

**Paper Type: Original Article**

Risk Identification and Assessment in Oil and Gas Projects Using a Fuzzy Approach Based on OPA-Marcus (A Case Study)

Mona Barat^{1,*}, Reyhaneh Nokhostin¹¹*Department of Industrial Engineering, Mahshahr Branch, Islamic Azad University, Mahshahr, Iran; mona.barat@gmail.com.***Citation:**Barat, M., & Nokhostin, R. (2024). Risk identification and assessment in oil and gas projects using a fuzzy approach based on OPA-Marcus (A case study). *Management sciences and decision analysis*, 2(4), 259-266.

Received: 11/05/2024

Reviewed: 27/07/2024

Revised: 14/09/2024

Accepted: 05/11/2024

Abstract

Purpose: This study aims to identify and assess risks in oil and gas projects using a fuzzy approach based on the OPA–Marcus method. The oil and gas industry is one of the most high-risk investment sectors, facing significant uncertainties due to technical complexity, economic volatility, and political instability. The main purpose of this study is to develop an effective model for comprehensive risk analysis and to minimize their impacts on project cost, time, and quality.

Methodology: The research is applied–descriptive and quantitative in nature. The statistical population includes experts and managers in the oil and gas industry selected through a snowball sampling method. Initially, potential risks were classified into six main categories (engineering, financial, environmental, design and construction, contractual, and managerial). The fuzzy ordinal priority approach was first used to determine the weights of evaluation criteria, and then the fuzzy MARCOS method was employed to rank the risk factors in the Bandar Imam Petrochemical Company.

Findings: The findings revealed that financial risks, with an importance coefficient of 2.079, had the greatest impact on project performance, followed by environmental risks with 1.747. Among the sub-risks, the emission of toxic pollutants into the air (0.837) was identified as the most critical factor. Inflation rate fluctuations affecting contract terms and project delays due to design changes ranked second and third, respectively. These results highlight that managing financial and environmental risks is key to the success of oil and gas projects.

Originality/Value: The novelty of this study lies in the simultaneous application of the fuzzy OPA and fuzzy MARCOS methods for multidimensional risk evaluation in industrial projects. This integrated approach enhances decision-making precision by accounting for interdependencies among factors. The findings provide valuable analytical support for oil and gas project managers to mitigate uncertainties and improve risk management performance.

Keywords: Risk management, Oil and gas projects, Fuzzy multi-criteria decision-making, Fuzzy ordinal priority approach, Fuzzy MARCOS method.



Corresponding Author: mona.barat@gmail.com

<https://doi.org/10.22105/msda.v2i4.114>

Licensee. **Management Sciences and Decision Analysis**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



شناسایی و ارزیابی ریسک در پروژه‌های نفت و گاز با استفاده از رویکرد فازی مبتنی بر OPA-مارکوس (یک مطالعه موردی)

مونا برات^۱، ریحانه نخستین^۱

^۱گروه مهندسی صنایع، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران.

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک در پروژه‌های نفت و گاز با استفاده از رویکرد فازی مبتنی بر OPA-مارکوس انجام شده است. صنعت نفت و گاز از پرریسک‌ترین حوزه‌های سرمایه‌گذاری است که به دلیل پیچیدگی فنی، شرایط اقتصادی و نوسانات سیاسی، همواره با عدم قطعیت و چالش‌های مدیریتی روبه‌رو است. هدف اصلی این مطالعه، ارائه مدلی کارآمد برای تحلیل جامع ریسک و کاهش اثرات آن بر هزینه، زمان و کیفیت پروژه‌هاست.

روش‌شناسی پژوهش: تحقیق حاضر از نوع کاربردی-توصیفی است و با رویکرد کمی انجام شده است. جامعه آماری پژوهش شامل متخصصان و مدیران فعال در صنعت نفت و گاز است که به‌صورت هدفمند و با روش گلوله برفی انتخاب شدند. ابتدا فهرستی از ریسک‌های بالقوه در شش دسته اصلی (مهندسی، مالی، زیست محیطی، طراحی و ساخت، قراردادی و مدیریتی) استخراج شد. سپس با استفاده از رویکرد اولویت‌ترتیبی فازی وزن شاخص‌های ارزیابی تعیین گردید و در مرحله بعد از روش مارکوس فازی برای رتبه‌بندی نهایی عوامل ریسک در شرکت پتروشیمی بندر امام استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج تحلیل‌ها نشان داد که ریسک‌های مالی با ضریب اهمیت $2/079$ بیشترین تاثیر را بر عملکرد پروژه دارند. پس از آن، ریسک‌های زیست محیطی با ضریب اهمیت $1/747$ در رتبه دوم قرار گرفتند. از میان ریسک‌های فرعی، انتشار آلاینده‌های سمی به هوا ($0/837$) به‌عنوان بحرانی‌ترین عامل شناسایی شد. ریسک نوسان نرخ تورم بر مفاد قرارداد و تمديد زمان پروژه به دلیل تغییرات نیز به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که کنترل ریسک‌های مالی و زیست محیطی، کلید اصلی موفقیت پروژه‌های نفت و گاز است.

اصالت/ارزش افزوده علمی: نوآوری این تحقیق در به‌کارگیری هم‌زمان دوروش OPA فازی و مارکوس فازی برای ارزیابی چندبعدی ریسک‌ها در پروژه‌های صنعتی است. این ترکیب روش‌شناسی، ضمن افزایش دقت تصمیم‌گیری، قادر است اثرات متقابل میان شاخص‌ها را نیز در نظر گیرد. نتایج پژوهش می‌تواند به‌عنوان ابزاری تحلیلی برای مدیران پروژه‌های نفت و گاز در جهت کاهش عدم قطعیت‌ها و ارتقای کارایی سیستم مدیریت ریسک مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: مدیریت ریسک، پروژه‌های نفت و گاز، تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، رویکرد اولویت‌ترتیبی فازی، روش مارکوس فازی.

