عضویت متغیرهای زبانی برای غربال اولیه ریسک‌ها

متغیر زبانی	عدد فازی معادل
به‌شدت ضعیف (EP)	(۱ , ۱ , ۱)
بسیار ضعیف (VP)	(۱ , ۲ , ۳)
ضعیف (P)	(۲ , ۳ , ۴)
نسبتاً ضعیف (MP)	(۳ , ۴ , ۵)
قابل‌قبول (F)	(۴ , ۵ , ۶)
نسبتاً خوب (MG)	(۵ , ۶ , ۷)
خوب (G)	(۶ , ۷ , ۸)
بسیار خوب (VG)	(۷ , ۸ , ۹)
به‌شدت خوب (EG)	(۸ , ۹ , ۹)

جدول ۳. تابع عضویت متغیرهای زبانی تعیین اهمیت هر یک از ریسک‌ها از منظر هر معیار

متغیر زبانی	عدد فازی معادل
خیلی ضعیف (VP)	(۰ , ۰ , ۱ , ۲)
ضعیف (P)	(۱ , ۲ , ۲ , ۳)
نسبتاً ضعیف (MP)	(۲ , ۳ , ۴ , ۵)
قابل‌قبول (F)	(۴ , ۵ , ۵ , ۶)
نسبتاً خوب (MG)	(۵ , ۶ , ۷ , ۸)
خوب (G)	(۷ , ۸ , ۸ , ۹)
خیلی خوب (VG)	(۸ , ۹ , ۱۰ , ۱۰)

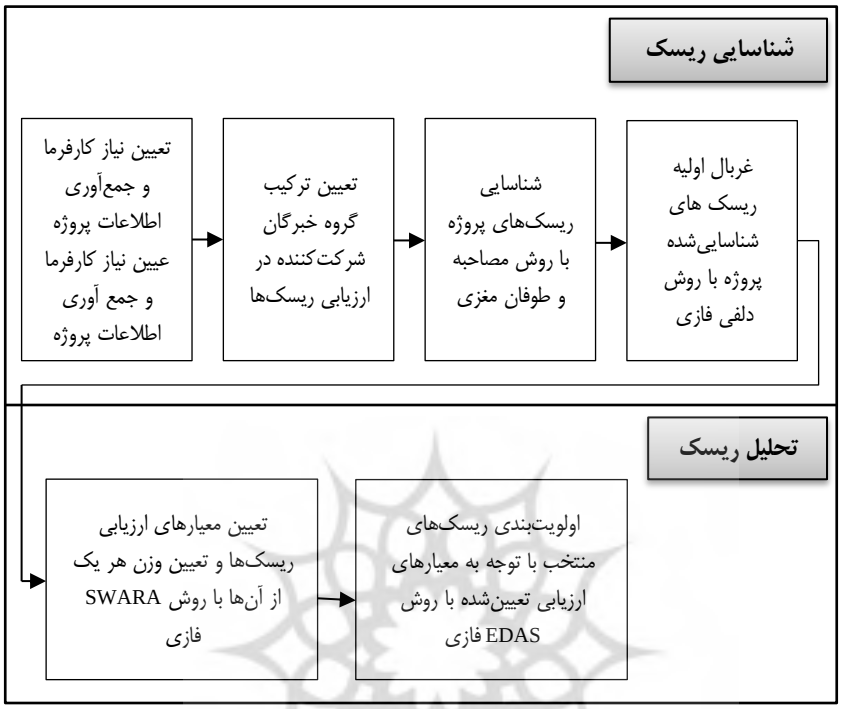
چارچوب پیشنهادی. در این پژوهش چارچوبی جدید برای ارزیابی ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی صنایع بالادستی نفت ارائه شده است. به‌منظور شناسایی ریسک‌ها از مصاحبه، بررسی اسناد و مدارک و نیز برگزاری جلسه‌های طوفان مغزی[1] با حضور خبرگان و با رعایت قواعد آن، استفاده شد. غربالگری ریسک‌ها و انتخاب ریسک‌های دارای اهمیت برای تحلیل ریسک با استفاده از روش دلفی فازی صورت گرفت. برای تحلیل ریسک‌های منتخب نیز از روش ترکیبی SWARA فازی و EDAS فازی بهره‌گیری شد. به‌این‌ترتیب که وزن هر یک از معیارهای ارزیابی با استفاده از روش SWARA با استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای به‌دست آمد که این روش برای نخستین بار ارائه شده است. ریسک‌ها با استفاده از این معیارها به روش EDAS فازی با استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای رتبه‌بندی شده‌اند. علت استفاده از این روش آن است که در رتبه‌بندی ریسک، قضاوت‌ها زبانی، غیردقیق و مبهم بوده و استفاده از ابزار فازی در این شرایط یکی از راه‌های پیشنهادی در مبانی نظری موضوع است [۱۷، ۳۳، ۸۴]. ولی‌پور و همکاران (۲۰۱۸)، عملکرد رتبه‌بندی شش روش رتبه‌بندی ریسک پروژه را مقایسه کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که روش‌های SWARA، COPRAS و EDAS بهترین عملکرد را در ارزیابی ریسک پروژه دارند [۷۳].

نیاز به برآوردهای ساده از اعداد فازی که استفاده از آن‌ها ساده‌تر بوده و تعبیر آن‌ها به حالت طبیعی ذهن نزدیک‌تر است، منجر شده است که اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای بیشترین کاربرد را در اعداد فازی داشته باشند [۲۳]. در این پژوهش به‌منظور غربال اولیه ریسک‌ها از اعداد فازی مثلثی که ساده‌ترین محاسبات را دارد، استفاده شده است. اگرچه در رتبه‌بندی ریسک‌های غربال‌شده، اعداد فازی ذوزنقه‌ای که محاسبات آن (به‌دلیل استفاده از چهار پارامتر به‌جای سه

1. Brain Storming

پارامتر) کمی پیچیده‌تر است، به‌کار رفت. استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای در عین سادگی به انطباق بیشتر محاسبات با ابهام ناشی از قضاوت‌های زبانی (نسبت به اعداد مثلثی) منجر می‌شود.

شکل ۱، چارچوب پیشنهادی پژوهش برای ارزیابی ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی در صنایع فرایندی بالادستی نفت را نشان می‌دهد.



شکل ۱. چارچوب پیشنهادی پژوهش

در این بخش جزئیات روش تصمیم‌گیری چندشاخص
ه فازی ترکیبی پیشنهادی پژوهش ارائه می‌شود. ابتدا برخی تعاریف اولیه از نظریه فازی ذکر خواهد شد؛ سپس روش دلفی فازی مورداستفاده، شرح داده می‌شود و در ادامه، روش SWARA فازی (به‌منظور تعیین وزن معیارها) و EDAS فازی (به‌منظور تعیین میزان اهمیت هر ریسک نزد هر معیار) در دو بخش بعدی شرح داده خواهند شد.

تعاریف پایه. نظریه مجموعه‌های فازی یکی از کارآمدترین ابزارهایی است که می‌تواند به‌منظور پوشش‌دادن به عدم‌قطعیت در فرایندهای تصمیم‌گیری مورداستفاده قرار گیرد [۱۹]. برخی تعاریف و مفاهیم نظریه فازی که در تشریح مدل پیشنهادی پژوهش به‌کار می‌رود، در ادامه ذکر می‌شود [۲۲]:

تعریف ۱: یک زیرمجموعه فازی از مجموعه مرجع $\tilde{A}$ را می‌توان با استفاده از تابع عضویت آن، $\mu_{\tilde{A}}(X)$, به شکل زیر تعریف کرد:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(X)) \mid x \in X\}$$

که در آن $x \in X$ نشان‌دهنده اعضای متعلق به مجموعه مرجع است و داریم:

$$\mu_{\tilde{A}}(X) : X \mapsto [0,1]$$

تعریف ۲: یک عدد فازی نوع خاصی از زیرمجموعه فازی محدب نرمال‌شده $(\sup \mu_{\tilde{A}}(X) = 1)$ از محور اعداد حقیقی است، یعنی: $\mathbb{R}(\mu_{\tilde{A}}(X) : \mathbb{R} \mapsto [0,1])$

تعریف ۳: عدد فازی $\tilde{A}$، یک عدد فازی ذوزنقه‌ای است اگر تابع عضویت آن به شکل زیر باشد:

$$\mu_{\tilde{A}}(X) = \begin{cases} (x - a_1)/(a_2 - a_1) & if \quad a_1 \le x \le a_2 \\ 1 & if \quad a_2 \le x \le a_3 \\ (a_4 - x)/(a_4 - a_3) & if \quad a_3 \le x \le a_4 \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

این عدد فازی همچنین می‌تواند به‌وسیله یک چهارتایی مرتب به شکل $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ تعریف شود. عدد قطعی κ را می‌توان با یک عدد فازی ذوزنقه‌ای به شکل $\tilde{\kappa} = (\kappa, \kappa, \kappa, \kappa)$ نشان داد.

تعریف ۴: فرض کنید $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ و $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ دو عدد فازی ذوزنقه‌ای مثبت $(a_1 \ge 0$ و$b_1 \ge 0)$ باشند و κ یک عدد قطعی باشد. عملگرهای جبری با این اعداد فازی به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4)$$
$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1 - b_4, a_2 - b_3, a_3 - b_2, a_4 - b_1)$$
$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3, a_4 \times b_4)$$
$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = (a_1 \oslash b_4, a_2 \oslash b_3, a_3 \oslash b_2, a_4 \oslash b_1)$$

اگر در روابط بالا به‌جای عدد فازی دوم $(\tilde{B})$ عدد قطعی κ قرار داده شود، آنگاه به‌جای همه b_i , $(i = 1,2,3,4)$ در هر چهار رابطه مقدار κ جایگزین می‌شود.

