

اولویت‌بندی ریسک‌های ساخت سکوهای نفتی با استفاده از روش تصمیم‌گیری TOPSIS فازی: مطالعه موردی، سکوی نفتی P4

آرمین میانجی^۱

فرهاد خام‌چین مقدم^{۲*}

f.khamchin@gmail.com

سیدناصر باشی ازغدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: پروژه‌های سازه‌های دریایی، به ویژه ساخت سکوهای نفتی، بدلیل وجود عواملی همچون گستردگی منابع و عدم قطعیت‌های فراوان، با ریسک‌ها و مخاطرات متعددی در مراحل مختلف طراحی، ساخت، نصب و بهره‌برداری مواجه هستند. شناسایی و ارزیابی این ریسک‌ها به عنوان یکی از مهمترین اقدامات در فرآیند مدیریت ریسک، نقش بسیار مهمی در برنامه‌ریزی بهتر این پروژه‌ها توسط مدیران خواهد داشت. **روش بررسی:** در این پژوهش جهت مدیریت ریسک پروژه سکوهای نفتی، ابتدا تمامی ریسک‌های محتمل در حوزه‌های مهندسی، اجرایی، محیط زیست و پدافند غیر عامل به صورت کتابخانه‌ای شناسایی و از بین آن‌ها تعداد ۲۶ ریسک طبق نظر کارشناسان به عنوان ریسک‌های مهم و موثر بر پروژه مورد مطالعه شناسایی گردید. در نهایت، جهت ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها، از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط ریاضیات فازی استفاده شد.

یافته‌ها: در همین راستا، به دنبال تنظیم پرسشنامه، جهت آزمون فرضیه‌های تحقیق و با تکیه بر نظرات کارشناسان، ریسک‌های شناسایی شده با استفاده از مدل TOPSIS در محیط فازی رتبه‌بندی گردید.

بحث و نتیجه‌گیری: بررسی رتبه‌های حاصل، نشان می‌دهد که گزینه طراحی نادرست به علت نقص در مطالعات ژئوتکنیک در حوزه مهندسی، گزینه توقف عملیات اجرایی ناشی از عدم تامین مصالح و تجهیزات لازم به علت تحریم در حوزه اجرایی، گزینه آتش‌سوزی و انفجار در حوزه پدافند غیرعامل و گزینه آلودگی آب دریا در حوزه محیط زیست به عنوان مهمترین ریسک‌های اثرگذار در هر یک از چهار حوزه بر پروژه مورد مطالعه به شمار می‌روند.

واژگان کلیدی: مدیریت ریسک، سکوی نفتی، تصمیم‌گیری چند معیاره، فازی، TOPSIS

۱- دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۲- استادیار گروه عمران، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران (مسئول مکاتبات)

۳- استادیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، موسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ایران.

Prioritizing the risks of Oil Platforms Construction Using Fuzzy TOPSIS Decision-Making Method: A Case Study, oil platform P4

Armin Mianji ¹
Farhad Khamchin Moghaddam ^{2*}
f.khamchin@gmail.com
Seyed Naser Bashi Azghdi ³

Received: April 17, 2020

Accepted: October 3, 2020

Abstract

Background and Objective: Marine Structures projects, especially the construction of oil platforms, are faced with numerous risks in different stages of design, construction and exploitation, due to factors such as the extent of resources and Uncertainties. Identification and assessment of these risks as one of the most important measures in the risk management process, will have a significant role in better planning of these projects by managers.

Method: In this study, in order to manage the risk of oil platforms project, first, all possible risks in the fields of engineering, executive, environment and passive defense were identified in a library form, and among them, according to experts' opinions, 26 risks Were identified as important and effective risks on the project. Finally, to assess and prioritize the risks, multi-criteria decision-making models were used in the fuzzy mathematics environment.

Findings: In this regard, after setting the questionnaire to test the hypotheses of the research, relying on experts' opinions, identified risks were ranked by TOPSIS model in fuzzy environment.

Discussion and Conclusions: Survey of the resulting rankings shows that the option of incorrect design due to defect in geotechnical studies in the field of engineering, the option of stopping executive operations due to lack of supply of providing necessary materials and equipment due to the sanctions in the Executive field, the option of arson and explosion in the field of passive defense and the option of sea water pollution in the field of environment as the most important risks affecting in each of the four areas of the project are studied.

Keyword: Risk management, Multi-Criteria Decision-Making, Fuzzy TOPSIS

1-PH. D Student Department of Environmental Management, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Environmental Management, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran .*(Corresponding Author)

3- Professor of Environmental Engineering, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

مقدمه

طرح‌های عمرانی، همواره دارای چهار زمینه اصلی می‌باشند که شامل مطالعه اولیه، طراحی، اجرا و نگهداری است. عدم مدیریت صحیح در هر کدام از این مراحل، باعث به هدر رفتن سرمایه‌های عظیم ملی می‌گردد، اما آن چه که امروزه بیشتر اتفاق می‌افتد و با خسارات سنگین همراه است، عدم توجه به مراحل اول و سوم، یعنی مرحله مطالعه اولیه و مرحله اجرا است. بسیاری از پروژه‌ها با توجه به مطالعات اولیه‌ی غلط و تعریف ناصحیح از مسأله، قادر به برآورده نمودن اهداف طرح نبوده و از بهره‌وری مطلوب برخوردار نمی‌باشند. در پروژه‌های عمرانی، یکی از اساسی‌ترین مباحث در مطالعات اولیه‌ی طرح، مسأله‌ی مدیریت ریسک است. در مدیریت پروژه‌های سازه‌های دریایی، به ویژه ساخت سکوهای نفتی نیز، به دلیل وجود عواملی همچون گستردگی منابع، عدم قطعیت‌های فراوان و تبعات اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و اجتماعی ناشی از شکست پروژه، مدیریت ریسک از اهمیت بالایی برخوردار است. در سال‌های اخیر، به منظور اجرای هرچه بهتر پروژه‌ها، استانداردهای متنوعی در حوزه دانش مدیریت پروژه تدوین شده که در جدول ۱ به برخی از معروف‌ترین آنها اشاره شده است. این استانداردها شامل مجموعه ابزارها و الزاماتی هستند برای هدایت موفق‌تر پروژه‌ها به سوی اهداف مورد نظر مدیران، که بکارگیری آنها، سازمان پروژه را به یک نظام هماهنگ تبدیل می‌کند.