۱- مقدمه

عدم قطعیت یک پدیده جهانی تلقی می‌شود و تعداد کمی از پروژه‌ها در چارچوب هزینه‌ها و جدول زمانی مورد انتظار تکمیل می‌شوند. در کشورهای توسعه‌یافته و همچنین کمتر توسعه‌یافته، ریسک یک مساله رایج در پروژه‌های ساخت و تولید است. با این حال، این روند در کشورهای کمتر توسعه‌یافته بسیار جدی است، جایی که گاهی اوقات از 100% هزینه‌ها و زمان مورد انتظار فراتر می‌رود [1]. خطرات در صنایع ساخت‌وساز و تولید معمولاً منجر به افزایش زمان و هزینه و همچنین عواقب در موعد تحویل پروژه می‌شود. در نتیجه، اکثر پروژه‌های ساخت‌وساز با تاخیر زمانی و یا افزایش هزینه تمام‌شده نسبت به بودجه مواجه می‌شوند، زیرا مدیران پروژه قادر به مدیریت موثر ریسک نبودند [2].

صنعت نفت و گاز ارتباط ناگسستگی با عدم اطمینان و ریسک دارد. علت اصلی آن سرمایه‌گذاری بسیار بالا در این حوزه است که آن را به یک تجارت پر ریسک تبدیل می‌کند. سرمایه‌گذاری برای توسعه صنعت نفت و گاز به دلیل حجم قابل توجهی از منابع، مداخله بسیاری از طرف‌های درگیر، استفاده از فناوری پیشرفته و اثرات اجتماعی و اقلیمی بالا، از جمله عواملی هستند که این صنعت را در معرض خطرات قرار داده‌اند [3]. یکی از ویژگی‌های بارز در پروژه‌های نفت و گاز بالا بودن ریسک است. در این زمینه، ولکن هویسن و همکاران [4] پیشنهاد نمودند که ریسک زمین‌شناسی، ریسک اقتصادی و ریسک مهندسی همگی باید در نظر گرفته شوند؛ زیرا بر اکتشاف و توسعه پروژه‌های نفت و گاز تاثیر می‌گذارند. علاوه بر این، ژوو و همکاران [5] اشاره کردند که ریسک سیاست، به‌ویژه ریسک مالی، تاثیرات مهمی بر پروژه‌های نفت و گاز بین‌المللی دارد. برخی دیگر از محققین پیشنهاد نمودند که ریسک‌های مرتبط با منابع، مسایل اقتصادی و سیاسی باید در فرآیند ارزیابی پروژه‌های نفت و گاز در نظر گرفته شوند [6].

پروژه‌های نفت و گاز با سه نوع ریسک اصلی مواجه هستند که بر جنبه‌های مختلف این پروژه‌ها تاثیر می‌گذارند. ریسک‌های منابع شامل ریسک‌های زمین‌شناسی، کسب منابع و مهندسی است که به‌طور مستقیم بر تولید و کیفیت منابع نفتی تاثیر می‌گذارند. ریسک‌های اقتصادی به هزینه‌ها و قیمت‌های محصولات مربوط می‌شود و می‌تواند منجر به کاهش سودآوری یا زیان‌دهی پروژه‌ها شود. ریسک‌های سیاسی شامل سیاست‌های مالی، ملی‌سازی و سایر سیاست‌های دولتی است که بر درآمد، هزینه‌ها و عرضه و تقاضای محصولات تاثیر می‌گذارد. این ریسک‌ها در طول چرخه عمر پروژه‌ها وجود دارند و می‌توانند به‌شدت بر ارزش کلی پروژه‌های نفت و گاز تاثیر بگذارند [6].

شرکت پتروشیمی بندر امام، به‌عنوان یکی از پیشروان صنعت نفت و گاز کشور، با حجم بالای پروژه‌ها و پیچیدگی‌های عملیاتی مواجه است. مدیریت نادرست ریسک‌ها در این پروژه‌ها می‌تواند به تاخیرهای زمانی، افزایش هزینه‌ها و کاهش کیفیت منجر شود. این امر، نیاز به پژوهش‌هایی دقیق برای شناسایی عوامل بحرانی ریسک و ارائه راهکارهای عملی را دوچندان می‌کند. در این پژوهش، تمرکز اصلی بر شناسایی و ارزیابی ریسک‌های اساسی در پروژه‌های پتروشیمی بندر امام است تا با درک بهتر از عوامل بحرانی، استراتژی‌های کارآمدی برای پیشگیری و کنترل این ریسک‌ها تدوین شود. همچنین از روش‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر تحلیل فازی برای کاهش عدم قطعیت در ارزیابی ریسک‌ها استفاده شده است. این پژوهش با هدف کاهش تاثیر ریسک‌ها بر زمان، هزینه و کیفیت پروژه‌ها، گامی مهم در راستای بهبود اثربخشی مدیریت پروژه‌های نفت و گاز برداشته و به تصمیم‌گیری منطقی‌تر در مواجهه با عدم قطعیت کمک می‌کند.