تعریف ۵: فرض کنید $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ یک عدد فازی ذوزنقه‌ای باشد. آنگاه عدد قطعی (قطعی (زی‌شده) معادل آن به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\kappa(\tilde{A}) = \frac{1}{3}(a_1 + a_2 + a_3 + a_4 - \frac{a_3 a_4 - a_1 a_2}{(a_3 + a_4) - (a_1 + a_2)})$$

تعریف ۶: فرض کنید $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ یک عدد فازی ذوزنقه‌ای باشد. یک تابع با نام سای (ψ) به‌منظور تعیین حداکثر یک عدد فازی ذوزنقه‌ای و صفر به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\psi(\tilde{A}) = \begin{cases} \tilde{A} & \text{if } \kappa(\tilde{A}) > 0 \\ \tilde{0} & \text{if } \kappa(\tilde{A}) \leq 0 \end{cases}$$

روش دلفی فازی. روش دلفی[1] نخستین بار در دهه ۱۹۵۰ میلادی در «شرکت رند»[2] و به‌منظور بررسی نظرهای خبرگان در خصوص یک پروژه نظامی توسعه داده شده و توسط هلمر و دالکی[3] معرفی شد [۲۴]. هدف اصلی روش دلفی دستیابی به یک توافق قابل‌اتکا در میان نظرهای جمعی از خبرگان است. از جمله مزایای این روش می‌توان به تجمیع نظر خبرگان، بی‌نام‌بودن خبرگان به‌منظور جلوگیری از غلبه نظرهای فردی بر گروه و تکرارهایی همراه با بازخورد ساختارمند از پاسخ‌های گروه، به‌منظور کمک به دستیابی به اجماع اشاره کرد [۱۲]. نخستین تلاش در جهت تلفیق روش دلفی و نظری فازی توسط موری[4] و همکاران (۱۹۸۵)، صورت گرفت [۵۶]. پس‌ازآن کافمن و گوپتا[5] (۱۹۸۸)، روشی کامل‌تر برای دلفی فازی به‌منظور انجام پیش‌بینی با استفاده از نظر جمعی خبرگان ارائه کردند. در این روش از خبرگان خواسته می‌شود یک تخمین سه‌نقطه‌ای از مقدار موردپیش‌بینی ارائه دهند که به‌عنوان یک عدد فازی مثلثی در نظر گرفته می‌شود [۳۸]. ایشیکاوا و همکاران[6] (۱۹۹۳)، نیز یک روش دلفی فازی با استفاده اعداد فازی مثلثی به‌منظور پیش‌بینی زمانی ارائه کرند [۳۲]. ژو و یانگ[7] (۲۰۰۰)، روشی مبتنی بر اعداد فازی مثلثی ارائه دادند که در آن برای نخستین بار از تابع عضویت متغیرهای زبانی با استفاده از اعداد فازی مثلثی و از میانگین هندسی استفاده شد. آن‌ها بیان کردند که با این روش تنها یک دور نظرخواهی از خبرگان کفایت می‌کند و نیازی به چند دور نظرخواهی نیست [۴۴]. چنگ و لین[8] (۲۰۰۲)، یک روش تصمیم‌گیری مبتنی بر نظریه فازی ارائه کردن که در آن، یک روش دلفی فازی با استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای برای وزن‌دهی به معیارهای ارزیابی در تصمیم‌گیری چندشاخصه ارائه شده است [۱۴].

تاکنون روش‌های گوناگون بسیاری برای دلفی فازی توسط پژوهشگران پیشنهاد شده است. عمده کاربرد این روش را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱. استفاده در پیش‌بینی[9]؛ ۲. استفاده

1. Delphi
2. RAND Corporation
3. Helmer and Dalkey
4 . Murray
5. Kaufmann and Gupta
6. Ishikawa et al.
7. Hsu & Yang
8. Cheng & Lin
9. Forecasting

در غربال‌گری[1] [۲۴]. در این پژوهش از روش دلفی فازی برای کاربرد دوم، یعنی غربال ریسک‌های شناسایی‌شده توسط خبرگان و انتخاب ریسک‌های مهم‌تر، برای بررسی بیشتر استفاده شده است. در فرایند غربالگری معمولاً یک زیرمجموعه از مجموعه نسبتاً بزرگی از گزینه‌ها با استفاده از حداقل اطلاعات دردسترس انتخاب می‌شود تا در مراحل بعدی تصمیم‌گیری بررسی‌های بیشتری روی آن‌ها صورت گیرد [۷۹]. مراحل روش دلفی فازی به‌کار رفته در این پژوهش به‌صورت زیر است [۳۰]:

۱. جمع‌آوری نظرهای خبرگان: امتیاز ارزیابی هر یک از گزینه‌ها در قالب متغیرهای زبانی مطابق جدول ۲، از نظر هر یک از خبرگان جمع‌آوری شده است.

۲. تعیین اعداد فازی مثلثی: عدد فازی مثلثی معادل نظر هر یک از خبرگان در خصوص هر یک از گزینه‌ها بر اساس جدول ۲، در نظر گرفته شده و میانگین فازی آن‌ها بر اساس روش کلیر و یوآن[2] (۱۹۹۵)، محاسبه می‌شود [۴۱]. فرض کنید مقدار ارزیابی گزینه jام از نظر خبره iام از میان n خبره مشارکت‌کننده $\tilde{w}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ در نظر گرفته شود که در آن $i = 1, 2, \dots, n$ و $j = 1, 2, \dots, m$ است؛ آنگاه مقدار میانگین فازی ارزش گزینه jام برابر است با:

$$\tilde{w}_j = (a_j, b_j, c_j) \qquad (۱)$$

که در آن:

$$a_j = Min_i\{a_{ij}\}, \qquad b_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} b_{ij}, \qquad c_j = Max_i\{c_{ij}\}$$

۳. فازی‌زدایی: با استفاده از روش مرکز جاذبه ساده، مقادیر فازی‌زدایی‌شده $\tilde{w}_j$ برای هر گزینه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_j = \frac{a_j + b_j + c_j}{3}\ ,\ j = 1, 2, \dots, m \qquad (۲)$$

۴. غربال گزینه‌ها: در انتها می‌توان گزینه‌های مناسب را از میان گزینه‌های متعدد با تعیین آستانه α غربال کرد. قانون غربالگری به‌صورت زیر است:

اگر $S_j \geq \alpha$ باشد؛ آنگاه گزینه j قبول می‌شود.

اگر $S_j < \alpha$ باشد؛ آنگاه گزینه j رد می‌شود.

زو و همکاران (۲۰۱۰)، بر اساس قانون ۳۰–۷۰، مقدار آستانه را ۷ در نظر گرفتند. در این پژوهش نیز همین مقدار به‌عنوان آستانه غربالگری در نظر گرفته شده است [۳۰].

در روش دلفی کلاسیک چند دور نظرخواهی از خبرگان لازم است تا سازگاری در قضاوت‌های آن‌ها حاصل شود؛ درحالی‌که از جمله مزایای روش دلفی فازی با استفاده از

1. Screening
2. Klir & Yuan

متغیرهای زبانی، این است که تنها یک دور نظرخواهی کافی است و تمامی نظرهای خبرگان پوشش داده می‌شود و بدین ترتیب هزینه و زمان لازم برای اجرای این روش نیز نسبت به روش دلفی سنتی کمتر است [۴۴]. حبیبی و همکاران (۲۰۱۵)، نیز تأکید کرده‌اند که از مزایای استفاده از روش دلفی فازی به‌منظور غربال‌گری این است که یک دور نظرخواهی از خبرگان به‌منظور تلخیص و رده‌بندی موارد کافی است [۲۴]. ازآنجاکه در این پژوهش از روش دلفی فازی به‌منظور غربال اولیه ریسک‌ها استفاده می‌شود، یک دور نظرخواهی از خبرگان صورت گرفت.

روش SWARA فازی. روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن گام‌به‌گام[1] (SWARA) نخستین بار توسط کرسولین و همکاران[2] (۲۰۱۰)معرفی شد [۳۹]. در این روش که بر اساس وزن‌دهی است، ابتدا بر اساس نظر تصمیم‌گیرندگان، اولویت‌بندی اولیه برای گزینه‌ها نزد هر شاخص تعیین می‌شود؛ سپس وزن نسبی هر گزینه برای کلیه شاخص‌ها تعیین می‌شود و رتبه‌بندی گزینه‌ها بر این اساس صورت می‌گیرد [۴]. مروری بر موارد استفاده از این روش در کاربردهای مختلف توسط مردانی و همکاران (۲۰۱۷) انجام شده است [۵۲]. قربایی و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی که به‌منظور ارزیابی تجهیزات ساخت‌وساز ارائه کردند، یک روش ترکیبی تصمیم‌گیری چندشاخصه را به‌کار گرفتند که در آن به‌منظور تعیین وزن شاخص‌ها یک روش SWARA فازی مبتنی بر اعداد فازی مثلثی[3] ارائه کردند [۲۰]. در پژوهش پیش رو یک روش SWARA فازی بر اساس گام‌های روش آن‌ها، اما مبتنی بر اعداد فازی ذوزنقه‌ای[4] به‌جای اعداد مثلثی، ارائه شده است. در این روش از اعداد فازی ذوزنقه‌ای بر اساس روش پیشنهادی ما[5] و همکاران (۲۰۰۰)، استفاده می‌شود. به‌منظور تعیین وزن شاخص‌ها در پژوهش حاضر از این روش استفاده می‌شود[۵۱]. در ادامه گام‌های این روش ارائه شده است:

گام نخست: هر یک از تصمیم‌گیرندگان بر اساس نظر خود در خصوص اهمیت شاخص‌ها، آن‌ها را از مهم‌ترین به کم‌اهمیت‌ترین مرتب می‌کند. فرض کنید r_{jp} رتبه شاخص jام را از نظر تصمیم‌گیرنده pام نشان می‌دهد ($p=1, 2, \ldots, k$).