جدول ۱ - استانداردهای مدیریت پروژه (۱)

Table 1. Standard Management Project

ردیف	نام استاندارد	دامنه کاربرد
۱	PMBOK	جهانی
۲	ISO 10006	جهانی
۳	Professional Methodologies	جهانی
۴	PRINCE 2	نیمه جهانی
۵	BS 6079	ملی
۶	DIN 69900	ملی
۷	AIPM	ملی
۸	APMBOK	ناحیه‌ای

ناحیه‌ای	IPMA Competence Base Line	۹
----------	---------------------------	---

در بین استانداردهای فوق، ^۱ PMBOK معروف‌ترین و پرکاربردترین استاندارد، در زمینه مدیریت پروژه می‌باشد، که توسط انجمن مدیریت پروژه آمریکا (^۲ PMI) تهیه و منتشر شده است. این استاندارد شامل ۹ حوزه دانش مدیریت پروژه می‌باشد، که از بین آن‌ها ۴ حوزه مدیریت محدوده، مدیریت زمان، مدیریت کیفیت و مدیریت هزینه پروژه به عنوان حوزه‌های اصلی در نظر گرفته می‌شوند. از مهم‌ترین حوزه‌های پشتیبان، حوزه مدیریت ریسک است (۱).

به طور کلی در هر پروژه، وجود ریسک‌های منفی (تهدیدات) موجب عدم دستیابی به اهداف طرح (مانند کیفیت، هزینه، زمان) خواهد شد و از کارایی پروژه‌ها می‌کاهد. لذا، نیاز به مدیریت ریسک در پروژه امری اجتناب ناپذیر است (۲).

مدیریت ریسک طبق استاندارد PMBOK، مجموعه فرآیندها و تکنیک‌های مورد نیاز برای شناسایی، تجزیه و تحلیل و واکنش مناسب در برخورد با ریسک‌های پروژه در جهت کاهش احتمال و شدت ریسک‌های منفی و نیز بهره‌برداری هرچه بهتر از ریسک‌های مثبت می‌باشد (۳). فرآیند مدیریت ریسک، نگرشی نظام‌مند و پیشگیرانه است در راستای کنترل پروژه و کاهش عدم قطعیت‌ها که در انواع پروژه‌ها کاربرد دارد. هر یک از مراحل فرآیند مدیریت ریسک، باید تا حد ممکن، کامل و بی‌نقص انجام شده و در تکرارهای بعدی، دقیق‌تر صورت گیرد (۴). این مراحل عبارتند از:

۱- برنامه ریزی مدیریت ریسک:

برنامه ریزی مدیریت ریسک، فرآیند اتخاذ تصمیم و تدوین برنامه مدیریت ریسک و روش اجرای آن می‌باشد که در آن، ورودی‌هایی مانند عوامل محیطی بنگاه، دارایی‌های فرآیندی سازمان، بیانیه محدوده پروژه و نیز برنامه مدیریت کلی پروژه مورد نیاز است. در حالت کلی، این فرآیند برای تمامی پروژه‌ها، به صورت یکسان برنامه‌ریزی می‌گردد (۵).

^۱ Project Management Body Of Knowledge
^۲ Project Management Institute

۲- شناسایی ریسک:

ریسک‌های باقی‌مانده و شناسایی، آنالیز و برنامه‌ریزی ریسک‌های جدید می‌باشد (۵).

از آنجا که شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها از مهمترین اقدامات در فرآیند مدیریت ریسک به شمار می‌آیند، لذا یکی از روش‌هایی که بدین منظور توسط پژوهشگران مختلف به کار گرفته شده، استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۲ می‌باشد، که به دو دسته عمده مدل‌های چند هدفه^۳ به منظور طراحی و مدل‌های چند شاخصه^۴ به منظور انتخاب گزینه برتر تقسیم می‌شوند. در حالت کلی، در تعیین گزینه‌های مختلف منظور از معیار، عواملی است که تصمیم‌گیرنده به منظور افزایش مطلوبیت و رضایت خود مد نظر قرار می‌دهد.

این مدل‌ها در گذشته، اغلب مبتنی بر روش‌های تصمیم‌گیری در محیط ریاضیات کلاسیک بوده‌اند، اما با توجه به ابهام و عدم قطعیت ذاتی حاکم بر فضای تصمیم‌گیری، استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر تئوری فازی، می‌تواند در بر طرف کردن این مشکلات و حداقل کردن محدودیت‌های ریاضیات کلاسیک در حل این مسائل، موثر باشد. از این رو، کاربرد منطق فازی در مدیریت ریسک با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره رو به افزایش بوده و نتایج آن کارایی بهتری را نشان می‌دهد.

لی و همکاران در سال ۱۹۹۴، جهت مدیریت ریسک آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری فازی، به شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های مهم زیست محیطی در آب زیرزمینی پرداختند (۷). مالچوفسکی در سال ۲۰۰۶ کاربرد کمیت‌سنج‌های زبانی در مسائل مربوط به آنالیز مناسب اراضی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) را با استفاده از مدل OWA^۵ در محیط ریاضیات فازی مورد بررسی قرارداد (۸). سیمونویچ و ورما در سال ۲۰۰۸ نشان دادند که روش تصمیم‌گیری TOPSIS^۶

پرسش اولیه و اساسی در مدیریت ریسک این است که کدام ریسک‌ها، بیشترین تأثیر را بر پروژه دارند؟ از این منظر، شناسایی اولیه ریسک‌ها، مهمترین اقدام در مدیریت ریسک محسوب می‌شود. تشکیل تیم مدیریت ریسک در ابتدای پروژه، می‌تواند در تسهیل و افزایش کیفیت فرآیند شناسایی ریسک‌ها موثر باشد. در این فرآیند با بکارگیری تکنیک‌های متعددی می‌توان به شناسایی ریسک پروژه‌ها پرداخت، که از آن جمله می‌توان به بازنگری مستندات و تکنیک‌های جمع‌آوری اطلاعات، مثل طوفان ذهنی، تکنیک دلفی^۱، مصاحبه و تکنیک‌های نموداری اشاره کرد (۵).

۳- آنالیز کیفی ریسک:

آنالیز کیفی شامل روش‌هایی جهت اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی شده برای مراحل بعدی نظیر آنالیز کمی و یا واکنش به ریسک می‌باشد. در این فرآیند ریسک‌های شناسایی شده بر مبنای میزان اثرات بالقوه هر یک از آنها بر روی اهداف پروژه اولویت‌بندی می‌گردند (۵).