۲- پیشینه پژوهش

مطالعات اخیر به بررسی و تحلیل ریسک در صنایع مختلف، به‌ویژه نفت و گاز، ساخت‌وساز و پروژه‌های زیست‌محیطی پرداخته‌اند. دادکانی و همکاران [7] با استفاده از روش *FMEA* و واسپاس، به تحلیل ریسک‌های بالقوه در صنایع گازی پرداختند و نشان دادند که ریسک‌های "کار با سنگ فرز" و "بازدید سایت" بالاترین اولویت را دارند، در حالی که فعالیت‌های تعمیراتی کم‌ترین اهمیت را از نظر ریسک کسب کرده‌اند. امینی و همکاران [8] نیز با بهره‌گیری از تحلیل عاملی اکتشافی و *TOPSIS*، موانع پیاده‌سازی مدیریت ریسک در پروژه‌های کوچک را بررسی کرده و کمبود دانش پیمانکار را به‌عنوان مانعی کلیدی شناسایی کردند. بیژن‌زاده و همکاران [9] در پروژه‌های تصفیه‌خانه فاضلاب دریافتند که ریسک‌های فنی نسبت به زیست‌محیطی اهمیت بیشتری دارند و این اهمیت در مراحل مختلف پروژه تغییر می‌کند. در زمینه‌ی مدیریت ریسک در صنعت نفت و گاز، آقابگلو و همکاران [10] چارچوبی ترکیبی از دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی توسعه دادند و تاکید کردند که اجرای راهکارهای منتخب از تاثیرگذارترین عوامل در اثربخشی مدیریت ریسک است. فرمپینی فراهانی و همکاران [11] با استفاده از روش‌های دیمتل و مدل‌سازی ساختاری تفسیری نشان دادند که ریسک‌های مالی و سیاسی در شرایط تحریم بالاترین اهمیت را دارند، در حالی که ریسک‌های فنی کم‌ترین تاثیر را دارا هستند. آیدین و همکاران [12] نیز با ترکیب روش‌های *BWM*، *FMEA* و ماباک فازی، چارچوبی برای شناسایی و کاهش ریسک‌های آتش‌سوزی و انفجار در صنعت نفت و گاز ارائه دادند که در تحلیل حساسیت، استحکام بالای این چارچوب تایید شد.

مطالعات مرتبط با مدیریت پروژه نشان‌دهنده اهمیت عوامل فنی، مدیریتی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در مدیریت ریسک هستند. شهرکی و زمان‌ثانی [13] با تمرکز بر پروژه‌های صنعتی احداث ساختمان، دریافتند که حوزه‌های اجرایی و اقتصادی بیشترین سطح ریسک را دارند و مدیریت نامناسب به‌عنوان مهم‌ترین عامل خطر شناخته می‌شود. علاوه بر این، سهرابی و نورزای [14] با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری نشان دادند که فرآیند برنامه‌ریزی نقش کلیدی در بهبود عملکرد مدیریت ریسک در پروژه‌های نفت و گاز ایران دارد و تاخیرهای ناشی از عملکرد پیمانکار بیشترین اهمیت را دارد. در سطح بین‌المللی، کاسم و همکاران [1] با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری، تاثیر عوامل ریسک داخلی را بر

موفقیت پروژه‌های بزرگ نفت و گاز بررسی کرده و نشان دادند که عواملی مانند مدیریت پروژه، امکان‌سنجی و تامین منابع تاثیر معنی داری بر موفقیت پروژه‌ها دارند. همچنین، لوو و همکاران [15] به بررسی ریسک‌های اجتماعی در پروژه‌های ساین بزرگ ساخت‌وساز پرداختند و مشخص کردند که تاثیر منفی بر استانداردهای زندگی، مدیریت اضطراری و افکار عمومی از مهم‌ترین عوامل خطر هستند. در ادامه فهرست اولیه ریسک‌های پروژه‌های نفت و گازی در شش گروه (۱) مهندسی، (۲) مالی، (۳) زیست‌محیطی، (۴) طراحی و ساخت، (۵) قراردادی و (۶) مدیریتی به شرح جدول ۱ شناسایی شدند:

جدول ۱- عوامل ریسک عوامل ریسک در پروژه‌های نفت و گاز.

Table 1- Risk factors Risk factors in oil and gas projects.

عوامل اصلی	عوامل فرعی	رفرنس	علائم اختصاری
مهندسی	پیچیدگی طراحی و مهندسی ساخت در برخی تجهیزات	[16]	R1
	خطا در طراحی نقشه‌ها و مستندات	[16], [17]	R2
	تغییرات در طراحی در مراحل مختلف پروژه	[16], [17]	R3
	افزایش هزینه اجرای کار به واسطه انتخاب پیمانکار نامناسب	[17]	R4
مالی	افزایش قیمت انجام کار به واسطه زمان طولانی تشریفات مناقصه	[17]	R5
	هزینه بالای مواد خام نسبت به پیش‌بینی‌ها	[17]	R6
	کمبود تخصیص مالی برای پروژه	[17]	R7
	اثرات نوسان نرخ تورم بر مفاد قرارداد	[11], [17], [18], [19]	R8
زیست‌محیطی	عدم رعایت نکات بهداشتی و ایمنی	[2], [11], [17], [20]	R9
	نشستی نفت	[17]	R10
	انتشار آلاینده‌های سمی به هوا	[17]	R11
	تمدید زمان پروژه به دلیل تغییرات	[17]	R12
طراحی و ساخت	تاخیر در اخذ تاییدیه‌ها	[17], [18], [20]	R13
	تغییر در برنامه ساخت	[17], [20]	R14
	طولانی شدن زمان اجرای کار به واسطه انتخاب پیمانکار نامناسب	[17], [18]	R15
	طولانی شدن زمان انجام کار به واسطه زمان طولانی تشریفات مناقصه	[17], [18]	R16
قراردادی	مستندسازی ناکافی اسناد و مدارک	[17]	R17
	تداخل‌های کاری و بروکراسی	[17]	R18
مدیریتی			