گام دوم: با شروع از شاخص واقع در رتبه دوم ($r_{jp}=2$)، هر تصمیم‌گیرنده اهمیت نسبی هر شاخص را نسبت به شاخص قبلی آن در فهرست مرتب‌شده شاخص‌ها به همراه یک مقدار فازی‌بودن[6] بیان می‌دارد. فرض کنید $S_{r_{jp}}$ و $\sigma_{r_{jp}}$ به‌ترتیب نشان‌دهنده اهمیت نسبی و مقدار فازی‌بودن مربوطه باشند؛ بنابراین عدد فازی ذوزنقه‌ای متقارن مربوط به نظر تصمیم‌گیرندگان به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

1. Step-wise weight assessment ratio analysis
2. Keršuliene, et al.
3. triangular Fuzzy Number
4. Trapezoidal Fuzzy Number
5. Ma
6. Fuzziness Value

$$\tilde{S}_{r_{jp}} = (S_{r_{jp}} - \sigma_{r_{jp}} \ , S_{r_{jp}} - \frac{\sigma_{r_{jp}}}{2} \ , S_{r_{jp}} + \frac{\sigma_{r_{jp}}}{2} \ , S_{r_{jp}} , S_{r_{jp}} + \sigma_{r_{jp}}) \qquad (۳)$$

گام سوم: ضریب $\widetilde{K}_{r_{jp}}$ برای هر معیار به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\widetilde{K}_{r_{jp}} = \begin{cases} (1 , 1, 1) & \text{if} \quad r_{jp} = 1 \\ 1 + \tilde{S}_{r_{jp}} & \text{if} \quad r_{jp} > 1 \end{cases} \qquad (۴)$$

گام چهارم: ضریب وزنی باز محاسبه‌شده به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\tilde{Q}_{r_{jp}} = \begin{cases} (1 , 1, 1) & \text{if} \quad r_{jp} = 1 \\ \tilde{Q}_{r_{jp}-1} \oslash \widetilde{K}_{r_{jp}} & \text{if} \quad r_{jp} > 1 \end{cases} \qquad (۵)$$

گام پنجم: اوزان فازی شاخص‌ها از نظر تصمیم‌گیرنده pام به‌صورت زیر تعیین می‌شوند:

$$\widetilde{w}_{jp} = \tilde{Q}_{r_{jp}} \oslash (\oplus_{r_{jp}=1}^{m} \tilde{Q}_{r_{jp}}) \qquad (۶)$$

گام ششم: محاسبه میانگین اوزان فازی شاخص‌ها:

$$\widetilde{w}_j = \frac{1}{k} \oplus_{p=1}^{k} \widetilde{w}_{jp} \qquad (۷)$$

روش EDAS فازی. در پژوهش‌های کاربردی، روش ارزیابی بر اساس فاصله از راه‌حل میانگین[1] (EDAS) نخستین بار توسط قربایی و همکاران (۲۰۱۵)، به‌منظور حل مسئله طبقه‌بندی موجودی ABC پیشنهاد شد. این روش جزو روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه جبرانی محسوب می‌شود. ارزیابی گزینه‌ها در این روش بر اساس فاصله‌های هر یک از گزینه‌ها از راه‌حل میانگین نزد هر یک از معیارها صورت می‌گیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که این روش از کارایی خوبی برخوردار است و نسبت به سایر روش‌های متداول به محاسبات کمتری نیاز دارد [۴۰]. قربایی و همکاران (۲۰۱۶)، روش EDAS فازی را با استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای

1. The evaluation based on distance from average solution

ارائه دادند. آن‌ها با استفاده از تحلیل حساسیت کارایی این روش را نسبت به برخی از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی نشان دادند [۲۲]؛ همچنین قربایی و همکاران (۲۰۱۷)، توسعه دیگری از روش EDAS به محیط فازی را با استفاده از مجموعه‌های فازی نوع دوم فاصله‌ای پیشنهاد کردند [۲۱]. قهرمان و همکاران (۲۰۱۷)، روش EDAS فازی شهودی را با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی شهودی[1] ارائه دادند [۳۵]. گام‌های روش EDAS فازی بر اساس اعداد فازی ذوزنقه‌ای که در پژوهش حاضر به‌کار می‌رود، به شرح زیر است [۲۲]:

گام نخست: تشکیل ماتریس تصمیم میانگین (X) به شکل زیر است که در آن $\tilde{x}_{ij}^{p}$ مقدار عملکرد گزینه ($1 \le i \le n$) A_i را با توجه به معیار ($1 \le j \le n$) c_j از نظر تصمیم‌گیرنده p ($1 \le p \le k$) در قالب متغیرهای زبانی جدول نشان می‌دهد:

$$X = \left[\tilde{x}_{ij}\right]_{n\times m} \quad (۸)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} \oplus_{p=1}^{k} \widetilde{x_{ij}^{p}} \quad (۹)$$

گام دوم: تشکیل بردار اوزان شاخص‌ها به شکل زیر است که در آن $\widetilde{w}_{ij}$ وزن معیار ($1 \le j \le m$) c_j از نظر تصمیم‌گیرنده pام ($1 \le p \le k$) نشان می‌دهد:

$$W = \left[\widetilde{w}_j\right]_{1\times m} \quad (۱۰)$$

$$\widetilde{w}_j = \frac{1}{k} \oplus_{p=1}^{k} \widetilde{w}_j^{p} \quad (۱۱)$$

گام سوم: تشکیل بردار میانگین به شکل زیر که عناصر آن ($\widetilde{av}_j$) راه‌حل میانگین را با توجه به هر شاخص نشان می‌دهند:

$$AV = \left[\widetilde{av}_j\right]_{1\times m} \quad (۱۲)$$

$$\widetilde{av}_j = \frac{1}{n} \oplus_{i=1}^{n} \tilde{x}_{ij} \quad (۱۳)$$

بنابراین بُعد این بردار برابر با بُعد بردار اوزان شاخص‌ها است.

گام چهارم: فرض کنید B مجموعه شاخص‌های مثبت و N مجموعه شاخص‌های منفی باشد. در این گام ماتریس‌های فاصله مثبت از میانگین (PDA) و فاصله منفی از میانگین (NDA) با توجه به مثبت یا منفی‌بودن شاخص به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$PDA = \left[\widetilde{pda}_{ij}\right]_{n\times m} \quad (۱۴)$$

1. Intuitionistic Fuzzy sets

$$NDA = \left[\widetilde{nda}_{ij}\right]_{n\times m} \quad (۱۵)$$

$$\widetilde{pda}_{ij} = \begin{cases} \frac{\psi(\tilde{x}_{ij}\ominus\tilde{av}_j)}{\kappa(\tilde{av}_j)} & \text{if } j \in B \\ \frac{\psi(\tilde{av}_j\ominus\tilde{x}_{ij})}{\kappa(\tilde{av}_j)} & \text{if } j \in N \end{cases} \quad (۱۶)$$

$$\widetilde{nda}_{ij} = \begin{cases} \frac{\psi(\tilde{av}_j\ominus\tilde{x}_{ij})}{\kappa(\tilde{av}_j)} & \text{if } j \in B \\ \frac{\psi(\tilde{x}_{ij}\ominus\tilde{av}_j)}{\kappa(\tilde{av}_j)} & \text{if } j \in N \end{cases} \quad (۱۷)$$

در روابط بالا، $\widetilde{pda}_{ij}$ و $\widetilde{nda}_{ij}$ به‌ترتیب فاصله مثبت و منفی مقدار عملکرد گزینه **i**ام از راه‌حل میانگین نزد شاخص jام را نشان می‌دهد.