۴- آنالیز کمی ریسک:

تجزیه و تحلیل کمی ریسک بر ریسک‌هایی انجام می‌شود که توسط فرآیند تحلیل کیفی ریسک به عنوان موارد اثرگذار بر اهداف پروژه اولویت بندی شده‌اند و به آنها یک رتبه کمی تخصیص خواهد داد (۶).

۵- برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک:

برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک، فرآیند انتخاب و تعیین اقدامات لازم برای تسهیل فرصتها و کاهش تهدیدهای احتمالی در رسیدن به اهداف پروژه می‌باشد، که فرآیند آنالیز کمی ریسک را دنبال می‌کند (۳).

۶- بازبینی، پایش و کنترل ریسک:

پایش و کنترل ریسک فرآیند مستمر در پی‌گیری ریسک‌های شناسایی شده و آنالیز مجدد ریسک‌های موجود، کنترل

^۲ Multi Criteria Decision Making (MCDM)

^۳ Multi Objective Decision Making (MODM)

^۴ Multi Attribute Decision Making (MADM)

^۵ Ordered Weighted Averaging

^۶ Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

^۱ Delphi method

در آن جنبه‌های مختلف زیست محیطی را مورد مطالعه قرار دادند (۱۶). عسگری و همکاران در سال ۱۳۹۵ به منظور شناسایی و ارزیابی ریسک‌های بخش بالادستی صنعت نفت و گاز، کاربرد دو روش ساختار شکست ریسک (RBS) و تکنیک تصمیم‌گیری TOPSIS را مورد بررسی قرار دادند (۱۷). نوری و همکاران در سال ۱۳۹۸ به ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های محیط زیستی در صنایع نفت و گاز با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مبتنی بر محیط فازی پرداخته و نشان دادند که تولید فاضلاب خانگی به علت عدم وجود سیستم مناسب دفع فاضلاب، بالاترین جنبه زیست‌محیطی را به خود اختصاص داده است (۱۸). بررسی نتایج حاصل از کاربرد روش‌های متفاوت MCDM در زمینه‌های مختلف مدیریت، حاکی از کارایی بالای آنها در فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت پروژه می‌باشد. به علت اهمیت موضوع، در این تحقیق تلاش می‌شود، ریسک‌های مهم پروژه در مراحل مختلف طراحی، ساخت و بهره‌برداری، شناسایی و با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی، اولویت‌بندی گردد.

روش بررسی

در این پژوهش، جهت مدیریت ریسک پروژه احداث سکوی نفتی، فرآیندهای شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک، مبتنی بر نظر کارشناسان حوزه نفت و با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (باکلی و تاپسیس) در محیط فازی انجام شده است. در مرحله شناسایی، ابتدا تمامی شاخص‌ها و ریسک‌های محتمل به صورت میدانی و کتابخانه‌ای شناسایی و پس از آن، توسط خبرگان، اصلاح گردید. در مرحله بعد، جهت ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها، داده‌ها و اطلاعات لازم با استفاده از دو پرسشنامه گردآوری گردید، که عبارتند از:

(۱) پرسشنامه فازی مقایسات زوجی

(۲) پرسشنامه فازی تاپسیس

پرسشنامه مقایسات زوجی به منظور تشکیل ماتریس مقایسات زوجی تهیه می‌گردد و هدف آن مقایسه زوجی

مدلی کارا در زمینه مدیریت منابع آب به شمار می‌رود (۹). آندریک و لو در سال ۲۰۱۶ جهت مدیریت ریسک اجرای پل‌ها با استفاده از مدل AHP^۱ فازی به ارزیابی ریسک‌های شناسایی شده پرداختند (۱۰). کافلی و شیکا در سال ۲۰۱۸، به ارائه رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره جهت مدیریت ریسک سیلاب و کنترل رسوب با استفاده از مدل‌های ELECTRE^۲، TOPSIS و SAW^۳ پرداخت (۱۱). با گذشت زمان، تکنیک‌ها و فرآیندهای مختلف مدیریت ریسک در صنایع نفت و گاز در بیشتر کشورهای جهان از جمله ایران کاربرد بیشتری پیدا کرد.

آون و وینم در سال ۲۰۰۵ به بررسی نقش معیارهای پذیرش ریسک برای فرآیند ارزیابی و کنترل ریسک‌ها در صنعت نفت و گاز پرداختند (۱۲). دیسموکس در سال ۲۰۱۱ با حمایت دفتر مدیریت انرژی اوشن و مرکز مطالعات انرژی دانشگاه لویزینا، به بررسی ریسک‌های فراساحلی ناشی از تغییرات آب و هوایی و تاثیر آن بر صنعت نفت و گاز در خلیج مکزیک پرداخت (۱۳). حسینی و همکاران در سال ۱۳۹۱، با استفاده از روش FM&EA (آنالیز حالات خطا و آثار آن) به شناسایی و ارزیابی ریسک‌های ایمنی در فاز ساخت سکوه‌های میدان نفتی رشادت پرداخته و با ارائه راهکارهای مدیریتی و بیان اقدامات اصلاحی به کاهش و یا حذف مخاطرات شناسایی شده پرداختند (۱۴). میردریگوند و همکاران نیز در سال ۱۳۹۰ با استفاده از چک لیست‌ها و الزامات ممیزی سیستم مجوز کار SHELL، به ارزیابی و مقایسه عملکرد سیستم مجوز کار در یک شرکت بهره‌برداری نفت و گاز پرداخته و نشان دادند که این سیستم نسبت به سیستم مجوز کار SHELL در جایگاه خیلی ضعیفی قرار دارد و این امر منجر به افزایش سطوح ریسک در پروژه مورد مطالعه گردیده است (۱۵). پژمان ثانی و همکاران در سال ۱۳۹۳ به منظور ارزیابی ریسک زیست محیطی فعالیت‌های سکوی نفتی ابودر AB، از روش HAZID استفاده و

¹ Analytic Hierachy Process

² Elimination Et Choix Traduisant la REalite

³ Simple Addetive Weighting

باید توجه داشت که اگر تعداد معیارها n باشد، ماتریس مقایسات زوجی ماتریسی است با n سطر و n ستون.