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات کاربردی است که به منظور شناسایی و ارزیابی عوامل ریسک در پروژه‌های نفت و گاز طراحی شده است. این تحقیق با رویکرد کمی و به صورت توصیفی-پیمایشی انجام می‌شود. جامعه آماری این پژوهش، خبرگان و متخصصان صنعت نفت و گاز است که به طور مستقیم در پروژه‌های نفت و گاز مشغول به فعالیت هستند. نمونه‌گیری در این تحقیق به روش گلوله برفی صورت گرفته است تا اعضای کمیته خبره انتخاب شوند. گروه خبره موردنظر از مدیران و متخصصان باتجربه شرکت پتروشیمی بندر امام تشکیل شده است که در مراحل مختلف تحقیق مشارکت داشته‌اند. اطلاعات موردنیاز پژوهش از طریق مصاحبه‌های تخصصی با این خبرگان و همچنین استفاده از پرسشنامه‌های مرتبط جمع‌آوری گردید.

۳-۱- رویکرد اولویت‌ترتیبی فازی

رویکرد اولویت‌ترتیبی^۱ که توسط عطایی و همکاران [21] معرفی شده، یک تکنیک پیشرفته برای حل مسایل تصمیم‌گیری چندمعیاره است. در پژوهش آن‌ها، این روش با تکنیک‌های دیگر مانند تحلیل سلسله‌مراتبی، روش بهترین-بدترین، تاپسیس، ویکور و پرومته مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهند که روش پیشنهادی از نظر کارایی و دقت بر اساس مقایسه وزن‌ها و رتبه‌ها با استفاده از ضرایب همبستگی اسپیرمن و پیرسون، عملکرد بهتری دارد. هدف این روش، کشف مسایل تصمیم‌گیری چندمعیاره از طریق یک مدل ریاضی خطی است. در این روش، وزن گزینه‌ها، خبرگان و

¹ Ordinal Priority Approach (OPA)

شاخص‌ها به‌طور هم‌زمان و به‌طور ساده محاسبه می‌شود. محمودی و همکاران [22]، [23] در ادامه به توسعه این روش پرداختند و آن را به *OPA* فازی (*OPA-F*) و *OPA* خاکستری (*OPA-G*) گسترش دادند.

۳-۲- روش مارکوس فازی

روش مارکوس^۱ اولین بار توسط استویچ و همکاران [24] به‌منظور حل مساله انتخاب تامین‌کننده در شبکه سلامت و بهداشت پیشنهاد گردید. اگرچه این روش تنها برای مدت کوتاهی منتشر شده است، اما روش در مطالعات متعددی مانند انتخاب مدل‌های میانی حمل‌ونقل بین کشورهای منطقه دانوب، حل مساله چندهدفه برای کاهش ریسک در ترافیک جاده‌ای، انتخاب ماشین‌آلات بارگیری/تخلیه در انبارهای کوچک، انتخاب کارکنان برای یک شرکت حمل‌ونقل، محاسبه هزینه در ساخت‌وساز و ... به‌کار گرفته شده است. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به‌ویژه در تلفیق با تئوری فازی، ابزار بسیار قدرتمند و مفیدی برای تصمیم‌گیری قابل‌اعتماد در زمینه‌های مختلف تصمیم‌گیری هستند. بر همین اساس مطابق با پژوهش استانکویچ و همکاران [25] نسخه فازی روش مارکوس پیشنهاد گردید.

۴- نتایج

در این بخش نظرات اعضای کمیته خبرگی در رابطه با رتبه شاخص‌های ارزیابی عوامل ریسک در شرکت پتروشیمی بندر امام تعیین شده است. این عوامل عبارت‌اند از: شدت اثر هزینه‌ای (*CI*)، شدت اثر زمانی (*C2*)، شدت اثر کیفی (*C3*)، احتمال وقوع (*C4*) و قابلیت کشف خطا (*C5*)؛ به همین منظور بر اساس پرسشنامه مربوطه ابتدا رتبه شاخص‌ها به ازای هر خبره تعیین گردید. سپس مدل برنامه‌ریزی مربوطه با استفاده از نرم‌افزار بهینه‌سازی *GAMS* نسخه ۲۴/۳ و با به‌کارگیری از حل‌کننده *Baron* حل گردید و اوزان بهینه فازی شاخص‌های ارزیابی عوامل ریسک پروژه‌های نفت و گاز در شرکت پتروشیمی بندر امام به شرح جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- اوزان فازی شاخص‌های ارزیابی عوامل ریسک نهایی در شرکت پتروشیمی بندر امام.

Table 2- Fuzzy weights of the final risk factor evaluation indicators in Bandar Imam Petrochemical Company.

شاخص‌های ارزیابی عوامل ریسک	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	وزن بهینه فازی ($\bar{w}$)	وزن بهینه قطعی (<i>w</i>)
C1	0.148	0.216	0.265	(0.148, 0.216, 0.265)	0.213
C2	0.157	0.174	0.226	(0.157, 0.174, 0.226)	0.180
C3	0.157	0.174	0.226	(0.157, 0.174, 0.226)	0.180
C4	0.195	0.209	0.211	(0.195, 0.209, 0.211)	0.207
C5	0.142	0.226	0.271	(0.142, 0.226, 0.278)	0.220

پس از تعیین مقادیر وزنی شاخص‌های ارزیابی عوامل ریسک در پروژه‌های نفت و گاز در شرکت پتروشیمی بندر امام، از روش جدید مارکوس فازی برای به‌دست آوردن عوامل ریسک بحرانی استفاده می‌شود. برای دستیابی به این امر، در وهله اول، پرسشنامه‌های روش مارکوس فازی در اختیار اعضای کمیته خبرگان قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد که اهمیت هر یک از عوامل ریسک را نسبت به هر یک از شاخص‌ها بر اساس الگوی امتیازدهی این روش تعیین کنند. درنهایت ماتریس تصمیم فازی با جمع‌آوری پاسخ‌های کسب‌شده از کمیته خبرگی و از طریق محاسبه میانگین هندسی برای تمام مقادیر/داده‌های دریافت‌شده، تشکیل گردید. در ادامه نتایج به‌کارگیری از تکنیک مارکوس فازی مطابق با جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۳- نتایج روش مارکوس فازی (رتبه و ضرایب اهمیت عوامل ریسک).