گام پنجم: محاسبه مجموع وزین فاصله‌های مثبت و منفی برای همه گزینه‌ها:

$$\widetilde{sp}_i = \oplus_{j=1}^{m}(\tilde{w}_j \otimes \widetilde{pda}_{ij}) \quad (۱۸)$$

$$\widetilde{sn}_i = \oplus_{j=1}^{m}(\tilde{w}_j \otimes \widetilde{nda}_{ij}) \quad (۱۹)$$

گام ششم: مقادیر بهنجارشده $\widetilde{sp}_i$ و $\widetilde{sn}_i$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$\widetilde{nsp}_i = \frac{\widetilde{sp}_i}{\max_i(\kappa(\widetilde{sp}_i))} \quad (۲۰)$$

$$\widetilde{nsn}_i = 1 - \frac{\widetilde{sn}_i}{\max_i(\kappa(\widetilde{sn}_i))} \quad (۲۱)$$

گام هفتم: محاسبه امتیاز ارزیابی $(\widetilde{as}_i)$ برای همه گزینه‌ها به‌صورت زیر:

$$\widetilde{as}_i = \frac{1}{2}(\widetilde{nsp}_i \oplus \widetilde{nsn}_i) \quad (۲۲)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

گام هشتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌ترتیب نزولی مقادیر قطعی (غیرفازی‌شده[1]) امتیاز ارزیابی ($\kappa(\widetilde{as}_i)$) صورت می‌گیرد. شایان ذکر است که مقدار قطعی یک عدد فازی ذوزنقه‌ای بر اساس قربایی[2] و همکاران (۲۰۱۶)، از رابطه زیر به‌دست می‌آید [۲۲]:

$$\kappa(\widetilde{as}) = \frac{1}{3}(as_1 + as_2 + as_3 + as_4 - \frac{as_3 as_4 - as_1 as_2}{(as_3 + as_4) - (as_1 + as_2)}) \quad (۲۳)$$

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

روش پیشنهادی پژوهش در پروژه تعمیرات اساسی در یکی از کارخانه‌های فراورش نفت خام واقع در جزیره خارک، به‌عنوان مورد مطالعه به‌کار گرفته شده است. پروژه یادشده به‌منظور افزایش کارایی و کیفیت محصول خروجی و بازگرداندن ظرفیت کارخانه به میزان اولیه برنامه‌ریزی شده است. در این پروژه انواع تجهیزات ثابت (مخازن، مبدل‌های حرارتی، تجهیزات نمک‌زدایی و غیره) و تجهیزات دوار (پمپ‌ها، کمپرسورها، توربین‌ها و غیره) بازرسی و در صورت نیاز تعمیر یا تعویض می‌شوند.

شناسایی ریسک‌ها. ابتدا طی مصاحبه با مدیران کارفرما و پیمانکار پروژه موردمطالعه، هدف و چارچوب ارزیابی ریسک و مسائل و مشکلات پیش روی پروژه به‌طورکلی بررسی شده و اطلاعات پروژه از قبیل محدوده پروژه، ساختار شکست کار، برنامه زمان‌بندی و سایر اطلاعات مربوطه جمع‌آوری شد؛ سپس گروه ارزیابی ریسک شامل شش تَن از خبرگان دارای تجربه در شرکت‌های پیمانکاری در زمینه پروژه‌های تعمیراتی در صنایع بالادستی نفت تشکیل شد.

فهرست رویدادهایی که امکان رخدادن آن‌ها وجود دارد و فهرست علل و سناریوهای بروز این رویدادها با استفاده از روش طوفان مغزی با شرکت خبرگان انتخاب‌شده تهیه شد. در این جلسه سعی شد تا قوانین جلسه طوفان فکری رعایت شود؛ یعنی از انتقاد نسبت به پیشنهادهای هر یک از شرکت‌کنندگان در این مرحله صرف‌نظر شده و ایده‌های جسورانه‌تر و بدیع‌تر مورد تشویق و ترغیب قرار گرفته است. تعداد پیشنهادها موردتوجه قرار گرفتند و نسبت به ادغام پیشنهادهای موازی و تکمیل پیشنهادها اقدام شد. در این مرحله برای کمک به شناسایی ریسک‌ها از برنامه مدیریت ریسک، خروجی‌های برنامه‌ریزی پروژه، تجارب و اسناد ثبت‌شده و گزارش‌های پروژه‌های مشابه قبلی نیز استفاده شده است. خروجی این فرایند، فهرستی متشکل از ۲۹ ریسک متداول در پروژه‌های تعمیراتی صنایع بالادستی نفت است. جدول ۴، فهرست ریسک‌های شناسایی‌شده توسط خبرگان را نشان می‌دهد.

1. Defuzzified
2. Ghorabaee

در ادامه از طریق مصاحبه و نظرخواهی از خبرگان، ریسک‌های شناسایی‌شده با استفاده از روش دلفی فازی غربال‌گری شده است تا ریسک‌هایی که از نظر خبرگان دارای اهمیتی بیشتری هستند، برای ورود به مرحله تحلیل ریسک به‌منظور انجام تحلیل بیشتر انتخاب شوند. نتیجه غربال ریسک‌ها با استفاده از روش دلفی فازی در جدول ۴، نشان داده شده است. در این جدول میانگین فازی نظر خبرگان با استفاده از رابطه ۱ و مقدار قطعی (مقدار فازی‌زدایی‌شده) میانگین با استفاده از رابطه ۲، محاسبه شده است.

درنهایت فهرستی متشکل از ۱۰ ریسک مهم برای پروژه‌های یادشده استخراج شد. فهرست این ۱۰ ریسک همراه با شناسه اختصاص‌یافته به هر یک در جدول ۵، ارائه شده است. ریسک‌های ذکرشده در جدول ۵، از منظر خبرگان به‌عنوان مهم‌ترین ریسک‌ها شناخته شده و به‌عنوان ورودی مرحله تحلیل و رتبه‌بندی ریسک‌ها در نظر گرفته شده‌اند. سایر ریسک‌های این‌گونه پروژه‌ها نیز می‌تواند بدون رتبه‌بندی در مرحله واکنش یا کنترل ریسک پایش شود تا در صورت جدی‌شدن اثر آن‌ها در یک پروژه خاص، واکنش متناسب آن‌ها نیز اتخاذ شود.

جدول ۴. عناوین ریسک‌های شناسایی‌شده و غربال‌گری آن‌ها به روش دلفی فازی

نوع ریسک	عنوان ریسک	میانگین فازی نظرهای خبرگان	مقدار قطعی	نتیجه
فنی	دسترسی به فناوری لازم	(۹ , ۷/۱۷ , ۵)	۷/۰۶	قبول
	مشکلات کیفی قطعات و مواد	(۵ , ۳/۵۰ , ۲)	۳/۵۰	رد
	مشکلات کنترل کیفیت حین اجرا	(۵ , ۱/۸۳ , ۱)	۲/۶۱	رد
	عملکرد نامناسب و خطای نیروی انسانی	(۹ , ۷/۰۰ , ۵)	۷/۰۰	قبول
	حوادث و تأخیر در حمل تجهیزات	(۴ , ۲/۵۰ , ۱)	۲/۵۰	رد
	شکست و نقص تجهیزات در حین عملیات	(۹ , ۷/۱۷ , ۵)	۷/۰۶	قبول
	کمبود آموزش منابع انسانی	(۳ , ۱/۳۳ , ۱)	۱/۷۸	رد
	دسترسی به اسناد فنی تجهیزات	(۵ , ۲/۶۷ , ۱)	۲/۸۹	رد
بیرونی	مشکلات ایمنی، سلامت و زیست‌محیطی	(۹ , ۷/۶۱ , ۶)	۷/۵۴	قبول
	عدم‌ثبات اقتصادی	(۶ , ۴/۳۳ , ۳)	۴/۴۴	رد
	بروز شرایط جوی نامساعد	(۴ , ۱/۸۳ , ۱)	۲/۲۸	رد
	قوانین امنیتی برای دسترسی به تأسیسات	(۹ , ۸/۲۲ , ۷)	۸/۰۷	قبول
	تأمین مالی به‌موقع از سوی کارفرما	(۹ , ۸/۵۶ , ۷)	۸/۱۹	قبول
	شرایط اضطراری	(۴ , ۱/۸۳ , ۱)	۲/۲۸	رد
	تأخیر در تأمین تجهیزات از خارج از کشور	(۹ , ۸/۰۰ , ۵)	۷/۳۳	رد
	تاخیرات تأمین‌کنندگان داخلی	(۴ , ۲/۶۷ , ۱)	۲/۵۶	رد
	فساد اداری	(۳ , ۱/۳۳ , ۱)	۱/۷۸	رد
	تغییرات قوانین و مقررات	(۵ , ۳/۱۷ , ۱)	۳/۰۶	رد
	تنش‌های سیاسی	(۴ , ۱/۸۳ , ۱)	۲/۲۸	رد

نوع ریسک	عنوان ریسک	میانگین فازی نظرهای خبرگان	مقدار قطعی	نتیجه
تجاری	دسترسی به متخصصان در مناطق عملیاتی	(۹ , ۷/۴۴ , ۶)	۷/۴۸	قبول
	تأمین و انتقال ارز خارجی	(۷ , ۵/۰۰ , ۳)	۵/۰۰	رد
	تغییرات قیمت‌ها و تورم	(۷ , ۴/۸۳ , ۳)	۴/۹۴	رد
	مشکلات و تأخیر در اخذ مجوزها	(۴ , ۲/۵۰ , ۱)	۲/۵۰	رد
مدیریت	هماهنگی با کارفرما و سایر ذی‌نفعان	(۹ , ۷/۵۶ , ۵)	۷/۱۹	قبول
	خطا در اجرای رویه‌ها	(۳ , ۱/۵۰ , ۱)	۱/۸۳	رد
	مشکلات قراردادی با کارفرما و پیمانکاران جزء	(۵ , ۳/۰۰ , ۱)	۳/۰۰	رد
	تخمین نادرست زمان و هزینه	(۹ , ۷/۸۹ , ۵)	۷/۳۰	قبول
	ساختار سازمانی نامناسب	(۳ , ۱/۳۳ , ۱)	۱/۷۸	رد
	ابهام و تغییر در محدوده کار	(۸ , ۶/۰۰ , ۴)	۶/۰۰	رد