روش تصمیم‌گیری TOPSIS فازی

نخستین بار چن در سال ۲۰۰۰ در مقاله‌ای با عنوان بسط روش TOPSIS به تصمیم‌گیری گروهی در محیط فازی، از تکنیک تاپسیس با رویکرد فازی استفاده کرده است. برای انجام محاسبات الگوریتم تاپسیس فازی به صورت زیر است:

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم

ماتریس تصمیم به ماتریس ارزیابی m گزینه براساس n معیار گفته می‌شود. در این تکنیک بر اساس هر معیار به هر گزینه، عددی فازی مثلثی اختصاص داده می‌شود. ماتریس تصمیم تکنیک تاپسیس فازی در رابطه ۴ ارائه شده است.

$$\tilde{x} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

گام دوم: نرمال سازی ماتریس تصمیم

اگر هر درآیه ماتریس تصمیم با x و هر درآیه ماتریس نرمال با n نمایش داده شود، در این صورت نرمال سازی برای معیار با جنبه مثبت با استفاده از رابطه (۵) و برای معیار با جنبه منفی با استفاده از رابطه (۶) انجام می‌شود.

$$\tilde{n}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{\max u_{ij}}, \frac{m_{ij}}{\max u_{ij}}, \frac{u_{ij}}{\max u_{ij}} \right) \quad (5)$$

$$\tilde{n}_{ij} = \left(\frac{\min l_j}{u_{ij}}, \frac{\min l_j}{m_{ij}}, \frac{\min l_j}{l_{ij}} \right) \quad (6)$$

گام سوم: تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون

بطور کلی در این گام باید ماتریس بی‌مقیاس N به ماتریس بی‌مقیاس موزون V تبدیل شود. وزن هر یک از شاخص‌ها W با

شاخص‌ها و تعیین وزن آن‌هاست. پرسشنامه تاپسیس نیز با هدف بدست آوردن ماتریس تصمیم تهیه می‌شود و بیانگر آن است که هر گزینه در مقابل هر معیار، چه ارزشی دارد.

به دنبال طراحی پرسشنامه‌ها و با تکیه بر نظرات خبرگان، ابتدا وزن شاخص‌ها توسط روش باکلی فازی بر مبنای پرسشنامه مقایسات زوجی تعیین و سپس با استفاده از روش تاپسیس فازی و با تکیه بر نتایج پرسشنامه‌های تاپسیس، ریسک‌های مهم پروژه رتبه‌بندی گردید. لازم بذکر است در تحقیق حاضر، عناصر ماتریس‌ها با اعداد فازی مثلثی بصورت زیر بیان می‌شوند.

$$A_i = (l_i, m_i, u_i)$$

که در آن l کران پایین، m کران میانی و u کران بالای عدد فازی مثلثی می‌باشند.

روش وزن‌دهی باکلی فازی

نظر به نارسائی‌های نخستین روش AHP فازی، باکلی در سال ۱۹۸۵ روشی جدید را برای فازی سازی تکنیک AHP گسترش داد. این روش به روش میانگین هندسی باکلی فازی (AHP فازی بهبود یافته) معروف است. در این تکنیک، پس از مقایسه‌ی زوجی معیارها توسط کارشناسان و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی با توجه به روش باکلی، میانگین هندسی هر کدام از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی توسط رابطه (۱) به دست می‌آید. وزن هر کدام از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی W_i نیز توسط رابطه (۳) به دست می‌آید (۱۹).

$$z_i = \{\bar{a}_{i1} \cdot \bar{a}_{i2} \cdot \bar{a}_{i3} \cdots \bar{a}_{in}\}^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

$$\bar{a}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}) \quad (2)$$

که در این رابطه، \bar{a}_{ij} درآیه‌ی سطر i ام و ستون j ام از ماتریس مقایسات زوجی است.

$$w_i = \frac{z_i}{(z_1 + z_2 + \cdots + z_n)} \quad (3)$$

گام ششم: تعیین نزدیکی نسبی گزینه به راه ایده‌آل از آنجایی که دورترین فاصله از ایده‌آل منفی، لزوماً به معنای نزدیک‌ترین فاصله به ایده‌آل نیست، بنابراین از شاخص نزدیکی نسبی بر اساس رابطه (۱۰) استفاده می‌گردد.

$$CL_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (10)$$

مقدار این شاخص، بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، مطلوبیت آن بیشتر خواهد بود (۲۱).

مطالعه موردی

به منظور ارزیابی کارایی مدل ارائه شده، جهت شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های مهم احداث سکوهای نفتی در مراحل مختلف مطالعات اولیه، ساخت، نصب و بهره‌برداری، در این پژوهش از اطلاعات مربوط به سکوی نفتی P4 واقع در میدان نفتی رشادت ایران استفاده شده است. این میدان نفتی که در ۱۱۰ کیلومتری جنوب غربی جزیره لاوان قرار گرفته، در سال ۱۳۴۴ خورشیدی کشف و طرح توسعه آن از اواخر دهه ۱۳۸۰ به منظور افزایش تولید نفت آغاز شد. این پروژه شامل یک سکوی سرچاهی اقماری (W0) و یک مجتمع مرکزی سکوها شامل سکوها (P4, Q4, F4, W4) می‌باشد.

جامعه و نمونه آماری

نمونه آماری پژوهش حاضر را تعداد ۲۰ نفر از خبرگان فعال در زمینه ساخت و نصب سکوها نفتی، متشکل از کارشناسان در رشته‌های مهندسی عمران، مهندسی نفت، ایمنی و بهداشت (HSE)، مهندسی صنایع و مهندسی مکانیک تشکیل می‌دهند. در این پژوهش برای تعیین حجم نمونه آماری، از فرمول کوکران مطابق رابطه (۱۱) استفاده شده است (۲۲).

$$n = \frac{\frac{pqz^2}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{pqz^2}{d^2} - 1 \right)} \quad (11)$$

طیف زبانی مناسب برای گردآوری داده‌ها استفاده کرد. چن در سال ۲۰۰۰ یک مقیاس زبانی هفت درجه را برای امتیازدهی به هر گزینه براساس هر معیار، پیشنهاد کرد.

طیف هفت درجه پیشنهادی چن در ارزیابی گزینه‌ها برای تکنیک تاپسیس فازی به صورت جدول ۲ است (۲۰).