Table 3- Results of the fuzzy Marcus method (Rank and importance coefficients of risk factors).

عوامل ریسک	$f(\bar{K}_i^+)$	$f(\bar{K}_i^-)$	K_i^+	K_i^-	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K_i)$	رتبه
R1	(0.17, 0.42, 1)	(0.0, 37.0, 15.06)	0.597	1.608	0.473	0.176	0.324	16
R2	(0.17, 0.42, 1)	(0.0, 37.0, 16.06)	0.603	1.624	0.477	0.177	0.331	15
R3	(0.19, 0.49, 1.12)	(0.0, 42.0, 18.07)	0.692	1.864	0.548	0.204	0.446	5
R4	(0.18, 0.47, 1.18)	(0.0, 39.0, 18.07)	0.655	1.764	0.519	0.193	0.395	12

¹ Measurement Alternatives and Ranking according to Compromise Solution (MARCOS)

جدول ۳- نتایج روش مارکوس فازی (رتبه و ضرایب اهمیت عوامل ریسک).

Table 3- Results of the fuzzy Marcus method (Rank and importance coefficients of risk factors).

رتبه	$f(K_i^-)$	$f(K_i^+)$	K_i^-	K_i^+	$f(\tilde{K}_i^-)$	$f(\tilde{K}_i^+)$	عوامل ریسک
9	0.423	0.199	0.535	1.820	0.676	(0.0, 4.0, 18.07)	R5 (0.2, 0.49, 1.06)
13	0.383	0.190	0.511	1.738	0.645	(0.0, 37.0, 18.07)	R6 (0.19, 0.47, 0.98)
14	0.353	0.183	0.492	1.675	0.622	(0.0, 39.0, 16.07)	R7 (0.19, 0.43, 1.03)
2	0.524	0.219	0.591	2.009	0.746	(0.0, 43.0, 2.07)	R8 (0.24, 0.54, 1.54)
11	0.415	0.197	0.531	1.805	0.670	(0.0, 39.0, 18.07)	R9 (0.2, 0.48, 1.05)
4	0.495	0.214	0.575	1.956	0.726	(0.0, 43.0, 19.07)	R10 (0.2, 0.52, 1.15)
1	0.837	0.271	0.729	2.480	0.921	(0.0, 56.0, 24.09)	R11 (0.25, 0.66, 1.49)
3	0.501	0.215	0.578	1.968	0.731	(0.0, 46.0, 19.08)	R12 (0.22, 0.52, 1.23)
7	0.439	0.202	0.544	1.851	0.688	(0.0, 43.0, 18.06)	R13 (0.18, 0.48, 1.15)
6	0.443	0.203	0.546	1.858	0.690	(0.0, 41.0, 18.07)	R14 (0.19, 0.5, 1.09)
8	0.436	0.202	0.543	1.846	0.686	(0.0, 44.0, 18.06)	R15 (0.16, 0.48, 1.17)
10	0.416	0.197	0.531	1.806	0.671	(0.0, 44.0, 18.07)	R16 (0.19, 0.45, 1.18)
17	0.322	0.175	0.471	1.603	0.595	(0.0, 37.0, 16.05)	R17 (0.15, 0.42, 1.98)
18	0.282	0.165	0.443	1.506	0.560	(0.0, 39.0, 14.05)	R18 (0.14, 0.37, 1.03)

مطابق با نتایج به دست آمده از روش مارکوس فازی (جدول فوق) ضرایب اهمیت و رتبه سراسری عوامل ریسک در پروژه‌های نفت و گاز شرکت پتروشیمی بندر امام به شرح جدول ۴ گزارش شده است.

جدول ۴- ضرایب اهمیت و رتبه سراسری عوامل ریسک در پروژه‌های نفت و گاز شرکت پتروشیمی بندر امام.

Table 4- Importance coefficients and overall ranking of risk factors in Bandar Imam Petrochemical Company's oil and gas projects.

رتبه عامل فرعی	ضرایب اهمیت عامل فرعی	عوامل فرعی
16	0.324	پیچیدگی طراحی و مهندسی ساخت در برخی تجهیزات
15	0.331	خطا در طراحی نقشه‌ها و مستندات
5	0.446	تغییرات در طراحی در مراحل مختلف پروژه
12	0.395	افزایش هزینه اجرای کار به واسطه انتخاب پیمانکار نامناسب
9	0.423	افزایش قیمت انجام کار به واسطه زمان طولانی تشریفات مناقصه
13	0.383	هزینه بالای مواد خام نسبت به پیش‌بینی‌ها
14	0.353	کمبود تخصیص مالی برای پروژه
2	0.524	اثرات نوسان نرخ تورم بر مفاد قرارداد
11	0.415	تولید پسماندهای دور ریز جامد و مایع
4	0.495	نشتی نفت
1	0.837	انتشار آلاینده‌های سمی به هوا
3	0.501	تمدید زمان پروژه به دلیل تغییرات
7	0.439	تاخیر در اخذ تاییدیه‌ها
6	0.443	تغییر در برنامه ساخت
8	0.436	طولانی شدن زمان اجرای کار به واسطه انتخاب پیمانکار نامناسب
10	0.416	طولانی شدن زمان انجام کار به واسطه زمان طولانی تشریفات مناقصه
17	0.322	مستندسازی ناکافی اسناد و مدارک
18	0.282	تداخل‌های کاری و بروکراسی