جدول ۵. مهم‌ترین ریسک‌های شناسایی‌شده برای ورود به مرحله تحلیل ریسک

شناسه	عنوان ریسک	نوع ریسک
A۱	دسترسی به فناوری لازم	فنی
A۲	عملکرد نامناسب و خطای نیروی انسانی	
A۳	شکست و نقص تجهیزات در حین عملیات	
A۴	مشکلات ایمنی، سلامت و زیست‌محیطی	بیرونی
A۵	قوانین امنیتی برای دسترسی به تأسیسات	
A۶	تأمین مالی به‌موقع از سوی کارفرما	
A۷	عدم‌امکان یا تأخیر در تأمین تجهیزات از خارج از کشور	
A۸	دسترسی به منابع انسانی متخصص در مناطق عملیاتی	تجاری
A۹	هماهنگی با کارفرما و سایر ذی‌نفعان	مدیریت
A۱۰	تخمین نادرست زمان و هزینه	

ارزیابی ریسک‌ها. در پژوهش حاضر هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه که در مبانی نظری مدیریت پروژه از آن‌ها به‌عنوان «محدودیت‌ها یا مؤلفه‌های کلیدی عملکرد پروژه» یاد می‌شود، به‌عنوان معیارهای رتبه‌بندی ریسک‌ها در نظر گرفته شده‌اند [۵]. در این مرحله از خبرگان خواسته شد تا بر اساس نظر خود در خصوص اهمیت هر یک از معیارها، آن‌ها را از مهم‌ترین به کم‌اهمیت‌ترین مرتب کنند. بدین ترتیب r_{jp} (رتبه شاخص jام را از نظر تصمیم‌گیرنده pام) معین شده است؛ سپس با شروع از معیار واقع در رتبه دوم از هر یک از خبرگان خواسته شد تا اهمیت نسبی هر شاخص را نسبت به شاخص قبلی آن در فهرست مرتب‌شده شاخص‌ها بیان کنند؛ همچنین با توافق خبرگان مقدار فازی‌بودن ($\sigma_{r_{jp}}$) برابر ۰/۰۶ برای کلیه مقادیر r_{jp} در نظر گرفته

شد. بدین ترتیب مقادیر وزن هر یک از معیارها از نظر هر یک از خبرگان با استفاده از روابط مطابق جدول ۵، به‌دست آمد. در ادامه میانگین فازی وزن به‌دست‌آمده از نظر هر یک از خبرگان، به‌عنوان وزن فازی نهایی هر یک از معیارها به‌دست آمد که در جدول ۶، نشان داده شده است.

جدول ۶. محاسبه وزن هر یک از معیارها از نظر خبرگان به روش SWARA فازی

خبره	ترتیب معیارها	$S_{r_{jp}}$	ضریب وزنی فازی باز محاسبه‌شده ($\tilde{Q}_{r_{jp}}$)				وزن فازی از منظر هر تصمیم‌گیرنده ($\tilde{w}_{jp}$)			
DM۱	C۴	-	(۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰)	(۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۴۰)
	C۳	۰/۴۵	(۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۷۲)	(۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۲۹)
	C۲	۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۴۹	۰/۵۴	۰/۵۶)	(۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۲)
	C۱	۰/۲۳	(۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۴۸)	(۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۹)
DM۲	C۴	-	(۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰)	(۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۴۱)
	C۳	۰/۶۴	(۰/۵۹	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۶۳)	(۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۶)
	C۲	۰/۲۳	(۰/۴۶	۰/۴۸	۰/۵۲	۰/۵۴)	(۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۲)
	C۱	۰/۱۷	(۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۴۹)	(۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۲۰)
DM۳	C۴	-	(۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰)	(۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۴۰	۰/۴۰)
	C۳	۰/۴۸	(۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۰)	(۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۹)
	C۱	۰/۳۳	(۰/۴۷	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۵۵)	(۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۲)
	C۲	۰/۲۶	(۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۴۶)	(۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۹)
DM۴	C۴	-	(۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰)	(۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۴۷)
	C۳	۰/۷۶	(۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۵۹)	(۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۸)
	C۲	۰/۵۲	(۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۴۰)	(۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۹)
	C۱	۰/۴۱	(۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۰)	(۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۴)
DM۵	C۳	-	(۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰)	(۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۴۹)
	C۴	۰/۸۱	(۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۷)	(۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۸)
	C۲	۰/۶۷	(۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۳۵)	(۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۷)
	C۱	۰/۴۸	(۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۵)	(۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۲)
DM۶	C۴	-	(۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰)	(۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۴۰	۰/۴۰)
	C۳	۰/۴۸	(۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۰)	(۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۹)
	C۱	۰/۳۳	(۰/۴۷	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۵۵)	(۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۲)
	C۲	۰/۲۶	(۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۴۶)	(۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۷	۱۹/۰)

جدول ۷. میانگین وزن فازی به‌دست‌آمده برای هر یک از معیارها

شناسه	معیار	وزن فازی به‌دست‌آمده
C۱	محدوده	(۰/۵۰ ، ۰/۴۰ ، ۰/۳۴ ، ۰/۲۶)
C۲	کیفیت	(۰/۶۱ ، ۰/۵۱ ، ۰/۴۵ ، ۰/۳۵)
C۳	زمان	(۰/۷۰ ، ۰/۶۰ ، ۰/۵۵ ، ۰/۴۵)
C۴	هزینه	(۰/۸۹ ، ۰/۸۳ ، ۰/۷۴ ، ۰/۶۴)

در مرحله بعد ریسک‌ها به روش EDAS فازی رتبه‌بندی شده است. به این منظور از خبرگان خواسته شد تا نظر خود را در مورد اهمیت هر یک از ریسک‌ها در نزد هر یک از معیارها در قالب متغیرهای زبانی جدول ۱، اعلام کنند که این نظرها در کاربرگ‌های مربوطه ثبت شد. در ادامه، میانگین اعداد فازی ذوزنقه‌ای مربوط به اهمیت هر گزینه (هر یک از ریسک‌ها) نزد هر معیار (زمان، هزینه،کیفیت و محدوده) از طریق رابطه ۷، محاسبه شده است. حاصل میانگین‌گیری نظرها، ماتریس تصمیم فازی میانگین ($\boldsymbol{X}$) است که در جدول ۸، مشاهده می‌شود؛ همچنین بردار راه‌حل میانگین ($\boldsymbol{AV}$) که با استفاده از رابطه ۱۱، برای هر یک از معیارها محاسبه شده، در آخرین سطر جدول ۸، ارائه شده است.

در ادامه مقادیر مجموع موزون فاصله‌های مثبت و منفی ($\widetilde{sp}_i$ و $\widetilde{sn}_i$) و سپس مقادیر بهنجارشده آن‌ها ($\widetilde{nsp}_i$ و $\widetilde{nsn}_i$) با استفاده از روابط ۱۲ تا ۱۹، محاسبه شده است که مقادیر حاصل در جدول ۹، مشاهده می‌شود.

بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده قبل و با استفاده از روابط ۲۰ و ۲۱، مقادیر امتیاز ارزیابی فازی ($\widetilde{as}_i$) و نیز مقدار قطعی آن ($\kappa(\widetilde{as}_i)$) به‌دست آمده است که در جدول ۱۰، مشاهده می‌شود. با توجه به این جدول، ریسک تأمین مالی به‌موقع از سوی کارفرماکارفرما (شاخص نزدیکی نسبی ۰/۵۱) دارای بالاترین رتبه در میان ریسک‌ها است و ریسک شکست و نقص تجهیزات در حین عملیات (شاخص نزدیکی نسبی ۰/۱۵) پایین‌ترین رتبه را در میان ریسک‌های پروژه‌های تعمیرات صنایع بالادستی نفت از منظر خبرگان به‌دست آورده‌اند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۸. ماتریس تصمیم فازی میانگین و بردار راه‌حل میانگین

	C۱	C۲	C۳	C۴
A۱	(۴/۷۵ ۵/۷۵ ۶/۵۰)	(۲/۷۵ ۳/۵۰ ۴/۸۸)	(۱/۶۳ ۲/۲۵ ۲/۸۸)	(۲/۵۰ ۳/۳۸ ۳/۶۳)
A۲	(۱/۸۸ ۲/۶۳ ۳/۲۵)	(۵/۵۰ ۶/۵۰ ۶/۸۸)	(۱/۵۰ ۲/۰ ۲/۷۵)	(۴/۲۵ ۵/۱۳ ۵/۶۳)
A۳	(۱/۱۳ ۱/۶۳ ۲/۳۸)	(۱/۰۰ ۱/۵۰ ۲/۱۳)	(۰/۸۸ ۱/۵۰ ۲/۱۳)	(۲/۸۸ ۳/۶۳ ۴/۱۳)
A۴	(۶/۷۵ ۷/۷۵ ۷/۳۸)	(۲/۱۳ ۲/۸۸ ۳/۳۸)	(۰/۵۰ ۸۸ ۱/۶۳)	(۵/۶۳ ۶/۶۳ ۷/۱۳)
A۵	(۳/۷۵ ۴/۳۸ ۴/۸۸)	(۲/۰۰ ۲/۷۵ ۳/۵۰)	(۷/۱۳ ۸/۱۳ ۸/۷۵)	(۲/۶۳ ۳/۳۸ ۴/۴۳)
A۶	(۶/۶۳ ۷/۶۳ ۸/۳۸)	(۷/۱۳ ۸/۱۳ ۸/۶۳)	(۷/۲۵ ۸/۲۵ ۹/۱۳)	(۷/۱۳ ۸/۱۳ ۸/۶۳)
A۷	(۴/۲۵ ۵/۲۵ ۵/۸۸)	(۶/۶۳ ۷/۶۳ ۸/۳۸)	(۴/۸۸ ۵/۸۸ ۶/۳۸)	(۶/۳۸ ۷/۰۰ ۷/۰۰)
A۸	(۲/۵۰ ۳/۲۵ ۴/۲۵)	(۲/۲۵ ۲/۷۵ ۳/۵۰)	(۱/۸۸ ۲/۶۳ ۳/۲۵)	(۳/۰۰ ۳/۸۸ ۴/۲۵)
A۹	(۴/۵۰ ۵/۵۰ ۶/۰)	(۱/۱۳ ۱/۶۳ ۲/۳۸)	(۱/۳۸ ۱/۸۸ ۲/۵۰)	(۶/۷۵ ۷/۷۵ ۸/۲۵)
A۱۰	(۲/۵۰ ۳/۲۵ ۴/۷۵)	(۲/۲۵ ۲/۷۵ ۳/۵۰)	(۰/۶۳ ۱/۱۳ ۱/۷۵)	(۱/۲۵ ۱/۸۸ ۲/۷۵)
A۷	(۳/۸۶ ۴/۷۰ ۵/۲۱)	(۳/۲۸ ۴/۰ ۴/۶۱)	(۲/۸۹ ۳/۵۸ ۴/۲۳)	(۴/۰۹ ۴/۹۶ ۵/۰۶)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۹. مجموع های موزون فواص و مقادیر بهنجارشده آن‌ها