استفاده از تکنیک FAHP، آنتروپی و ... محاسبه می‌شود. برای محاسبه ماتریس نرمال موزون از رابطه (۷) استفاده می‌گردد.

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{n}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad (7)$$

جدول ۲ - الگوی پرسشنامه تاپسیس
Table 2. TOPSIS Questionnaire Template

متغیر زبانی	معادل فازی
نمره گزینه ۱ از منظر شاخص ۱ خیلی خیلی کم	A= (۰ و ۱)
نمره گزینه ۱ از منظر شاخص ۱ خیلی کم	B= (۰ و ۱/۳)
نمره گزینه ۱ از منظر شاخص ۱ کم	C= (۱/۳ و ۱/۲)
نمره گزینه ۱ از منظر شاخص ۱ متوسط	D= (۱/۲ و ۲/۳)
نمره گزینه ۱ از منظر شاخص ۱ زیاد	E= (۲/۳ و ۱)
نمره گزینه ۱ از منظر شاخص ۱ خیلی زیاد	F= (۱ و ۳/۲)
نمره گزینه ۱ از منظر شاخص ۱ خیلی خیلی زیاد	G= (۳/۲ و ۲)

گام چهارم: تعیین گزینه ایده‌آل

در گام بعد باید ایده‌آل‌های مثبت و منفی محاسبه شود. براساس یک دیدگاه، بزرگترین مقدار برای شاخص‌های مثبت و کوچکترین مقدار برای شاخص‌های منفی، به عنوان راه حل ایده‌آل مثبت در نظر گرفته می‌شود. برای راه حل ایده‌آل منفی عکس ایده‌آل مثبت در نظر گرفته می‌شود.

گام پنجم: محاسبه فاصله اقلیدسی

فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل‌های مثبت و منفی بر اساس روابط (۸) و (۹) محاسبه می‌شود.

$$D^+ = \sqrt{\frac{1}{3} \left(\sum (v_{ij} - v_j^+)^2 \right)} \quad (8)$$

$$D^- = \sqrt{\frac{1}{3} \left(\sum (v_{ij} - v_j^-)^2 \right)} \quad (9)$$

و محیط زیست، بر مبنای نظرات ۲۰ کارشناس، انتخاب گردید. تیم کارشناسی مدیریت ریسک، با بررسی‌های انجام شده و مطالعه پروژه‌های مشابه، در نهایت، تعداد ۲۶ ریسک را به عنوان ریسک‌های مهم اولیه، به شرح جدول ۴ معرفی نمود.

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش، پس از شناسایی ریسک‌ها و تکمیل پرسشنامه‌ها توسط خبرگان، به منظور رتبه‌بندی ریسک‌ها از مدل TOPSIS در محیط ریاضیات فازی استفاده گردید. به همین منظور، ابتدا، وزن شاخص‌های ارزیابی، توسط روش وزن‌دهی باکلی فازی و بر مبنای داده‌های حاصل از پرسشنامه‌های مقایسات زوجی، مطابق با رابطه (۳) محاسبه گردید، که نتایج آن، در جدول ۳ قابل مشاهده است. لازم بذکر است، جهت تبدیل مقادیر فازی مثلثی به اعداد قطعی (*Crisp*)، از روش مرکز ناحیه مطابق رابطه (۱۲) استفاده شده است (۲۳).

$$Crisp = \frac{(u-l) + (m-l)}{3} + l \quad (12)$$

پس از تعیین وزن هر شاخص، با تکیه بر پرسشنامه‌های تاپسیس، اهمیت هر گزینه در مقابل هر شاخص، ارزیابی شده و با استفاده از رابطه (۴)، ماتریس تصمیم به دست آمده است.

که در این رابطه z آمار توزیع نرمال، n حجم نمونه، $(N=20)$ حجم جمعیت آماری، d درجه اطمینان که معمولاً برابر ۰/۰۵ و p نسبتی از جمعیت دارای صفت معین و $q=1-p$ می‌باشد.

حداقل حجم نمونه آماری در این پژوهش با استفاده از رابطه فوق ۱۹ نفر تعیین گردید که در نهایت حجم نمونه آماری ۲۰ نفر در نظر گرفته شد.

معرفی شاخص‌ها (معیارها)

بر اساس نظر کارشناسان، تعداد ۸ شاخص به عنوان معیارهای ارزیابی برای فضای تصمیم‌گیری مسئله مورد بحث تعیین گردید، که عبارتند از: شدت وقوع ریسک، قابلیت کشف ریسک، احتمال وقوع ریسک، تأثیر بر محدوده، تأثیر بر کیفیت، تأثیر بر هزینه، تأثیر بر زمان و فرکانس وقوع ریسک.

معرفی گزینه‌ها (ریسک‌ها)

یکی از مهم‌ترین اهداف تشکیل تیم مدیریت ریسک، شناسایی اولیه ریسک‌های پروژه و سپس انتخاب مهم‌ترین آن‌ها جهت ورود به فرآیند اولویت‌بندی ریسک‌ها می‌باشد. در این پژوهش، ابتدا تعداد ۵۷ ریسک در حوزه‌های مهندسی، اجرایی، پدافند غیرعامل

جدول ۳ - وزن معیارها به روش باکلی فازی

Table 2. The Weight of the Criteria using Buckley's Fuzzy Method

وزن نرمال	وزن قطعی	وزن فازی	معیار (شاخص)
۰/۰۸۴	۰/۰۸۸	(۰/۰۵۴ و ۰/۰۸۳ و ۰/۱۳۱)	شدت وقوع
۰/۰۸۱	۰/۰۸۵	(۰/۰۵۲ و ۰/۰۸ و ۰/۱۲۷)	قابلیت کشف
۰/۰۶۹	۰/۰۷۲	(۰/۰۴۷ و ۰/۰۶۸ و ۰/۱۰۴)	احتمال وقوع
۰/۱۱۵	۰/۱۲	(۰/۰۷۳ و ۰/۱۱۴ و ۰/۱۷۹)	تأثیر بر محدوده
۰/۱۲۹	۰/۱۳۵	(۰/۰۸۳ و ۰/۱۲۹ و ۰/۲)	تأثیر بر کیفیت
۰/۲۴۱	۰/۲۵۲	(۰/۱۶۲ و ۰/۲۴۳ و ۰/۳۶)	تأثیر بر هزینه
۰/۲۰۶	۰/۲۱۵	(۰/۱۳۳ و ۰/۲۰۷ و ۰/۳۱۴)	تأثیر بر زمان
۰/۰۷۵	۰/۰۷۸	(۰/۰۵ و ۰/۰۷۴ و ۰/۱۱۴)	تواتر ریسک