بر اساس نتایج تحلیل ریسک‌های پروژه‌های نفت و گاز شرکت پتروشیمی بندر امام، عوامل اصلی و فرعی متعددی شناسایی شده‌اند که هر یک نقش مهمی در موفقیت یا شکست پروژه دارند. در میان عوامل اصلی، ریسک مالی با ضریب اهمیت ۲/۰۷۹ در رتبه اول قرار گرفته است. این نشان می‌دهد که مسایل مالی، از جمله نوسان نرخ تورم بر مفاد قرارداد بیشترین تاثیر را بر پروژه دارند. عدم مدیریت صحیح این ریسک می‌تواند منجر به توقف پروژه، کاهش کیفیت و یا حتی عدم سودآوری شود. برای کاهش این ریسک، استراتژی‌هایی نظیر بودجه‌ریزی دقیق، استفاده از ابزارهای مالی مناسب و تنظیم قراردادهای منعطف پیشنهاد می‌شود. ریسک‌های زیست‌محیطی با ضریب اهمیت ۱/۷۴۷ در رتبه دوم قرار دارند. این دسته از

ریسک‌ها به دلیل حساسیت‌های بالای زیست‌محیطی در پروژه‌های نفت و گاز، بسیار مهم هستند. انتشار آلاینده‌ها و خطرات زیست‌محیطی دیگر می‌تواند منجر به جریمه‌های سنگین، فشارهای اجتماعی و حتی توقف پروژه شود. برای مدیریت این ریسک، استفاده از فناوری‌های پاک، برنامه‌ریزی دقیق برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و رعایت استانداردهای بین‌المللی ضروری است.

ریسک‌های مرتبط با طراحی و ساخت با ضریب اهمیت ۱/۳۸۳ و ریسک‌های مهندسی با ضریب اهمیت ۱/۱۰۰ به ترتیب در رتبه‌های سوم و چهارم قرار دارند. مشکلات در طراحی و ساخت یا چالش‌های مهندسی می‌تواند منجر به تغییرات پر هزینه و تاخیرات طولانی مدت شود. برای مدیریت این ریسک‌ها، ارزیابی دقیق طرح‌های مهندسی، انجام تست‌های کیفیت و نظارت مستمر بر فرآیندهای ساخت و اجرای پروژه‌ها الزامی است. ریسک‌های قراردادی با ضریب اهمیت ۰/۸۵۳ و ریسک‌های مدیریتی با ضریب اهمیت ۰/۶۰۳ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. عدم تطابق قراردادها با شرایط پروژه و ضعف در مدیریت پروژه می‌تواند به اختلافات حقوقی، افزایش هزینه‌ها و مشکلات اجرایی منجر شود. برای مدیریت این ریسک‌ها، تنظیم دقیق قراردادها با استفاده از مشاوران حقوقی و بهره‌گیری از مدیران مجرب و برنامه‌ریزی دقیق توصیه می‌شود.

در میان عوامل فرعی، انتشار آلاینده‌های سمی به هوا با ضریب اهمیت ۰/۸۳۷ به‌عنوان مهم‌ترین ریسک فرعی شناخته شده است. این مساله به دلیل اثرات مخرب بر سلامت عمومی و محیط‌زیست، بحرانی‌ترین عامل شناسایی شده است. برای کاهش این ریسک، به‌کارگیری فناوری‌های کاهش آلاینده‌ها و پایش مستمر میزان آلاینده‌ها ضروری است. نوسان نرخ تورم بر مفاد قرارداد با ضریب اهمیت ۰/۵۲۴ و تمدید زمان پروژه به دلیل تغییرات با ضریب اهمیت ۰/۵۰۱ در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. این عوامل به تغییرات اقتصادی و تغییرات در طول پروژه مربوط می‌شوند که می‌توانند منجر به افزایش هزینه‌ها و تاخیرات شوند. تنظیم قراردادهای منعطف و مدیریت موثر تغییرات در پروژه‌ها می‌تواند از بروز این مشکلات جلوگیری کند. نشتی نفت با ضریب اهمیت ۰/۴۹۵ و تغییرات در طراحی در مراحل مختلف پروژه با ضریب اهمیت ۰/۴۴۶ نیز از دیگر ریسک‌های فرعی مهم هستند. نشتی نفت می‌تواند به آسیب‌های زیست‌محیطی جدی منجر شود و تغییرات طراحی نیز می‌تواند هزینه‌های اضافی و تاخیرات در پروژه را به همراه داشته باشند. استفاده از تجهیزات پیشرفته برای جلوگیری از نشتی و سیستم‌های کنترل تغییرات قوی، از جمله راهکارهای مدیریت این ریسک‌ها است. در مجموع، این تحلیل نشان می‌دهد که پروژه‌های نفت و گاز با مجموعه‌ای از ریسک‌های پیچیده مواجه هستند که نیازمند مدیریت دقیق و استراتژیک است. تمرکز بر ریسک‌های کلیدی مانند مالی و زیست‌محیطی و اتخاذ راهکارهای مدیریت ریسک مناسب، می‌تواند به موفقیت پروژه‌ها و کاهش اثرات منفی کمک کند.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش به بررسی دقیق و جامع ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های نفت و گاز در شرکت پتروشیمی بندر امام پرداخته است. با توجه به اهمیت بالای این پروژه‌ها در اقتصاد ملی و تأثیرات گسترده آن‌ها بر محیط‌زیست و جامعه، شناسایی و ارزیابی دقیق ریسک‌ها برای مدیریت بهینه آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یافته‌های تحقیق نشان داد که ریسک‌های مالی به‌عنوان مهم‌ترین مولفه شناسایی شدند. نوسان نرخ تورم بر مفاد قرارداد، به‌عنوان یک ریسک مالی، بیشترین تأثیر را بر پروژه‌ها دارد و در صورت مدیریت ناکارآمد، می‌تواند به توقف پروژه، کاهش کیفیت، یا عدم سودآوری منجر شود. ریسک‌های زیست‌محیطی در رتبه دوم قرار گرفتند، چراکه انتشار آلاینده‌ها و دیگر مشکلات زیست‌محیطی می‌تواند به جریمه‌های سنگین، فشارهای اجتماعی و حتی توقف پروژه‌ها منجر شود. همچنین، ریسک‌های مرتبط با طراحی و ساخت و ریسک‌های مهندسی به ترتیب در رتبه‌های سوم و چهارم قرار گرفتند، چراکه این ریسک‌ها می‌توانند منجر به تاخیرات طولانی مدت و افزایش هزینه‌ها شوند. سایر ریسک‌های شناسایی شده شامل ریسک‌های قراردادی و مدیریتی بودند که به‌عنوان عوامل موثر در بروز اختلافات حقوقی و مشکلات اجرایی در رتبه‌های پنجم و ششم قرار گرفتند.

در این بخش، برخی پیشنهادها کاربردی و نظری برای بهبود مدیریت ریسک در پروژه‌های نفت و گاز شرکت پتروشیمی بندر امام با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش، به‌طور دقیق‌تر توضیح داده شده است. ریسک انتشار آلاینده‌های سمی به هوا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل بحرانی شناسایی شد. برای کاهش تأثیرات منفی این آلاینده‌ها، پیشنهاد می‌شود که شرکت به سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پیشرفته تصفیه و کاهش آلاینده‌ها بپردازد. همچنین، نظارت مداوم و دقیق بر میزان انتشار آلاینده‌ها، به‌ویژه آلاینده‌های سمی، از اهمیت بالایی برخوردار است. ارتقا آگاهی کارکنان از طریق برنامه‌های آموزشی و فرهنگ‌سازی پیرامون کاهش آلاینده‌ها نیز می‌تواند به بهبود وضعیت محیط‌زیست و کاهش ریسک‌ها کمک کند.

ریسک نوسان نرخ تورم و تاثیر آن بر مفاد قرارداد نیز به عنوان یک عامل بحرانی شناسایی شد. برای مدیریت موثر این ریسک، توصیه می‌شود که قراردادها به گونه‌ای طراحی شوند که قادر به پیش‌بینی و واکنش به تغییرات نرخ تورم باشند. استفاده از ابزارهای مالی نظیر قراردادهای آتی و بیمه‌های تورمی می‌تواند به مدیریت ریسک‌های مالی ناشی از نوسانات نرخ تورم کمک کند و از آسیب‌های مالی جلوگیری نماید.

ریسک تمدید زمان پروژه به دلیل تغییرات به عنوان یک چالش دیگر در پروژه‌های نفت و گاز شناسایی شد. برای مقابله با این مشکل، پیشنهاد می‌شود که برنامه‌های پروژه به طور دقیق و واقع‌بینانه تدوین شوند و منابع اضافی برای مدیریت تاخیرات احتمالی در نظر گرفته شوند. این کار می‌تواند به کاهش تاثیرات منفی ناشی از تغییرات زمان پروژه کمک کند.

ریسک نشتی نفت نیز به عنوان یک عامل بحرانی شناسایی شد. برای کاهش این ریسک، تقویت ایمنی و نظارت بر پروژه با استفاده از سیستم‌های پیشرفته برای تشخیص زودهنگام نشتی نفت و انجام بازرسی‌های منظم و تعمیرات پیشگیرانه ضروری است. این اقدامات می‌توانند از بروز حوادث و خسارات جدی جلوگیری کنند. ریسک تغییرات در طراحی در مراحل مختلف پروژه به دلیل تغییرات نیز به عنوان یکی از عوامل بحرانی مشخص شد. برای مدیریت این ریسک، پیشنهاد می‌شود که یک سیستم موثر برای مدیریت تغییرات طراحی ایجاد شود و ارتباط مستمر با ذی‌نفعان پروژه برقرار گردد. این کار می‌تواند به کاهش مشکلات ناشی از تغییرات طراحی و بهبود هماهنگی و کارایی پروژه کمک کند.