	$\widetilde{sp}_i$	$\widetilde{su}_i$	$\widetilde{nsp}_i$	$\widetilde{nsu}_i$
A1	(۰/۳۵) (-۰/۳۱ ۳۰ ۷۷ ۱/۶۳)	(-۰/۰۲ ۱ ۴ ۰/۱۰)	(-۰/۴۲ ۳۳ ۷۴ ۱/۲۷)	
A2	(۰/۴۵) (-۰/۱۲ ۲۱ ۵۵ ۱/۰۶)	(-۰/۱۲ ۹ ۲۱ ۰/۴۲)	(۰/۰۷ ۵۳ ۸۱ ۱/۱۰)	
A3	(۰/۳۴) (-۰/۱۲ ۶۷ ۱/۳۷ ۲/۴۶)	(۰/۰۲ ۳ ۶ ۰/۱۰)	(-۱/۱۴ -۰/۱۹ ۴۲ ۱/۱۰)	
A4	(۱/۵۵) (-۰/۰۶ ۳۴ ۷۲ ۱/۲۸)	(۰/۰۸ ۲۰ ۲۷ ۰/۴۵)	(-۰/۱۱ ۳۸ ۷۱ ۱/۰۵)	
A5	(۱/۶۳) (-۰/۲۵ ۱۲ ۶۲ ۱/۳۵)	(۰/۱۳ ۲۴ ۳۴ ۰/۴۸)	(-۰/۱۸ ۴۶ ۹۰ ۱/۲۲)	
A6	(۰/۰۰ ۰ ۰ ۰/۰۰)	(۰/۲۵ ۵۲ ۷۵ ۱/۰۷)	(۱/۰۰ ۱/۰ ۱/۰ ۱/۰۰)	
A7	(۰/۰۰ ۰ ۰ ۰/۰۰)	(۰/۰۸ ۳۲ ۵۳ ۰/۸۴)	(۱/۰۰ ۱/۰ ۱/۰ ۱/۰۰)	
A8	(-۰/۴۴ ۲۶ ۸۸ ۱/۹۵)	(۰/۰۲ ۳ ۵ ۰/۰۹)	(-۰/۶۹ ۲۴ ۷۷ ۱/۳۹)	
A9	(-۰/۰۸ ۳۲ ۷۱ ۱/۲۶)	(۰/۰۷ ۱۹ ۲۷ ۰/۴۱)	(-۰/۱۰ ۳۸ ۷۲ ۱/۰۷)	
A10	(-۰/۰۶ ۷۲ ۱/۴۲ ۲/۴۷)	(۰/۰۲ ۴ ۵ ۰/۰۹)	(-۱/۱۴ -۰/۲۴ ۳۷ ۱/۰۵)	

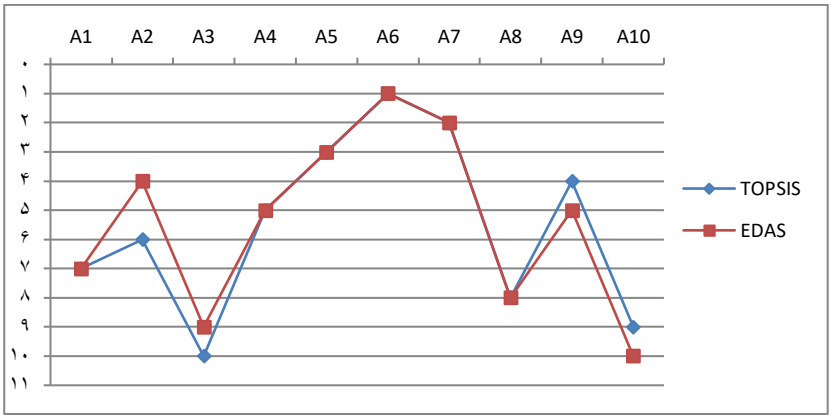
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱۰. امتیاز ارزیابی و رتبه ریسک‌ها

شناسه	عنوان ریسک	امتیاز ارزیابی فازی ($\widetilde{as}_i$)	مقدار قطعی ($\kappa(\widetilde{as}_i)$)	رتبه
A۱	دسترسی به فناوری لازم	(۰/۶۹، ۰/۳۹، ۰/۱۷، ۰-/۲۲)	۰/۲۵	۷
A۲	عملکرد نامناسب و خطای نیروی انسانی	(۰/۷۶، ۰/۵۱، ۰/۳۱، ۰-/۰۲)	۰/۳۹	۴
A۳	شکست و نقص تجهیزات در حین عملیات	(۰/۶۰، ۰/۲۴، ۰-/۰۸، ۰-/۵۶)	۰/۰۴	۱۰
A۴	مشکلات ایمنی، سلامت و زیست‌محیطی	(۰/۷۵، ۰/۴۹، ۰/۲۹، ۰-/۰۱)	۰/۳۸	۵
A۵	قوانین امنیتی جهت دسترسی به تأسیسات	(۰/۸۵، ۰/۶۲، ۰/۳۵، ۰-/۰۲)	۰/۴۴	۳
A۶	تأمین مالی به‌موقع از سوی کارفرما	(۱/۰۳، ۰/۸۷، ۰/۷۶، ۰/۶۳)	۰/۸۳	۱
A۷	تأخیر در تأمین تجهیزات از خارج از کشور	(۰/۹۲، ۰/۷۶، ۰/۶۶، ۰/۵۴)	۰/۷۲	۲
A۸	دسترسی متخصصین در مناطق عملیاتی	(۰/۷۴، ۰/۴۱، ۰/۱۴، ۰-/۳۴)	۰/۲۳	۸
A۹	هماهنگی با کارفرما و سایر ذینفعان	(۰/۷۴، ۰/۵۰، ۰/۲۸، ۰-/۰۱)	۰/۳۸	۵
A۱۰	تخمین نادرست زمان و هزینه	(۰/۵۷، ۰/۲۱، ۰-/۱۰، ۰-/۵۶)	۰/۰۲	۹

گزینه‌ها (ریسک‌ها) با استفاده از روش سنتی تاپسیس فازی با اعداد ذوزنقه‌ای و با درنظرگرفتن همین اوزان به‌منظور ایجاد امکان مقایسه، رتبه‌بندی شود [۱۲]. نتایج مقایسه‌ای رتبه‌بندی ریسک‌ها با دو روش EDAS فازی و تاپسیس فازی در شکل ۲، نشان داده شده است. با توجه به این شکل، نتایج رتبه‌بندی در خصوص سه ریسک دارای بیشترین اهمیت، یکسان است. فقط در خصوص سه ریسک A۳، A۹ و A۱۰ رتبه‌بندی به‌دست‌آمده یک رتبه اختلاف داشته و تنها در خصوص یک ریسک (A۲) رتبه‌بندی به‌دست‌آمده از دو روش دو پله اختلاف دارند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۲. مقایسه نتایج رتبه‌بندی ریسک‌ها با دو روش EDAS فازی و TOPSIS فازی