حالت نشان می‌دهد. بررسی نتایج حاصل از رتبه‌بندی گزینه‌ها در هر یک از چهار حوزه بصورت مجزا (ستون A)، حاکی از آن است که ریسک طراحی نادرست به علت نقص در

مطالعات ژئوتکنیک در حوزه مهندسی، ریسک توقف عملیات اجرایی ناشی از عدم تامین مصالح و تجهیزات لازم به علت تحریم در حوزه اجرایی، ریسک آتش سوزی و انفجار در حوزه پدافند غیر عامل و ریسک آلودگی آب دریا در حوزه زیست محیطی به عنوان مهم‌ترین ریسک‌های اثر گذار بر پروژه ساخت سکوی نفتی مورد مطالعه در هر یک از حوزه‌ها به شمار می‌روند.

سپس با استفاده از روابط (۵) و (۶) ماتریس تصمیم نرمال تشکیل و با ضرب وزن‌های فازی هر یک از شاخص‌ها در آن مطابق رابطه (۷)، ماتریس نرمال موزون حاصل گردید.

پس از تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی، فاصله اقلیدسی هر گزینه بر اساس روابط (۸) و (۹)، محاسبه گردید. در نهایت با محاسبه شاخص نزدیکی نسبی، مطابق رابطه (۱۰)، گزینه‌ها بر مبنای این شاخص رتبه‌بندی شدند. در این تحقیق، ریسک‌های شناسایی شده ابتدا در هر یک از حوزه‌ها به طور مجزا و سپس به صورت جامع با استفاده از روش تاپسیس فازی اولویت‌بندی شدند. جدول ۴ رتبه هر کدام از ریسک‌های شناسایی شده را در دو

جدول ۴ - رتبه بندی ریسک‌ها (گزینه‌ها) به روش تاپسیس فازی

Table 4. Ranking of Risks (Alternatives) by Fuzzy TOPSIS Method

رتبه‌بندی کلی (B)	رتبه‌بندی هر حوزه (A)		گزینه‌ها (ریسک‌ها)	
	رتبه	CL		
۶	۰/۷۸۲	۱	۰/۷۱	حوزه مهندسی
۱۳	۰/۶۸۵	۳	۰/۴۶	
۱۱	۰/۷۳۱	۲	۰/۶	
۱۶	۰/۶۰۹	۴	۰/۳۸	
۴	۰/۷۸۷	۴	۰/۶۹	حوزه اجرایی
۱۰	۰/۷۴۶	۶	۰/۶۵	
۸	۰/۷۶۶	۵	۰/۶۷	
۲	۰/۷۹۷	۲	۰/۷۱	
۱۴	۰/۶۵۶	۷	۰/۴۸	
۱	۰/۸۹۷	۱	۰/۹	
۲۱	۰/۵۵۶	۹	۰/۳۷	
۳	۰/۷۹۶	۳	۰/۷	
۲۰	۰/۵۷۳	۸	۰/۴۷	
۲۴	۰/۳۸۸	۶	۰/۲۵	
۷	۰/۷۶۸	۲	۰/۸۱	حوزه پدافند غیر عامل
۱۲	۰/۷۲۶	۳	۰/۷۵	
۱۵	۰/۶۴۹	۴	۰/۶۴	
۱۹	۰/۵۸	۵	۰/۵۳	
۵	۰/۷۸۶	۱	۰/۸۴	

رتبه‌بندی کلی (B)		رتبه‌بندی هر حوزه (A)		گزینه‌ها (ریسک‌ها)	
رتبه	CL	رتبه	CL		
۱۸	۰/۵۹	۳	۰/۶۹	تصرف و تخریب زیست بوم طبیعی	حوزه زیست محیطی
۱۷	۰/۶۰۲	۲	۰/۷	آلودگی هوا (گازهای حاصل از تهویه، پالایش و سوزاندن گاز اضافی و ...)	
۹	۰/۷۵۸	۱	۰/۹۳	آلودگی آب دریا (ریزش و نشست نفت، حمل و نقل دریایی، حفاری بستر و ...)	
۲۵	۰/۳۳۵	۶	۰/۳۲	تخلیه فاضلاب‌های بهداشتی و پسماندهای نفتی به دریا (فلزات سنگین و ...)	
۲۲	۰/۵۳۹	۴	۰/۶۱	خوردگی پایه سکو به علت رشد باکتری‌ها و آبزیان	
۲۶	۰/۳۲۳	۷	۰/۳۱	آلودگی صوتی (عملیات لرزه‌نگاری و حفاری و ساخت و ...)	
۲۳	۰/۴۸۸	۵	۰/۵۶	آلودگی و فرسایش خاک	

- ارزیابی شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی در فاز مطالعاتی و پایش مستمر آن
- رعایت دستورالعمل‌های ایمنی و بهداشت و سلامت
- شناسایی سازمان‌ها و شرکت‌های همسایه به منظور همکاری متقابل در صورت وقوع شرایط اضطراری
- به روز نمودن اطلاعات هواشناسی (نظیر دما، رطوبت، جهت باد، ارتفاع موج، پیش بینی وضعیت طوفان و شرایط نامساعد جوی و ...)
- آموزش کارکنان با نحوه استفاده از وسایل و تجهیزات اطفاء حریق
- برگزاری دوره‌های آموزشی جهت ارتقاء سطح دانش و آگاهی کارکنان نظیر دوره‌های تخصصی مدیریت و ارزیابی ریسک و ...
- رعایت دستورالعمل مدیریت پسماند
- اجرای دستورالعمل‌های زیست محیطی
- استفاده از بازدارنده‌های مناسب در برابر خوردگی داخلی و خارجی تجهیزات
- تامین تجهیزات مورد نیاز جهت مقابله با آلودگی نفتی اعم از بوم، اسکیم و ...