منابع

- [1] Kassem, M. A. (2022). Risk management assessment in oil and gas construction projects using structural equation modeling (PLS-SEM). *Gases*, 2(2), 33–60. <https://doi.org/10.3390/gases2020003>
- [2] Khalilzadeh, M., Shakeri, H., & Zohrehvandi, S. (2021). Risk identification and assessment with the fuzzy DEMATEL-ANP method in oil and gas projects under uncertainty. *Procedia computer science*, 181, 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.147>
- [3] Sweis, R., Moarefi, A., Amiri, M. H., Moarefi, S., & Saleh, R. (2019). Causes of delay in Iranian oil and gas projects: A root cause analysis. *International journal of energy sector management*, 13(3), 630–650. <https://doi.org/10.1108/IJESM-04-2018-0014>
- [4] Welkenhuysen, K., Rupert, J., Compennolle, T., Ramirez, A., Swennen, R., & Piessens, K. (2017). Considering economic and geological uncertainty in the simulation of realistic investment decisions for CO₂-EOR projects in the North Sea. *Applied energy*, 185, 745–761. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.10.105>
- [5] Zhu, L., Zhang, Z., & Fan, Y. (2015). Overseas oil investment projects under uncertainty: How to make informed decisions? *Journal of policy modeling*, 37(5), 742–762. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2015.08.001>
- [6] Cheng, C., Wang, Z., Liu, M. M., & Ren, X. H. (2019). Risk measurement of international oil and gas projects based on the Value at Risk method. *Petroleum science*, 16(1), 199–216. <https://doi.org/10.1007/s12182-018-0279-1>
- [7] Dadkani, P., Heydari, O., Mahdavi, A., & Irandegani, M. Y. (2024). Investigating the most important potential risks in the activities of gas power plants (Bampur Gas Power Plant). *Journal of environmental science studies*, 8(4), 7449–7455. [10.22034/jess.2023.404997.2071](https://doi.org/10.22034/jess.2023.404997.2071)
- [8] Amini, M., Nohani, E., & Noorolah Dezfouli, M. H. (2024). Identification and ranking of factors influencing the non-implementation of risk management in small-scale civil projects (Case study: Civil projects in the city of Abadan). *Civil and project*, 5(12), 11–28. <https://doi.org/10.22034/cpj.2024.434589.1252>
- [9] Bizhanzadeh, P., Varshosaz, K., & Egdernezhad, A. (2023). Evaluation of environmental and technical risks in the west Ahvaz wastewater treatment plant construction project using hierarchical analysis process. *Sustainability, development & environment*, 4(3), 75–95. <https://B2n.ir/yr3463>
- [10] Aghabegloo, M., Rezaie, K., & Torabi, S. A. (2023). Developing and evaluating risk governance framework in the oil and gas industry. *Industrial management journal*, 15(1), 3–29. <https://doi.org/10.22059/imj.2023.350212.1007999>
- [11] Farmahini Farahani, A., Didekhani, H., Khalili-Damghani, K., Sarfaraz, A. H., & Hajirezaie, M. (2022). A framework for interactive risk assessment in projects: Case study of oil and gas megaprojects in presence of sanctions. *Journal of modelling in management*, 17(2), 569–600. <https://doi.org/10.1108/JM2-07-2020-0180>
- [12] Aydin, N., Seker, S., & Şen, C. (2022). A new risk assessment framework for safety in oil and gas industry: Application of FMEA and BWM based picture fuzzy MABAC. *Journal of petroleum science and engineering*, 219, 111059. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2022.111059>
- [13] Shahraki, M. R., & Zamansani, H. (2023). Analysis of DEMATEL approaches for risk evaluation and prioritization in industrial construction methods in Iran. *Journal of structural and construction engineering*, 11(3), 51–70. <https://doi.org/10.22065/jsce.2023.389426.3062>
- [14] Sohrabi, H., & Noorzai, E. (2023). Risk assessment in Iranian oil and gas construction industry: A process approach. *International journal of quality & reliability management*, 40(1), 124–147. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2021-0069>

- [15] Lu, Y., Liu, J., & Yu, W. (2024). Social risk analysis for mega construction projects based on structural equation model and Bayesian network: A risk evolution perspective. *Engineering, construction and architectural management*, 31(7), 2604–2629. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2022-0319>
- [16] Shariatmadari, M., & Nahavandi, N. (2020). Identification and assessment of risks in petrochemical projects in Iran; case study: Bakhtar Petrochemical Company. *Journal of structural and construction engineering*, 7(2), 101-123. (In Persian). https://www.jsce.ir/article_80251_9372bd20c9dac846073cc67082e10d73.pdf
- [17] Dehdasht, G., Mohamad Zin, R., Ferwati, M. S., Mohammed Abdullahi, M., Keyvanfar, A., & McCaffer, R. (2017). DEMATEL-ANP risk assessment in oil and gas construction projects. *Sustainability*, 9(8), 1420. <https://doi.org/10.3390/su9081420>
- [18] Moniri, M., Alem-Tabriz, A., & Ayough, A. (2022). Upstream oil process plants turnaround projects risk evaluation using a hybrid fuzzy MADM method. *Journal of industrial management perspective*, 12(2), 135–173. <https://dx.doi.org/10.52547/JIMP.12.2.135>
- [19] Roytvand Gheyasvand, A., Khoshnood, M., Ooshak Saraei, M., & Amoozad Khalili, H. (2021). Social analysis of investment risks in Iranian oil and gas projects using efficient decision making. *Political sociology of Iran*, 4(2), 352-3690. (In Persian). <https://doi.org/10.30510/psi.2021.286790.1733>
- [20] A. Kassem, M., 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. <https://doi.org/10.1108/IJESM-11-2018-0002>
- [21] Ataei, Y., Mahmoudi, A., Feylizadeh, M. R., & Li, D. F. (2020). Ordinal priority approach (OPA) in multiple attribute decision-making. *Applied soft computing*, 86, 105893. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105893>
- [22] Mahmoudi, A., Deng, X., Javed, S. A., & Zhang, N. (2021). Sustainable supplier selection in megaprojects: Grey ordinal priority approach. *Business strategy and the environment*, 30(1), 318–339. <https://doi.org/10.1002/bse.2623>
- [23] Mahmoudi, A., Javed, S. A., & Mardani, A. (2022). Gresilient supplier selection through fuzzy ordinal priority approach: decision-making in post-COVID era. *Operations management research*, 15(1), 208–232. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00178-z>
- [24] Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to compromise solution (MARCOS). *Computers & industrial engineering*, 140, 106231. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106231>
- [25] Stanković, M., Stević, Ž., Das, D. K., Subotić, M., & Pamučar, D. (2020). A new fuzzy MARCOS method for road traffic risk analysis. *Mathematics*, 8(3), 457. <https://doi.org/10.3390/math8030457>