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به یافته‌های پژوهش، تأمین مالی به‌موقع از سوی کارفرما مهم‌ترین ریسک پروژه‌های تعمیراتی صنایع بالادستی نفت محسوب می‌شود. تأخیر در پرداخت صورت‌وضعیت پیمانکاران به‌دلیل عواملی چون عدم‌تخصیص بهنگام بودجه، اتلاف زمان در پرداخت به‌دلیل پیچیدگی قوانین و موانع مقرراتی، تعدد مراحل اداری و غیره از جمله عوامل ریشه‌ای این ریسک محسوب می‌شود. پس از این ریسک و با فاصله اندکی از آن، ریسک تأخیر در تأمین تجهیزات از خارج کشور است که از جمله دلایل ریشه‌ای آن می‌توان تحریم‌های اقتصادی، موانع گمرکی، نداشتن تجربه در بازرگانی خارجی تجهیزات صنعتی، موانع ارزی و بانکی را نام برد. همان‌گونه که از مقادیر امتیاز ارزیابی ($\kappa(\widetilde{as}_i)$) مشاهده می‌شود، این دو ریسک با اختلاف نسبتاً زیادی (حدود ۰/۲۸) از ریسک رتبه سوم جدا شده‌اند؛ به‌عبارت‌دیگر دو ریسک اول با فاصله از اهمیت بیشتری نسبت به سایر عوامل ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی از منظر خبرگان شرکت‌کننده در پژوهش برخوردار بوده‌اند. ریسک قوانین امنیتی برای دسترسی به تأسیسات دارای رتبه سوم بوده و عملکرد نامناسب و خطای نیروی انسانی، هماهنگی با کارفرما و سایر ذی‌نفعان، مشکلات ایمنی، سلامت و زیست‌محیطی با امتیاز ارزیابی نزدیک به هم‌رتبه‌های بعدی را دارا هستند. ریسک‌های دسترسی به فناوری لازم و دسترسی به متخصصان در مناطق عملیاتی با فاصله در رتبه‌های هفتم و هشتم قرار گرفته‌اند. ریسک‌های تخمین نادرست زمان و هزینه، شکست و نقص تجهیزات در حین عملیات امتیاز ارزیابی بسیار اندکی کسب کرده‌اند که نشان‌دهنده کم‌اهمیت‌بودن آن‌ها نسبت به سایر ریسک‌ها از منظر خبرگان است.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد، ریسک‌های بیرونی پروژه درمجموع بیشترین اهمیت را در بین چهار دسته ریسک‌های پروژه بر اساس دسته‌بندی استاندارد پیکره دانش مدیریت پروژه دارا

هستند. این امر نشان‌دهنده آن است که بیشترین ریسک‌ها از محیط بیرونی به پروژه‌های تعمیراتی صنایع بالادستی تحمیل می‌شود.

بنا بر نتایج پژوهش پیشنهاد می‌شود صنعت نفت در جهت رفع موانع بیرونی از جمله مقررات‌زدایی، تسهیل در پرداخت‌ها، بازنگری مقررات و سیستم اجرایی پروژه‌ها را در دستور کار قرار دهد. ساختارهای حمایتی نظیر بیمه‌ها نیز می‌توانند در امر مدیریت ریسک شرکت‌های پیمانکار را یاری رسانند؛ همچنین تسهیل در امر واردات تجهیزات از سوی دستگاه‌های ذی‌ربط، دیگر پیشنهاد اجرایی این پژوهش در جهت کاهش ریسک پروژه‌های موردبررسی است.

انجام این پژوهش با محدودیت‌هایی همراه بود که از آن جمله می‌توان به سختی دسترسی به اطلاعات پروژه و کارشناسان خبره، مشکلات هماهنگی برای برگزاری جلسه‌ها و نیز عدم‌امکان تعمیم نتایج پژوهش به سایر پروژه‌ها به‌دلیل استفاده از نظر جمعی محدود از خبرگان اشاره کرد.

برای انجام پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی نیز برای رتبه‌بندی ریسک‌ها مورداستفاده قرار گیرند و نتایج با نتایج پژوهش حاضر مقایسه شود. استفاده از فنون آمار چندمتغیری نیز برای بررسی و اولویت‌بندی ریسک‌های این نوع پروژه‌ها پیشنهاد می‌شود؛ همچنین ارزیابی ریسک پروژه‌های تعمیرات اساسی بر مبنای سایر استانداردها و چارچوب‌های مدیریت ریسک از جمله «استاندارد انجمن مدیریت پروژه بریتانیا» یا ایزو ۳۱۰۰۰ پیشنهاد می‌شود. استفاده از فنون تصمیم‌گیری فازی برای رتبه‌بندی ریسک‌های سایر انواع پروژه از جمله پروژه‌های ساخت در صنایع بالادستی نفت نیز دیگر پیشنهاد این پژوهش است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

1. Adamtey, S., & Onsarigo, L. (2018). Analysis of pipe-bursting construction risks using probability-impact model. *Journal of Engineering, Design and Technology, 16(3),* 461-477 .
2. Ahmadi Moghadam, J., Motahari Farimani, N., & Kazemi, M. (2021). Developing a Project Planning Model Considering the Executive Methods and the Rework Activity. *Journal of Industrial Management Perspective*, *11(1),* 147-173. (In Persian).
3. Al-Turki, U., Duffuaa, S., & Bendaya, M. (2019). Trends in turnaround maintenance planning: literature review. *Journal of quality in maintenance engineering. 25(2),* 253-271.
4. Alinezhad, A., & Khalili, J. (2019). SWARA Method. In New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM) (pp. 99-102): *Springer*.
5. Arunraj, N., & Maiti, J. (2007). Risk-based maintenance—Techniques and applications. *Journal of hazardous materials, 142(3),* 653-661 .
6. Badiru, A. B., & Osisanya, S. O. (2016). *Project management for the oil and gas industry: a world system approach*, CRC Press.
7. Barghi, B., & Shadrokh, S. S. (2020). Qualitative and quantitative project risk assessment using a hybrid PMBOK model developed under uncertainty conditions. *Heliyon, 6(1),* e03097.
8. Bashardoost, P., Nasirzadeh, F., & Mohtashemi, N. N. (2018, March). An integrated fuzzy-DEMATEL approach to project risk analysis. In *2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)* (pp. 411-416). IEEE.
9. Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2009). Critical chain and risk analysis applied to high-risk industry maintenance: A case study. *International Journal of Project Management, 27(4),* 419-432 .
10. Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., Giacchetta, G., & Marchetti, B. (2012). Development of an innovative criticality index for turnaround management in an oil refinery. *International Journal of Productivity and Quality Management, 9(4),* 519-544 .
11. Bissonette, M. M. (2016). Project risk management: a practical implementation approach. *Project Management Institute*.
12. Chang, P. T., Huang, L. C., & Lin, H. J. (2000). The fuzzy Delphi method via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to the human resources. *Fuzzy sets and systems, 112(3),* 511-520.
13. Chen, C. T., Lin, C. T., & Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International journal of production economics*, *102*(2), 289-301.
14. Cheng, C. H., & Lin, Y. (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. *European journal of operational research, 142(1),* 174-186.
15. Cheraghi, M., Karbassi, A., Monavari, S. M., & Baghvand, A. (2018). Environmental risk management associated with the development one of oil fields in southwestern Iran using AHP and FMEA methods. *Anthropogenic Pollution Journal, 2(2),* 33-40 .

16. Cooper, D. F., Grey, S., Raymond, G., & Walker, P. (2013). Project risk management guidelines: managing risk in large projects and complex procurements: Wiley.
17. Ebrahimnejad, S., Mousavi, S. M., & Seyrafianpour, H. (2010). Risk identification and assessment for build–operate–transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model. *Expert systems with Applications*, *37(1)*, 575-586 .
18. Ebrahimnejad, S., Mousavi, S. M., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Heydar, M. (2014). Risk ranking in mega projects by fuzzy compromise approach: A comparative analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, *26*(2), 949-959.
19. Fouladgar, M. M., Yazdani-Chamzini, A., & Zavadskas, E. K. (2012). Risk evaluation of tunneling projects. *Archives of civil and mechanical engineering*, *12*, 1-12.
20. Ghorabaee, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K., & Antucheviciene, J. (2018). A new hybrid fuzzy MCDM approach for evaluation of construction equipment with sustainability considerations. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, *18(1)*, 32-49 .
21. Ghorabaee, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2017). A new multi-criteria model based on interval type-2 fuzzy sets and EDAS method for supplier evaluation and order allocation with environmental considerations. *Computers & Industrial Engineering*, *112*, 156-174 .
22. Ghorabaee, M. K., Zavadskas, E. K., Amiri, M., & Turskis, Z. (2016). Extended EDAS method for fuzzy multi-criteria decision-making: an application to supplier selection. *International journal of computers communications & control*, *11(3)*, 358-371 .
23. Grzegorzewski, P., & Mrówka, E. (2005). Trapezoidal approximations of fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems*, *153*(1), 115-135.
24. Habibi, A., Jahantigh, F. F., & Sarafrazi, A. (2015). Fuzzy Delphi technique for forecasting and screening items. *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, *5(2)*, 130-143 .
25. Hatefi, S. M., & Tamošaitienė, J. (2019). An integrated fuzzy DEMATEL-fuzzy ANP model for evaluating construction projects by considering interrelationships among risk factors. *Journal of Civil Engineering and Management*, *25(2)*, 114-131.
26. Heins, W., & Röling, M. (1995). Application of multiattribute theory in a safety monitor for the planning of maintenance jobs. *European journal of operational research*, *86(2)*, 270-280 .
27. Hey, R. B. (2019). *Turnaround Management for the Oil, Gas, and Process Industries: A Project Management Approach*. Gulf Professional Publishing.
28. Hillson, D. (2012). *Practical project risk management: The ATOM methodology*. Berrett-Koehler Publishers.
29. Honari Choobar, F., & Nazari, A. (2012). Power plant project risk assessment using a fuzzy-ANP and fuzzy-TOPSIS method. *International Journal of Engineering*, *25(2)*, 107-120 .
30. Hsu, Y. L., Lee, C. H., & Kreng, V. B. (2010). The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. Expert Systems with Applications, *37(1)*, 419-425.