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- با توجه به رتبه‌بندی کلیه ریسک‌ها به طور جامع (ستون B)، از میان ۲۶ ریسک شناسایی شده برای پروژه مذکور، مهم‌ترین ریسک‌ها، به ترتیب اولویت، ریسک توقف عملیات اجرایی ناشی از عدم تامین مصالح و تجهیزات لازم به علت تحریم، ریسک خطای حمل و نقل (ساحلی و فراساحلی) و ریسک تاثیرات منفی شرایط نامساعد جوی بر اجرا می‌باشند، که رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند. توجه ویژه به این ریسک‌ها می‌تواند راهنمای اولیه مناسب، برای برنامه‌ریزی بهتر مدیریت ریسک و در نتیجه کاهش سطوح ریسک در پروژه‌های ساخت سکوه‌های نفتی باشد.
- در نهایت پس از آنالیز کمی ریسک‌ها، برای یافتن استراتژی‌های پاسخ‌دهی در این تحقیق با استفاده از نظر خبرگان، اقدامات کنترلی و اصلاحی به منظور کاهش مخاطرات شناسایی شده و به حداقل رساندن آنها به شرح ذیل تعیین گردید:
- بکارگیری نیروهای متخصص و مجرب
 - تامین تجهیزات انحصاری نظیر دستگاه‌های لایروبی
 - استفاده از بیمه‌های تمام خطر نصب
 - ارزیابی ریسک و آنالیز پیامد قبل از نصب تجهیزات
 - تهیه پلان اجرایی دقیق به همراه کلیه تقدم و تاخرها
 - استفاده از ضریب ریسک در استعلام قیمت‌ها
 - تشکیل پایگاه موقت مدیریت بحران در حین اجرا

بررسی نتایج حاصل از مطالعات پیشین در زمینه ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های فاز ساخت سکوهای نفتی و مطالعه حاضر حاکی از آن است که قضاوت و بینش متخصصان، در نتیجه اولویت‌بندی ریسک‌ها تاثیر زیادی خواهد داشت، به طوری که نوری و همکاران در سال ۲۰۱۰ این موضوع را یکی از چالش‌ها در فرایند ارزیابی مدیریت ریسک معرفی و بکارگیری تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری را جهت رفع این موضوع توصیه کردند (۲۵).

در این تحقیق رویکردی فازی جهت شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های مهم پروژه‌های ساخت سکوهای نفتی در حوزه‌های طراحی، اجرا، پدافند غیرعامل و محیط‌زیست، با استفاده از مدل تصمیم‌گیری تاپسیس و بر مبنای استاندارد PMBOK ارائه شد، که نتایج و پیشنهادات زیر را به دنبال خواهد داشت:

(۱) استفاده از این مدل به دلیل توانایی مد نظر قرار دادن مبادله بین متغیرها و نیز تبدیل متغیرهای زبانی به متغیرهای کمی توصیه می‌شود. از طرفی، با توجه به توانایی مدل ارائه شده در مد نظر قرار دادن نظرات چندین خبره، این مدل سازگاری زیادی با ماهیت برنامه‌ریزی مدیریت ریسک که تصمیم‌گیری گروهی است، را دارا می‌باشد. از این‌رو، مدل ارائه شده جهت اولویت‌بندی ریسک پروژه‌های سکوی نفتی، مدلی کارا به شمار می‌رود.

(۲) نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مهمترین ریسک‌های اثرگذار بر پروژه مورد مطالعه، ریسک توقف عملیات اجرایی ناشی از عدم تامین مصالح و تجهیزات لازم به علت تحریم، ریسک خطای حمل و نقل و ریسک تاثیرات منفی شرایط نامساعدجوی بر اجرا می‌باشند، که فرآیند پاسخگویی به آن‌ها نقش به‌سزایی در کاهش یا حذف آن‌ها دارد.

(۳) با توجه به ارزیابی ریسک انجام شده در پروژه ساخت سکوی نفتی P4، مطابق جدول ۴، بیشترین آسیب زیست محیطی به طور مستقیم و غیر مستقیم مربوط به ریسک آلودگی آب دریا بوده است.

در حیطه پروژه‌های سازه‌های دریایی، به ویژه احداث سکوهای نفتی، بدلیل استفاده از محاسبات پیشرفته و پیچیده و وجود عدم قطعیت‌های فراوان از یک سو، و نیز گستردگی منابع آن‌ها از سوی دیگر، به طور معمول این پروژه‌ها با ریسک‌های متعددی رو به رو می‌شوند. در حالیکه پروژه‌های سکوهای نفتی بدلیل شرایط خاصشان باید از محدوده ریسک کمتری نسبت به سایر پروژه‌های عمرانی برخوردار باشند. لذا، نیاز به انجام مدیریت ریسک در این پروژه‌ها جهت کاهش سطوح ریسک و بهبود بهره‌برداری از آنها، امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

از آنجا که ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی شده، از مهمترین اقدامات در فرآیند مدیریت ریسک پروژه به شمار می‌روند، از این‌رو پس از شناسایی ریسک‌های پروژه، ارزیابی و اولویت‌بندی این ریسک‌ها به منظور مدیریت و پاسخ‌دهی مناسب به آنها امری لازم و ضروری است.

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های فاز ساخت سکوهای نفتی در حوزه‌های مختلف صورت گرفته است. حسینی و همکاران در سال ۱۳۹۱ به منظور ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی ساخت سکوهای میدان نفتی رشادت با استفاده از سامانه شاخص‌گذاری و عدد اولویت ریسک نشان دادند که تولید فاضلاب دارای بالاترین میزان ریسک می‌باشد (۱۴). پژمان ثانی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۳ به منظور ارزیابی ریسک زیست محیطی فعالیت‌های سکوی نفتی ابوذر AB، از روش HAZID استفاده و در آن جنبه‌های مختلف زیست محیطی را مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که دود کردن مشعل و خوردگی پایه سکوها به ترتیب مهمترین ریسک‌های زیست محیطی پروژه مورد مطالعه به شمار می‌روند (۱۶). بدل پور و حافظ الکتب نیز در سال ۲۰۱۵ به مدیریت ریسک پروژه‌های EPC در صنعت نفت و گاز مبتنی بر مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در محیط فازی پرداخته و نشان دادند که مهمترین ریسک‌های اثرگذار بر پروژه، ریسک تورم و نوسانات غیر قابل پیش‌بینی قیمت‌ها است (۲۴).

- Project Risk Management. *European Journal of Operation Research*, 85, 18-38.
- 3-. Project Management Institute, (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute Publications, 4th Ed, PMI.
 - 4-. Awadkhah, H., Mohebi, A.H., (1389). *Project Risk Management*, First Edition, Kian Rayaneh Sabz Publications.
 - 5-. Mohammadi, A., Jafari, S.M., (2008). *Risk Management in the Implementation of Marine Projects (Based on PMBOK Standard)*. *International Conference on Coastal, Ports and Marine Structures*, Vol. 8.
 - 6-. Touran, A., (2006). *Owner Risk Reduction Techniques Using a CM*. *Construction Management Association of America*, CMAA.
 - 7-. Lee, Y.W., Dahab, M.F., Bogardi, I., (1994). *A rule based fuzzy set approach to risk analysis of nitrate contaminated groundwater*. *Water Science and Technology*, 30, 45-52.
 - 8-. Malczewski, J., (2006). *Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria use suitability analysis*. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8, 270-277.
 - 9-. Simonovic, S.P., Verma, R., (2008). *A new methodology for water resources multi-criteria decision uncertainty*. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33, 322-329.
 - 10-. Andric, J.M., Lu, D.G., (2016). *Risk assessment of bridges under multiple hazards in operation period*. *Journal of Safety science*, 83, 80-92.
 - 11-. Kafle, M.R., Sheyka, N.M., (2018). *Multi-Criteria Decision-Making Approach for Flood Risk and Sediment Management in Koshi Alluvial Fan, Nepal*. *Journal of Water Resource and Protection*, 10, 596-619.
 - 12-. Aven, T., Vinnem, J.E., (2005). *On the use of risk acceptance criteria in the Offshore Oil*
- ۴) جایگاه گزینه‌ها در رتبه‌بندی جامع حاکی از آن است که از منظر و بینش تیم کارشناسی مدیریت ریسک پروژه مورد مطالعه، ریسک‌های زیست محیطی نسبت به سایر حوزه‌های مورد بررسی، دارای اهمیت کمتری می‌باشند، در حالیکه فعالیت‌های صورت گرفته در این نوع از پروژه‌ها، جزء چالش‌انگیزترین موارد به لحاظ اثرات مخرب زیست محیطی و آلودگی به شمار می‌روند. لذا ضروریست که با شناسایی و ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی پیش از آغاز عملیات اجرایی، احتمال بروز حادثه و صدمات وارد بر محیط زیست را به حداقل رساند.
- ۵) بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی ریسک انجام شده، مطابق با استاندارد PMBOK، با انجام اقدامات کنترلی و استراتژی‌هایی نظیر اجتناب از ریسک (Risk Avoidance)، انتقال ریسک (Risk Transfer)، تقلیل ریسک (Risk Mitigation) و پذیرش ریسک (Acceptance)، میزان صدمه و آسیب‌پذیری زیست محیطی را می‌توان تقلیل داد.
- ۶) محققان در تحقیقات آتی می‌توانند ریسک‌ها را با استفاده از سایر مدل‌های چند شاخصه، ارزیابی و اولویت‌بندی کنند. انتخاب مدل تصمیم‌گیری و نیز مقایسه نتایج رتبه‌بندی با استفاده از مدل‌های مختلف تصمیم‌گیری می‌تواند مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد.
- ۷) انجام این تحقیق برای مدیریت ریسک سایر پروژه‌های ساخت سکوهای نفتی توصیه می‌شود.

منابع

- 1-. Olfat, L., Khosravi, F., Jalali, R. (2009). *Identification and Prioritization of Project Risk Based on the PMBOK Standard with Fuzzy Approach (Case Study: Non-level Intersection Construction Projects in Bushehr Province)*, *Industrial Management*, No. 19.
- 2-. Williams, T., (1995). *A Classified Bibliography of Recent Research Relating to*

- and Gas Industry. *Journal of Reliability Engineering & System Safety*, 90, 15-24.
- 13-. Dismukes, D.E., (2011). *Diversifying Energy Industry Risk in the Gulf of Mexico: Post-2004 Changes in Offshore Oil and Gas Insurance Markets*. Washington, DC: Bureau of Ocean Energy Management.
- 14-. Hosseini, H., Al-Sadat, D., Toraj, Arjamandi, R., Shirbanpour, I., (2011). *Occupational Health and Safety Risk Management in the Construction Phase of Oil Platforms and Providing Management Solutions for Improvement (A Case Study of the Construction Phase of Reshadat Oil Field Platforms)*, *Human and Environment*, No. 22.
- 15-. Mirdrikund, H., Nasiri, P., Mansouri, N., (2010). *Evaluation and Comparison of the Performance of the Work Permit System in an Offshore Oil Platform*, *Human and Environment*, No. 19.
- 16-. Pejman Sani, Q., Givechi, S., Jafari, H.R., (2013). *Environmental Risk Management of Oil Platform Production Operations (Case Study of Abuzar AB Exploitation Platform of Abuzar marine complex)*, the First International Conference on HSE in Construction, Mining, Oil and Gas Projects.
- 17-. Asgari, M.M., Sadeghi Shahabi, M., Siflo, S., (2015). *Identifying and Prioritizing the Risks of Upstream Oil and Gas Projects in Iran using the Risk Breakdown Structure (RBS) Format and the TOPSIS technique*, *Journal of Economic Research and Policies*, No. 78.
- 18-. Nouri, H., Chiraghi, M., Islami Baladeh, A.A., (2018). *Evaluation and Prioritization of Environmental Risks Based on the Fuzzy Approach and Multi-indicator Decision-Making: A Case Study in an Oil and Gas Exploitation Area*, *Occupational Health and Safety*, No. 3.
- 19-. Buckley, J.J., (1985). *Fuzzy hierarchical analysis*. *Fuzzy Sets and Systems*, 17, 233-247.
- 20-. 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, 289-301.
- 21-. Chen, C.T., (2000). *Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment*. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- 22-. Cochran, W.G., (1997). *Sampling techniques*. 3rd Edition, John Wiley and sons, New York.
- 23-. Tsaur, S.H., Chang, T.Y., Yen, C.H., (2002). *The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM*. *Tourism Management*, 23, 107-115.
- 24-. Badalpur, M., Hafezalkotob, A., (2015). *Methodology based on MCDM for risk management in EPC projects: A Case Study of LPG Storage Tanks Construction*. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 8(3), 1-23.
- 25-. Nouri, J., Omidvari M., Tehrani, S., (2010). *Risk Assessment and Crisis Management in Gas Stations*. *International Journal of Environmental Research*, 4(1), 143-152.