31. Husin, S., Fachrurrazi, F., Rizalihadi, M., & Mubarak, M. (2019). Implementing fuzzy TOPSIS on project risk variable ranking. *Advances in Civil Engineering, 2019*.
32. Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., & Mieno, H. (1993). The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy sets and systems*, *55(3)*, 241-253 .
33. Islam, M. S., Nepal, M. P., Skitmore, M., & Attarzadeh, M. (2017). Current research trends and application areas of fuzzy and hybrid methods to the risk assessment of construction projects. *Advanced Engineering Informatics*, *33*, 112-131 .
34. Jahn, F., Cook, M., & Graham, M. (2008). Hydrocarbon Exploration and Production. *Elsevier Science*.
35. Kahraman, C., Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E. K., Cevik Onar, S., Yazdani, M., & Oztaysi, B. (2017). Intuitionistic fuzzy EDAS method: an application to solid waste disposal site selection. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, *25(1)*, 1-12
36. KarimiAzari, A., Mousavi, N., Mousavi, S. F., & Hosseini, S. (2011). Risk assessment model selection in construction industry. *Expert Systems with Applications*, *38(8)*, 9105-9111.
37. Kassem, M. A., Khoiry, M. A., & Hamzah, N. (2019). Risk factors in oil and gas construction projects in developing countries: A case study. *International Journal of Energy Sector Management*, *13(4)*, 846-861.
38. Kaufmann, A., & Gupta, M. M. (1988). Fuzzy mathematical models in engineering and management science. *Elsevier Science Inc.*
39. Keršuliene, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of business economics and management, 11(2)*, 243-258 .
40. Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, *26(3)*, 435-451 .
41. Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic:Theory and application.* New Jersey: Prentice-Hall Inc.
42. Kobbacy, K. A. H., & Murthy, D. P. (2008). Complex system maintenance handbook. *Springer Science & Business Media*.
43. Kraidi, L., Shah, R., Matipa, W., & Borthwick, F. (2019). Analyzing the critical risk factors associated with oil and gas pipeline projects in Iraq. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, *24*, 14-22.
44. Kuo, Y. F., & Chen, P. C. (2008). Constructing performance appraisal indicators for mobility of the service industries using Fuzzy Delphi Method. *Expert systems with applications*, *35(4)*, 1930-1939.
45. Kuo, Y. C., & Lu, S. T. (2013). Using fuzzy multiple criteria decision making approach to enhance risk assessment for metropolitan construction projects. *International Journal of Project Management*, *31(4)*, 602-614.
46. Lenahan, T. (2011). Turnaround, shutdown and outage management: Effective planning and step-by-step execution of planned maintenance operations. *Elsevier*.

47. Li, J., & Zou, P. X. (2011). Fuzzy AHP-based risk assessment methodology for PPP projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, *137(12)*, 1205-1209.
48. Lin, Z., & Jianping, Y. (2011). Risk assessment based on fuzzy network (F-ANP) in new campus construction project. *Systems engineering procedia*, *1*, 162-168.
49. Liu, J., Li, Q., & Wang, Y. (2013). Risk analysis in ultra deep scientific drilling project—A fuzzy synthetic evaluation approach. *International Journal of Project Management*, *31(3)*, 449-458.
50. Liu, J., & Wei, Q. (2018). Risk evaluation of electric vehicle charging infrastructure public-private partnership projects in China using fuzzy TOPSIS. *Journal of Cleaner Production*, *189*, 211-222 .
51. Ma, M., Kandel, A., & Friedman, M. (2000). A new approach for defuzzification. *Fuzzy sets and Systems*, *111(3)*, 351-356 .
52. Mardani, A., Nilashi, M., Zakuan, N., Loganathan, N., Soheilirad, S., Saman, M. Z. M., & Ibrahim, O. (2017). A systematic review and meta-Analysis of SWARA and WASPAS methods: Theory and applications with recent fuzzy developments. *Applied Soft Computing*, *57*, 265-292 .
53. Marhavilas, P.-K., Koulouriotis, D., & Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000–2009. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *24(5)*, 477-523 .
54. Mohaghar, A., Khorasani A. R. (2020). Designing the Model of Assessing the Risk management of Automaker Companies in Iran: Grounded Theory. *Journal of Industrial Management Perspective*, *10(3)*, 9-28. (In Persian).
55. Moradpour, S., Ebrahimnejad, S., Mehdizadeh, E., & Mohamadi, A. (2011). Using hybrid fuzzy PROMETHEE II and fuzzy binary goal programming for risk ranking: A case study of highway construction projects. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, *(9)*, 47-55.
56. Murray, T. J., Pipino, L. L., & van Gigch, J. P. (1985). A pilot study of fuzzy set modification of Delphi. *Human Systems Management*, *5(1)*, 76-80 .
57. Nadizadeh, A., Ranjbar, H., & Moubed, M. (2020). Periodic Inspection Optimization for a Two-Component System with Dependent Failures. *Journal of Industrial Management Perspective*, *10(2)*, 83-110. (In Persian).
58. Nguyen, A. T., Nguyen, L. D., Le-Hoai, L., & Dang, C. N. (2015). Quantifying the complexity of transportation projects using the fuzzy analytic hierarchy process. *International journal of project management*, *33(6)*, 1364-1376.
59. Nieto-Morote, A., & Ruz-Vila, F. (2011). A fuzzy AHP multi-criteria decision-making approach applied to combined cooling, heating, and power production systems. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, *10(03)*, 497-517.
60. Othman, A. A. E., & Abdelwahab, N. M. A. (2018). Achieving sustainability through integrating risk management into the architectural design process. *Journal of Engineering, Design and Technology*, *16(1)*, 25-43 .
61. PMI. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide): Agile Practice Guide*. Project Management Institute.
62. PMI. (2019). *Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects*. In: Project Management Institute.
63. Pritchard, C. L. (2014). *Risk management: concepts and guidance*. CRC Press.

64. Rajagopalan, S., Sahinidis, N. V., Amaran, S., Agarwal, A., Bury, S. J., Sharda, B., & Wassick, J. M. (2017). Risk analysis of turnaround reschedule planning in integrated chemical sites. *Computers & Chemical Engineering, 107*, 381-394 .
65. Raz, T., & Hillson, D. (2005). A comparative review of risk management standards. *Risk Management, 7(4)*, 53-66 .
66. Seiti, H., & Hafezalkotob, A. (2019). Developing the R-TOPSIS methodology for risk-based preventive maintenance planning: A case study in rolling mill company. *Computers & Industrial Engineering, 128*, 622-636 .
67. Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research methods for business: A skill building approach*. John Wiley & Sons.
68. Serrano-Gomez, L., & Munoz-Hernandez, J. I. (2019). Monte Carlo approach to fuzzy AHP risk analysis in renewable energy construction projects. *PloS one, 14(6)*, e0215943.
69. Subramanyan, H., Sawant, P. H., & Bhatt, V. (2012). Construction project risk assessment: development of model based on investigation of opinion of construction project experts from India. *Journal of construction engineering and management, 138(3)*, 409-421 .
70. Tavakkoli-Moghaddam, R., Mousavi, S., & Hashemi, H. (2011). A fuzzy comprehensive approach for risk identification and prioritization simultaneously in EPC projects. *Risk management in environment, production and economy*, 123-146 .
71. Taylan, O., Bafail, A. O., Abdulaal, R. M., & Kabli, M. R. (2014). Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. *Applied Soft Computing, 17*, 105-116.
72. Valipour, A., Yahaya, N., Md Noor, N., Kildienė, S., Sarvari, H., & Mardani, A. (2015). A fuzzy analytic network process method for risk prioritization in freeway PPP projects: an Iranian case study. *Journal of Civil Engineering and Management, 21(7)*, 933-947.
73. Valipour, A., Sarvari, H., & Tamošaitiene, J. (2018). Risk assessment in PPP projects by applying different MCDM methods and comparative results analysis. *Administrative Sciences, 8(4)*, 80.
74. Wang, L., Zhang, H. Y., Wang, J. Q., & Li, L. (2018). Picture fuzzy normalized projection-based VIKOR method for the risk evaluation of construction project. *Applied Soft Computing, 64*, 216-226.
75. Ward, S. C., & Chapman, C. (2003). *Project risk management*. processes, techniques and insights .
76. Willumsen, P., Oehmen, J., Stingl, V., & Geraldi, J. (2019). Value creation through project risk management. *International Journal of Project Management, 37(5)*, 731-749 .
77. Wu, Y., & Zhou, J. (2019). Risk assessment of urban rooftop distributed PV in energy performance contracting (EPC) projects: an extended HFLTS-DEMATEL fuzzy synthetic evaluation analysis. *Sustainable Cities and Society, 47*, 101-524.
78. Xia, N., Wang, X., Wang, Y., Yang, Q., & Liu, X. (2017). Lifecycle cost risk analysis for infrastructure projects with modified Bayesian networks. *Journal of Engineering, Design and Technology, 15(1)* , 79-103.
79. Yager, R. R. (1993). Fuzzy screening systems. *In Fuzzy Logic (pp. 251-261)*. Springer, Dordrecht.

80. Yan, W., Baoguo, L., & Yi, Q. (2015). Fuzzy analytic network process and its application in tunnel engineering risk analysis. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, *20*, 6685-6701.
81. Yazdani, M., Alidoosti, A., & Zavadskas, E. K. (2011). Risk analysis of critical infrastructures using fuzzy COPRAS. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, *24(4)*, 27-40 .
82. Yazdani, M., Abdi, M. R., Kumar, N., Keshavarz-Ghorabaee, M., & Chan, F. T. (2019). Improved decision model for evaluating risks in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, *145(5)*, 04019024.
83. Yazdani-Chamzini, A., Yakhchali, S. H., & Mahmoodian, M. (2013). Risk ranking of tunnel construction projects by using the ELECTRE technique under a fuzzy environment. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(1), 1-14.
84. Zeng, J., An, M., & Smith, N. J. (2007). Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*, *25(6)*, 589-600 .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی