






# Comprehensive Risk Identification and Prioritization for Engineering, Procurement, and Construction (EPC) Projects: A Case of Karoon Oil and Gas Exploitation Company

Asgar Khademvatani\*<sup></sup>  
Mohammadreza Shokouhi\*\*<sup></sup>  
Fatemeh Naami\*\*\*<sup></sup>

## Extended Abstract

**Introduction and Objectives:** One of the prominent contract types for project execution is the Engineering, Procurement, and Construction (EPC) method, which serves as a mechanism for transferring project activities and associated risks to contractors. Given the significance of risk assessment in oil and gas projects, particularly for contractors, the primary objective of this research is to identify and rank the risks surrounding EPC projects in Karoon Oil and Gas Exploitation Company. Additionally, this study seeks to propose effective strategies for managing these risks.

**Methods:** The research methodology consists of several stages. Initially, relevant risks in EPC projects are identified, extracted, and categorized through a literature review and expert opinions. At this stage, the research team compiled a list of potential risks by reviewing scientific sources and conducting interviews with experts in the oil and gas industry. Subsequently, a fuzzy Delphi method, based on the insights of five experts and 15 criteria, was applied to select the key risks. The experts' opinions were collected and analyzed using fuzzy numbers to reach a relative consensus on the primary risks. In the next stage, the selected risks were assessed and ranked using a fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) based on their probability of occurrence and severity of impact. To enhance the accuracy of expert evaluations and minimize subjective biases, a fuzzy system was employed, utilizing fuzzy numbers instead of precise values to represent expert opinions.

Received: Apr. 20, 2024; Revised: Jun. 25, 2024; Accepted: Jan. 04, 2025; Published Online: Jan. 19, 2025.

\* Assistant Professor, Department of Energy Economics and Management, Petroleum University of Technology, Tehran, Iran.

Corresponding Author: [akhademv@put.ac.ir](mailto:akhademv@put.ac.ir)

\*\* Assistant Professor, Department of Energy Economics and Management, Petroleum University of Technology, Tehran, Iran.

\*\*\* M.Sc. student, Department of Energy Economics and Management, Petroleum University of Technology, Tehran, Iran.



**Findings:** The results of this study reveal that the key risks in the company's EPC projects, ranked in order of priority, include inflation rate, employer pressure to halt execution, rising equipment costs, delays in financial payments, the presence of incompatible factors and the use of substandard materials, deficiencies in initial design, and ineffective engineering management. These findings help contractors recognize and plan for the management of major risks. Additionally, a scenario-based cognitive map has been developed to address the identified risks, allowing contractors to devise appropriate strategies for risk mitigation. By identifying and prioritizing these risks, contractors can formulate scenario-based strategies to manage them effectively, thereby reducing the likelihood of adverse consequences in Karoon Oil and Gas Exploitation Company. This cognitive map serves as a roadmap for contractors in managing risks in EPC projects. For instance, recommended strategies include meticulous planning, contract management, financial management, procurement management, and stakeholder management. The primary goal of these strategies is to prevent potential challenges in project execution.


**Conclusion:** This study underscores the critical importance of risk assessment in EPC projects. Contractors must identify major risks and implement appropriate management strategies to mitigate potential challenges. Analytical tools such as the fuzzy analytic hierarchy process and scenario-based cognitive maps significantly aid contractors in this regard and play a crucial role in the successful execution of EPC projects.


**Keywords:** Risk assessment; Fuzzy Delphi; Fuzzy Analytic Hierarchy Process; Risk priority number; Engineering, Procurement, and Construction (EPC); Karoon Oil and Gas Exploitation Company.


**How to Cite:** Khademvatani, Asgar; Shokouhi, Mohammadreza; Naami, Fatemeh (2024). Comprehensive Risk Identification and Prioritization for Engineering, Procurement, and Construction (EPC) Projects: A Case Study of Karoon Oil and Gas Exploitation Company. *Ind. Manag. Persp.*, 14(4), 257-292 (In Persian).



## شناسایی و الویت‌بندی ریسک پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت (EPC) مطالعه موردی: شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون

عسگر خادم‌وطنی\* 

محمد رضا شکوهی\*\* 

فاطمه نعمی\*\*\* 

### چکیده گسترده

**مقدمه و اهداف:** یکی از انواع قراردادهای مطرح در اجرای پروژه‌ها، روش مهندسی، تدارکات و ساخت بوده که ابزاری برای انتقال فعالیت‌ها و نیز ریسک‌های پروژه به پیمانکار می‌باشد. با توجه به اهمیت ارزیابی ریسک در پروژه‌های نفتی، به‌ویژه برای پیمانکاران، هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های پیرامون پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت (EPC) در شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون است. همچنین این مقاله به دنبال ارائه راهکارهایی برای مدیریت موثر ریسک‌های پروژه‌های مزبور توسط پیمانکاران می‌باشد.

**روش‌ها:** روش تحقیق در این مطالعه شامل چندین گام می‌باشد. ابتدا با استفاده از روش کتابخانه‌ای و نظرات خبرگان، ریسک‌های موثر در پروژه‌های EPC شناسایی، استخراج و طبقه‌بندی شده است. در این گام، تیم تحقیق با مطالعه منابع علمی و مصاحبه با خبرگان صنعت نفت و گاز، لیستی از ریسک‌های احتمالی را تهیه کرده و سپس با ارائه مدلی مبتنی بر روش دلفی فازی و دیدگاه ۵ خبره با ۱۵ معیار، تعدادی از ریسک‌های شناسایی شده به عنوان ریسک‌های اصلی انتخاب گردیده‌اند. نظرات خبرگان در قالب اعداد فازی جمع‌آوری و تحلیل شده است تا به اجماع نسبی در مورد ریسک‌های اصلی دست یابند. در گام بعد، با بهره‌گیری مجدد از نظرات خبرگان و روش آنالیز سلسله مراتبی فازی مبتنی بر عدد ریسک، ریسک‌های منتخب بر اساس احتمال وقوع و شدت تاثیر آنها ارزیابی و رتبه‌بندی شده‌اند. برای افزایش دقت نظرات خبرگان و پرهیز از اعمال سلیقه شخصی از سیستم فازی استفاده شده است. در واقع، اعداد فازی به جای اعداد قطعی برای بیان نظرات خبرگان به کار گرفته شده است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۰۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰.

\* استادیار، گروه اقتصاد و مدیریت انرژی، دانشگاه صنعت نفت، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: akhademv@put.ac.ir

\*\* استادیار، گروه اقتصاد و مدیریت انرژی، دانشگاه صنعت نفت، تهران، ایران.

\*\*\* دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد و مدیریت انرژی، دانشگاه صنعت نفت، تهران، ایران.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که ریسک‌های پروژه شرکت مزبور به ترتیب اولویت عبارت از نرخ تورم، اعمال فشار کارفرما بر توقف اجرای کار، افزایش قیمت تجهیزات، تاخیر در پرداخت مالی، وجود عوامل ناهمخوان و استفاده از استانداردهای فرعی در پروژه، ایرادات در طراحی اولیه و اعمال مدیریت مهندسی غیرموثر پروژه می‌باشند. این نتایج می‌تواند به پیمانکاران کمک کند تا ریسک‌های اصلی را شناسایی و برای مدیریت آنها برنامه‌ریزی کنند. همچنین یک نقشه شناختی سناریومحور برای مواجهه با ریسک‌های اثرگذار ارائه شده است. شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های مزبور، امکان سناریوسازی توسط پیمانکاران برای مدیریت این ریسک‌ها را فراهم می‌سازد تا احتمال رخداد عواقب این چالش‌ها را در شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون کاهش دهند. در واقع، این نقشه شناختی به عنوان نقشه راه پیمانکاران برای مدیریت ریسک در پروژه‌های EPC عمل می‌کند. برای مثال، این راهکارها می‌تواند شامل برنامه‌ریزی دقیق، مدیریت قراردادهای، مدیریت تامین مالی، مدیریت تدارکات، مدیریت ذینفعان و ... باشد. هدف اصلی این راهکارها پیشگیری از بروز چالش‌های احتمالی در پروژه می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** این مطالعه نشان می‌دهد که ارزیابی ریسک در پروژه‌های EPC بسیار حائز اهمیت است. پیمانکاران باید با شناسایی ریسک‌های اصلی و ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب، از بروز چالش‌های احتمالی جلوگیری کنند. استفاده از ابزارهای تحلیلی مانند آنالیز سلسله مراتبی فازی و نقشه‌های شناختی سناریومحور می‌تواند به پیمانکاران در این زمینه کمک شایانی نموده و نقش بسزایی در موفقیت پروژه‌های EPC ایفا نماید.

**کلیدواژه‌ها:** ارزیابی ریسک؛ دلفی فازی؛ تحلیل سلسله مراتبی فازی؛ عدد اولویت ریسک؛ مهندسی تدارکات و ساخت.

**استناددهی:** خادم وطنی، عسگر؛ شکوهی، محمدرضا؛ نعامی، فاطمه (۱۴۰۳). شناسایی و اولویت‌بندی ریسک پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت (EPC): مطالعه موردی شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴(۴)، ۲۵۷-۲۹۲.



## ۱. مقدمه

بیش از ۸۰ درصد از پروژه‌های استخراج نفت و گاز از مجموع ۳۶۵ پروژه با برآورد بیش از ۱ میلیارد دلار برای هر پروژه، در برنامه‌های زمانی خود تأخیر را تجربه کرده‌اند. بیش از ۴۰ درصد از شرکت‌های آمریکایی، اروپایی و آسیایی فعال در حوزه استخراج، به تأخیر در برنامه‌های زمانی خود اذعان کرده‌اند [۱۷]. میزان این خطا در برنامه زمانی پروژه‌ها مقدار قابل توجه است. برای مثال در ۶۰ درصد از این دسته پروژه‌ها، تأخیر ۳۰ درصدی در برآورد زمانی پروژه ثبت شده است [۲۷]. طبق پژوهشی که در یکی از میادین استخراج در نیجریه انجام گرفت، ۳۷ درصد از زمان‌های تخمینی انجام طرح‌ها، تأخیر با خطای معیار ۴۱ درصد را تجربه کرده‌اند. این‌گونه تأخیرات زمانی با نرخ تغییر پذیری بالا می‌تواند ریسک‌ها و چالش‌های بسیار جدی برای یک پروژه و ذینفعان ایجاد کند [۵۲].

محیط پرریسک و پرچالش پیرامون یک سازمان ناشی از عدم قطعیت‌ها و ماهیت نامطمئن پروژه‌ها، در کنار لزوم مصرف بهینه منابع، اهمیت بالای مدیریت ریسک را نمایان می‌سازد. شناسایی این ریسک‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها، سخت‌ترین و مهم‌ترین بخش این مقوله است. موفقیت و پیشرفت گام‌های بعدی، در گرو شناخت و ارزیابی سیستماتیک، اولویت‌بندی و سناریوسازی برای فائق آمدن بر ریسک‌ها و خطرات بالقوه است. این عمل موجب جلوگیری از وقوع ریسک‌های احتمالی می‌شود. با اولویت‌بندی این خطرات از طریق روش‌های امتیازدهی، چارچوب‌های مواجهه با آن‌ها بر اساس اولویت و به عبارتی احتمال وقوع آن‌ها، تدوین می‌شود. سناریوهای مدون می‌توانند احتمال وقوع خطرات را کاهش دهد [۶].

انتخاب مناسب‌ترین روش اجرا، از جمله ابتدایی‌ترین و مهم‌ترین چالش‌های یک پروژه است. انجام پروژه به روش مهندسی، تدارکات و ساخت<sup>۱</sup>، راهکار مناسبی با هدف کاهش هزینه کل، انجام مراحل طراحی و ساخت به صورت موازی، و کاهش چالش‌ها با پیمانکاران در مواجهه با تغییرات در حین انجام پروژه ایجاد و طراحی شده است. شناخت اهداف و عوامل اثرگذار بر پروژه، از جمله ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها، در کنار تعامل و مدیریت این اهداف و روش اجرای پروژه، امری ضروری و غیرقابل اجتناب می‌باشد. مزیت مدل EPC این است که می‌تواند تضادهای همه طرفین را کاهش داده و منابع را یکپارچه کند و مالکان را از فشار مدیریتی و نظارتی رها نماید [۱۷، ۳۳].

تکامل مدیریت ریسک در پروژه‌های EPC منجر به توسعه تکنیک‌های مختلف شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها شده است. این تکنیک‌ها در شرایطی که عدم قطعیت را تجربه می‌کنند، به منظور تسهیل تصمیم‌گیری در مورد آینده پروژه استفاده می‌شوند. این پیشرفت‌های سودمند و عملی باعث شده است که متخصصان EPC به تدریج از اهمیت استفاده از این تکنیک‌ها در مراحل مختلف پروژه برای دستیابی به موفقیت بیشتر آگاه شوند [۴۵، ۴۶]. اولویت‌بندی ریسک پروژه معمولاً تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله خطای انسانی، تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات موجود است. عدم قطعیت زیاد در پروژه‌ها اغلب باعث ایجاد مشکل در ارزیابی عوامل خطر می‌شود [۳۷]. همچنین، در پروژه‌های صنایع نفت و گاز، مدیریت زنجیره تأمین پایدار یکی از چالش‌ها و ریسک‌های اصلی می‌باشد. امروزه تلاش‌های مداوم در جهت تعهد به مدیریت زنجیره تأمین پایدار در این صنعت مشاهده می‌گردد. برای تأمین پایدار نیازهای نسل‌های کنونی و آتی، ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی فعالیت‌ها باید مدنظر قرار گیرد [۲۱]. ضرورت مدیریت ریسک در پروژه‌های EPC و تدوین برنامه‌های راهبردی در جهت کنترل و بهبود فازهای مختلف انجام یک پروژه مورد تأکید است. این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد، زیرا پروژه‌های نفتی و گازی به ویژه برای پیمانکاران با ریسک‌های متعددی همراه هستند که باید شناسایی و مدیریت گردند. در سالیان اخیر، پژوهش‌های متنوعی در این حوزه تدوین و بررسی شده است. در چارچوب کلی موضوع تحقیق، سوالاتی از قبیل روش شناسایی ریسک‌ها چیست؟ ریسک‌های اصلی و فرعی کدامند؟ دسته‌بندی ریسک‌ها بر چه اساسی انجام می‌شود؟ رتبه‌بندی و اولویت هر ریسک چگونه است؟ راهکارهای مواجهه با ریسک‌های اصلی چیست؟ مطرح گردیده است که در این پژوهش سعی شده به تعدادی از این پرسش‌ها پاسخ داده شود.

در مطالعات بررسی شده، روش‌های ترکیبی گوناگون در صنایع مختلف به صورت پراکنده انجام شده است. در صنایع انرژی و نفت و گاز از روش‌های مختلفی شامل تکنیک دیمتل فازی شهودی<sup>۲</sup> برای رتبه‌بندی ریسک‌ها [۵۰]، روش شبکه‌های عصبی و مجموعه‌های

1. Engineering, Procurement, and Construction (EPC)

2. Intuitionistic Fuzzy Decision-making trial and evaluation laboratory (IF-DEMATEL)

فازی جهت بررسی اثر ریسک بر زمان و هزینه [۱]، روش دلفی برای شناسایی خطرات [۳]، روش ترکیبی مصاحبه با خبرگان و تاپسیس فازی برای شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها و از روش ترکیبی <sup>۱</sup>SWARA و <sup>۲</sup>EDAS فازی مبتنی بر اعداد فازی دوزنقه‌ای برای ارزیابی ریسک استفاده شده است [۱۳؛ ۳۰]. با بررسی خلا پژوهش‌های انجام شده<sup>۳</sup> می‌توان دریافت که برای شناسایی و رتبه‌بندی جامع ریسک‌های پروژه، مطالعه جامعی در خصوص تمام فازهای قرارداد EPC در پروژه‌های صنایع نفت و گاز در کشور و با بهره‌گیری از یک روش ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره به چشم نمی‌خورد.

با بررسی دقیق ادبیات موضوع و شناسایی شکاف‌های پژوهشی، در این مقاله با ارائه یک چارچوب مفهومی یا مدل جدید که بتواند مسئله را به شکل نوآورانه‌تری حل کند، بهره‌گیری شده است. به عبارت دیگر، این پژوهش به ارائه تحلیل‌های جدید و منحصر به فرد از داده‌ها که به درک بهتر موضوع کمک می‌کند، پرداخته است. در این پژوهش فقط از کاربرد یک روش مانند سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP)<sup>۴</sup> بهره گرفته نشده است، بلکه از ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر دلفی فازی (FD)<sup>۵</sup> و روش آنالیز سلسله مراتبی فازی مبتنی بر عدد ریسک<sup>۶</sup> استفاده شده است. به علاوه، بر اساس آخرین بررسی‌های ادبیات موضوع تحقیق، کاربرد همزمان چارچوب مفهومی ترکیبی مزبور در بخش بالادست صنعت نفت برای پروژه‌های EPC و به طور خاص، بررسی موردی آن در خصوص پروژه‌های EPC شرکت بهره‌بردار نفت کارون اهواز متعلق به شرکت ملی نفت خیز جنوب تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است.

بنابراین، این مطالعه موردی به شناسایی و اولویت‌بندی ریسک در پروژه‌های EPC شرکت مزبور پرداخته و چندین خلأ پژوهشی را در این زمینه پوشش می‌دهد. اولاً، این مقاله بر صنعت نفت و گاز تمرکز دارد که به دلیل پیچیدگی و ریسک بالای پروژه‌های آن، نیازمند بررسی‌های خاص است. این تمرکز به درک بهتر چالش‌های مدیریت ریسک در این صنعت کمک می‌کند. ثانیاً، با ارائه تجربیات عملیاتی یک شرکت بزرگ، این مطالعه به غنی‌سازی ادبیات پژوهشی کمک نموده و دیدگاه‌های کاربردی‌تری را ارائه می‌دهد. نهایتاً، این پژوهش درس‌آموخته‌ها و توصیه‌های کاربردی برای مدیریت و کنترل ریسک‌ها را معرفی می‌کند که می‌تواند به غنای ادبیات پژوهش و بهبود فرآیندهای مدیریت ریسک در پروژه‌های EPC کمک کند. به طور کلی، این مطالعه می‌تواند به عنوان یک منبع ارزشمند برای سایر شرکت‌های فعال در صنعت نفت و گاز عمل کرده و به پر کردن شکاف‌های تحقیقاتی موجود در این حوزه بپردازد.

بنابراین، جهت پوشش شکاف تحقیقاتی مزبور در ادبیات موضوع تحقیق، هدف از انجام این مطالعه شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های تمام مراحل پروژه‌های EPC با استفاده از روش ترکیبی روش دلفی فازی<sup>۷</sup> و آنالیز سلسله مراتبی فازی مبتنی بر عدد ریسک<sup>۸</sup> در شرکت مذکور می‌باشد و در پایان، برای کاهش ریسک‌های مطرح شده و بهبود بینش سازمان مذکور در مواجهه با این ریسک‌ها راهکارهایی ارائه شده است. در این پژوهش ابتدا سعی شده است با استفاده از روش کتابخانه‌ای و نظرات خبرگان، ریسک‌های جامع موثر در پروژه‌های EPC شرکت مزبور شناسایی، استخراج و طبقه‌بندی شوند و سپس با ارایه مدلی مبتنی بر نظرات خبرگان و روش دلفی فازی، تعدادی از ریسک‌های شناسایی شده به عنوان ریسک‌های اصلی انتخاب شوند. در گام بعد با بهره‌گیری مجدد از نظرات خبرگان و روش آنالیز سلسله مراتبی فازی مبتنی بر عدد اولویت ریسک، به رتبه‌بندی ریسک‌های منتخب پرداخته شده است. برای افزایش دقت نظرات خبرگان و پرهیز از اعمال سلیقه شخصی بر پاسخ‌دهی و رسیدن به یک اجماع در نظرات، از سیستم فازی استفاده شده است. در انتها، یک نقشه شناختی سناریومحور برای مواجهه با ریسک‌های اثرگذار ارائه شده است.

چارچوب مقاله حاضر بدین صورت است که در ادامه و پس از مقدمه، در بخش دوم ابتدا مبانی نظری و ادبیات موضوع تحقیق مطرح می‌شود. در بخش سوم به ارائه روش شناسایی و داده‌های تحقیق پرداخته می‌شود. سپس در بخش چهارم، برآورد مدل و یافته‌های تحقیق و تجزیه و تحلیل مربوطه ارائه می‌گردد. بخش پنجم از این پژوهش نیز به نتیجه‌گیری و ارائه توصیه‌های سیاستی اختصاص دارد.

1. Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis

2. Evaluation Based on Distance from Average Solution

3. For instance, Maniri et al. (2022) [30], Farmahini Farahani et al. (2022) [15], Al-Mhdawi (2020) [1], Berawi et al. (2020) [3], Daneshvar et al (2019) [9].

4. Fuzzy Analytic Hierarchy Process

5. Fuzzy Delphi

6. Risk Priority Number

7. Fuzzy Delphi

8. Fuzzy Analytic Hierarchy Process Based Risk Priority Number

## ۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

روش EPC (قرارداد مهندسی، تدارکات و ساخت). به قراردادی اطلاق می‌شود که در آن، کار طراحی، تهیه تجهیزات و اجرای پروژه به پیمانکار سپرده می‌شود و کل مسئولیت مدیریت اجرا و کنترل کیفیت پروژه بر عهده پیمانکار است (مانند [۴۶، ۲۴، ۱۷، ۶، ۳]). برخی پیش‌نیازهای کلی و لازم برای اجرای پروژه به روش EPC در جدول ۱ آورده شده است. همچنین، برخی مزایا و معایب این روش نیز در جدول ۲ اشاره شده است.

جدول ۱. پیش‌نیازهای اجرای پروژه به روش EPC

ردیف	پیش‌نیاز
۱	دستگاه اجرایی باید توانایی داشته باشد که پروژه را با تعریف دقیق و کاملی به همراه تفاهم دوجانبه با پیمانکار برای محدوده و هدف پروژه، اجرا کند.
۲	دستگاه اجرایی باید توانمندی مدیریت پروژه را داشته باشد.
۳	باید اعتبار موردنیاز برای پروژه تأمین شده و در موعد تعیین شده قابل دسترس باشد.
۴	پیمانکار باید توانمند باشد و به صورت همزمان دارای ویژگی‌های یک پیمانکار عمومی و یک مشاور (طراح) باشد.
۵	مشخصات و الزامات فنی استاندارد باید در ابتدای کار مشخص شده و تثبیت شده باشند.

منبع: [۸]

جدول ۱. برخی مزایا و معایب روش EPC

ردیف	مزایا	معایب
۱	اطمینان کارفرما از مبلغ و زمان قطعی در پایان کار	محدودیت اختیارات و کنترل کارفرما
۲	آزادی عمل بیشتری در زمینه انتخاب تجهیزات و تکنیک‌های اجرایی و همچنین عدم وابستگی به فعالیت‌های دیگران و پیروی از برنامه زمانبندی آنها توسط پیمانکار	افت کیفی پروژه در صورت تمایل به استفاده از تجهیزات و شیوه‌ها و نیروهای با هزینه‌ی کمتر توسط پیمانکار
۳	بهبود مدیریت ریسک برای کارفرما	نیازمندی به پیمانکار توانمند برای کاهش ریسک‌های پروژه
۴	سهولت بیشتر در استفاده از تأمین مالی به صورت فاینانس	اهمیت بالای تأمین مالی با توجه به هدف‌گذاری زمان کمتر
۵	محافظت از مالک در مقابل تغییر قیمت مواد و مصالح، نیروی انسانی	تهیه نقشه‌های اجرایی زیر پوشش پیمانکار
۶	داشتن قیمت اولیه و هزینه قطعی انجام پروژه و جدول زمان‌بندی اولیه	
۷	معمولاً سریع‌ترین روش اجرای پروژه	

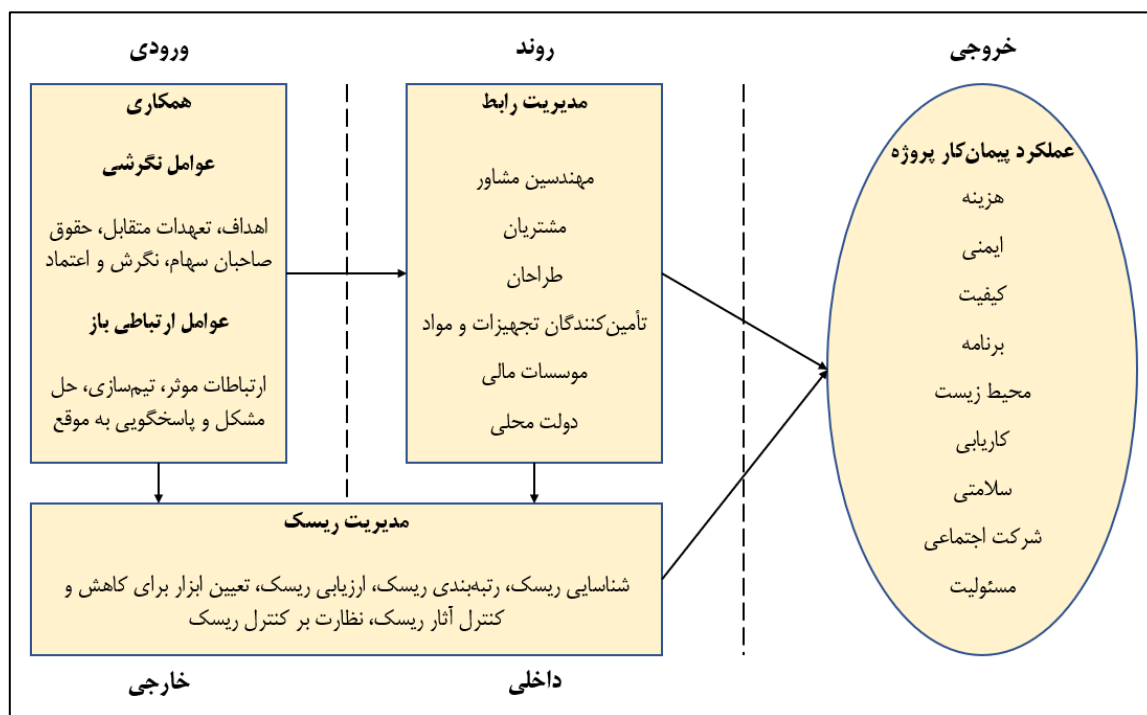
منبع: [۱۷]

یکی از اهداف اصلی استفاده از روش EPC، ایجاد درک مشترک بین کارفرما و پیمانکار و انتقال مسئولیت اشتباهات به پیمانکار است، به نحوی که از تکرار آن‌ها جلوگیری شود. بنابراین، کارفرمایان و شرکت‌های بزرگ مهندسی، تدارکات و ساخت، باید در تعامل سازنده، انتظارات و مشکلات خود را بازگو کنند. این تعامل به کاهش نقاط کور و غیرشفاف کمک کرده و در پروژه‌های آتی، هر دو طرف و کل کشور بهره‌مند خواهد ساخت [۵۰، ۳۳].

ریسک‌های دخیل در پروژه‌های EPC. پس از گذشت بیش از یک قرن از فعالیت صنایع نفت و گاز در کشور، به عنوان بخش پیشران اقتصاد ایران، تحت تأثیر عدم قطعیت‌ها و نااطمینانی‌های برون‌زا و درون‌زا قرار دارند. و نیز با توجه به وسعت، میان رشته‌ای بودن و تخصصی بودن صنعت نفت، ریسک‌های مختلفی در بخش‌های بالادست، میان‌دست و پایین‌دست وجود دارند. بنابراین، احساس می‌شود که نیاز به

مدیریت ریسک با تاکید بر شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌های این صنعت وجود دارد و باید کار پژوهشی بیشتری با روش‌های گوناگون به صورت مطالعه موردی در شرکت‌های نفتی انجام گیرد. به دلیل اهمیت این امر، در این پژوهش، ریسک‌های مطالعاتی پروژه‌های شرکت مورد مطالعه با استناد به نظرات خبرگان و روش کتابخانه‌ای و مطالعه اسنادی استخراج و بر حسب اهمیت رتبه‌بندی گردیده است. فقدان یا ضعف هر یک از زیرساخت‌های آموزشی، مدیریتی، اقتصادی، قانونی، اجتماعی و فرهنگی می‌تواند مشکلات جدی در مسیر اجرای پروژه ایجاد نماید [۳۳]. بنابراین، توجه به تمامی زیرساخت‌های مورد نیاز برای اجرای کیفی پروژه از اهمیت بالایی برخوردار است. ادغام منابع همه شرکت‌کنندگان در فرآیند مدیریت ریسک از دیدگاه تکاملی ضروری است. به دلیل پویایی عوامل موثر بر طرح‌های مهندسی، تهیه تجهیزات و ساخت (EPC) که تحت تأثیر محیط پیچیده بازار بین‌المللی پروژه‌های EPC هستند، لازم است توانایی مدیریت ریسک پیمانکاران با همکاری با ذینفعان مربوطه بهبود و تقویت شود. این همکاری می‌تواند به پیمانکاران کمک کند تا یک سیستم ارتباطی گسترده و پویا ایجاد کنند که اطلاعات بیشتری به طور مؤثر بین ذینفعان منتشر شود. این امر مدیریت رباطین و مدیریت ریسک را برای بهبود نتایج پروژه‌های EPC تسهیل می‌کند.

بنابراین، در ادبیات پژوهش (مانند پژوهش یانگ و همکاران<sup>۱</sup> [۲۰۱۹] [۵۰])، مدل مفهومی مدیریت ریسک ساخته شده است تا روند تعاملات پویا و تکاملی میان ذینفعان پروژه در تهیه و ارائه پروژه‌های بین‌المللی EPC را بررسی کند. علاوه بر این، مدل مزبور ضروری می‌نماید تا رابطه علت و معلولی بین همکاری‌های ذینفعان و پیمانکاران، مدیریت ریسک، مدیریت رباطین و عملکرد پروژه را در تهیه و ارائه پروژه‌های بین‌المللی EPC درک و تبیین نماید. مدل مفهومی مدیریت ریسک در ارائه پروژه‌های بین‌المللی EPC در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱. مدل مفهومی مدیریت ریسک در پروژه‌های EPC

منبع: [۵۰]



مدل مفهومی مدیریت ریسک ارائه شده در شکل ۱، عنوان یکی مدل‌های موجود در پیشینه پژوهش جهت نشان دادن سیر تاریخی ادبیات تحقیق در حوزه مدیریت ریسک می‌باشد. این مدل بر مفاهیم کلیدی مانند همکاری پویا و سازنده میان پیمانکارو ذینفعان در مدیریت ریسک پروژه‌های EPC تمرکز دارد. مدل شکل ۱ از رویکرد مطالعه موردی در زمینه پروژه‌های EPC در صنعت ساخت و ساز چین و تحلیل داده‌های آماری استفاده کرده است که مدل مفهومی آن می‌تواند به صورت تطبیقی به عنوان الگویی برای طراحی روش تحقیق در صنعت نفت و گاز در پژوهش حاضر نیز مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، مدل مفهومی مذکور به عنوان چارچوب نظری برای شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها در پروژه‌های EPC در صنعت نفت و گاز استفاده شده است که بخش ابتدایی و موثر از فرآیند مدیریت ریسک پروژه‌های مزبور تلقی می‌گردد.

### مروری بر پژوهش‌های پیشین.

بی و تن<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی ریسک پیمانکاران EPC بر اساس فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی فازی<sup>۲</sup> در یکی از شرکت‌های مهندسی چین نشان دادند که استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی ارزیابی واقع‌گرایانه‌تری را در ارزیابی ریسک‌ها نسبت به حالت غیرفازی فرآیند مزبور<sup>۳</sup> ارائه می‌دهد [۴]. یانگ و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۰)، به ارزیابی ریسک پروژه‌های EPC بر اساس فرآیند تجزیه و تحلیل شبکه‌ای<sup>۵</sup> و ارزیابی کلان فازی در پروژه بازسازی پالایشگاه نفت یکی از شرکت‌های خاورمیانه پرداخته‌اند. در این مطالعه، با استفاده از روش ANP یک مدل ارزیابی سطح ریسک یکپارچه توسعه داده شده و ریسک‌های این پروژه رتبه‌بندی شده است [۴۹].

در پژوهش مبین<sup>۶</sup> (۲۰۱۳)، مطالعه‌ای با عنوان رویکرد نوآورانه به تجزیه و تحلیل ریسک و مدیریت قراردادهای EPC در بخش نفت و گاز از منظر پیمانکار در موسسه مدیریت پاکستان تدوین شده است. در این پژوهش، با استفاده از دسته‌بندی ریسک<sup>۷</sup>، عدد ریسک<sup>۸</sup> و رصد ریسک<sup>۹</sup> با هدف شناسایی و ارزیابی خطرات پروژه‌های EPC در بخش نفت و گاز، یک مدل ارزیابی ریسک به همراه تدابیر کاهنده آن ارائه شده است [۲۸]. سروری و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۳)، مطالعه‌ای با استفاده از روش ANP برای ارزیابی ریسک پروژه‌های EPC در پالایشگاه گاز در ایران با هدف حل مشکلات تعامل و بازخورد بین گزینه‌های مختلف در رتبه‌بندی ریسک ارائه داده‌اند. در این تحقیق، با استفاده از روش ANP، تأثیرات ریسک‌ها بر اهداف پروژه‌های EPC مانند هزینه، کیفیت و زمان و احتمال وقوع این ریسک‌ها ارزیابی شده است؛ سپس ریسک‌ها در شش گروه ریسک‌های طراحی، بازار، سیاسی، زیست‌محیطی و ساخت طبقه‌بندی و مهم‌ترین گروه‌ها رتبه‌بندی شده‌اند [۴۳]. در پژوهش یانگ و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۵)، مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی ریسک برای پروژه‌های بین‌المللی EPC با استفاده از روش‌های AHP صورت گرفته و ارزیابی ریسک فازی یک سیستم شاخص، برای ارزیابی ریسک توسعه داده شده است [۵۱]. وانگ و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۶)، پژوهشی در خصوص ارتباطات میان مدیریت ریسک، همکاری و توانمندی پیمانکار در ارائه پروژه‌های بین‌المللی EPC در موسسات حمل و نقلی چین با هدف بررسی کمی و سیستماتیک روابط علی بین بهبود مدیریت ریسک پیمانکاران انجام داده‌اند. بررسی این روابط به یکجا گنجانیدن منابع داخلی و بین‌المللی و دستیابی به عملکرد برتر در پروژه‌ها کمک فراوانی می‌کند. در این مطالعه از روش‌های میانگین نمونه، رتبه‌بندی ریسک، تست قابلیت اطمینان، آنالیز مسیر و آنالیز همبستگی استفاده شده است [۴۷].

در مقاله فیروزی جهان تیغ و همکاران<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۷)، مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی ریسک اقتصادی پروژه‌های EPC با استفاده از پرسشنامه و روش تاپسیس فازی<sup>۱۴</sup> در یک پروژه پالایشگاهی با دامنه ملی در راستای شناسایی، ارزیابی، دسته‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌های مالی

1. Bi and Tan
2. Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)
3. Analytic Hierarchy Process (AHP)
4. Yang et al.
5. Analytic Network Process (ANP)
6. Mubin
7. Risk Classification
8. Risk Number
9. Risk Monitoring
10. Sarvari et al.
11. Yang et al.
12. Wang et al.
13. Firouzi Jahantigh et al.
14. Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

انجام شده است [۱۴]. در پژوهش کبیری فر و مجتهدی<sup>۱</sup> (۲۰۱۹)، تأثیر مراحل EPC بر عملکرد پروژه، با استفاده از روش تاپسیس با هدف تحلیل و رتبه‌بندی فعالیت‌های حیاتی EPC در پروژه‌های ساختمانی مسکونی در مقیاس بزرگ در ایران انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که طراحی مهندسی، برنامه‌ریزی پروژه و کنترل‌ها عوامل مهمی هستند که به عملکرد پروژه کمک می‌کنند [۲۴]. در مقاله وو و ژو<sup>۲</sup> (۲۰۱۹)، مطالعه‌ای با هدف ارزیابی ریسک پروژه‌های EPC-URDPV شهری در چین با استفاده از آنالیز ریسک ۴ وجهی، IF-DEMATEL و HFLTS-DEMATEL فازی انجام گردیده و در نهایت سطح ریسک پروژه‌ها محاسبه شده است [۴۸]. در پژوهش نوردیانا و سوسانتی<sup>۳</sup> (۲۰۲۰)، مطالعه‌ای با هدف ارزیابی ریسک در پروژه‌های EPC ساختمانی از دیدگاه مالک با استفاده از ساختار شکست ریسک<sup>۴</sup> صورت گرفته و ریسک‌ها طبقه‌بندی و ارزیابی شده‌اند [۳۲]. در پژوهش المهدوی<sup>۵</sup> (۲۰۲۰)، مطالعه‌ای با هدف توسعه یک روش پشتیبانی تصمیم<sup>۶</sup> یکپارچه برای مدیریت عوامل خطر در پروژه‌های EPC نفت و گاز در عراق با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی انجام شده است. در این کار تحقیقی، پیش‌بینی اثر ریسک بر زمان و هزینه پروژه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفته است [۱].

مطالعه براوی<sup>۷</sup> (۲۰۲۰)، با هدف شناسایی خطرات عمده و توصیه راهبردهای پاسخ به عدم انطباق تجهیزات و مواد، با اتخاذ یک روش کمی از طریق اعتبارسنجی کارشناسان با استفاده از روش دلفی انجام شده است. همچنین در این پژوهش، از بررسی پرسشنامه و تحلیل ریسک و نیز روش کیفی از طریق مطالعه محک و مصاحبه بهره گرفته شده است [۳]. در تحقیق گوپتا و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۲۱)، مطالعه‌ای با هدف شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها و درک روابط متقابل بین آنها در پروژه‌های ساخت پالایشگاه نفت هند انجام شده است. برای شناسایی ریسک‌ها و ارزیابی احتمال و تأثیر وقوع ریسک از روش مصاحبه با خبرگان استفاده شده است. هدف از انجام پژوهش حاضر، دستیابی به بینش‌هایی در مرحله شروع و برنامه‌ریزی پروژه‌های ساخت پالایشگاه برای اتخاذ اقدامات مناسب برای کاهش ریسک بوده است [۱۶].

فرمپینی فراهانی و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۲۲) با هدف بررسی شبکه تعاملی عوامل خطر در پروژه ساخت و آماده‌سازی مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی در شرایط تحریم با استفاده از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چند شاخصه، شبکه ریسک و شبیه‌سازی گروه‌های ریسک مالی و سیاسی را به‌عنوان مؤثرترین دسته شناسایی کرده‌اند. ایشان خوشه‌های ریسک فنی، مدیریتی، قراردادی و اجتماعی و زیست‌محیطی را به‌عنوان متأثرترین دسته‌ها انتخاب کرده و نتیجه گرفته‌اند که در نهایت ریسک‌های فنی کمترین اهمیت را در بین سایر ریسک‌ها داشته‌اند [۱۵].

دای و سولانگی<sup>۱۰</sup> (۲۰۲۳) با هدف ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های مالی زیرساخت‌های سبز برای توسعه پایدار در چین این مطالعه را انجام داده‌اند. برای این منظور، از روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و ویکور فازی<sup>۱۱</sup> جهت شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها و برنامه‌های سیاستی کاهش ریسک استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که ریسک‌های سیاستی و مقرراتی مهم‌ترین ریسک‌ها هستند و افزایش دسترسی به گزینه‌های تأمین مالی به‌عنوان مؤثرترین برنامه سیاستی برای کاهش این ریسک‌ها پیشنهاد شده است [۱۰].

جولا و عشریه<sup>۱۲</sup> (۲۰۲۴) با هدف شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های گواهی سپرده نفت خام و میعانات گازی در بورس انرژی ایران مطالعه‌ای انجام داده‌اند. برای دستیابی به این هدف، از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شده و داده‌ها از طریق پرسشنامه و نظرات ۳۵ نفر از خبرگان جمع‌آوری گردیده است. نتایج نشان داده است که ۳ دسته ریسک اصلی و ۲۰ ریسک فرعی شناسایی و

1. Kabirifar and Mojtahedi
2. Wu and Zhou
3. Nurdiana and Susanti
4. Risk Breakdown Structure
5. Al-Mhdawi
6. Decision Support (DS)
7. Berawi et al.
8. Gupta et al.
9. Farmahini Farahani et al.
10. Dai and Solangi
11. Fuzzy Vikor
12. Joula and Oshrieh

اولویت‌بندی شده‌اند. مهم‌ترین ریسک‌ها به ترتیب عبارتند از: عدم تضمین حداقل قیمت معاملاتی در ریسک‌های مرتبط با بورس انرژی، تحریم‌های بین‌المللی در حوزه انرژی در ریسک‌های مربوط به کشور ایران و نوسانات قیمت جهانی نفت در ریسک‌های بین‌المللی [۲۳]. مالکی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۲۳) با هدف شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های مرتبط با تأخیرات زمانی در پروژه‌های نفت و گاز مطالعه‌ای انجام داده‌اند. برای دستیابی به این هدف، از روش‌های کمی مانند آزمون دوجمله‌ای و تکنیک کاداس<sup>۲</sup> استفاده شده و داده‌ها از طریق پرسشنامه و نظرات ۱۵ نفر از کارشناسان جمع‌آوری گردیده است. نتایج نشان داده است که از بین ۱۹ ریسک شناسایی شده، هشت ریسک مهم غربال و اولویت‌بندی شده که در بین آنها، ریسک‌های تحریم، تورم، دعاوی و شکایات و پیشی گرفتن رقبای بالاترین اولویت برخوردار بوده‌اند [۳۱].

شفیعی ناطق و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۲۳) به طراحی مدلی برای شناسایی و سطح‌بندی ریسک‌های راهبردی مالی در صنعت پتروشیمی ایران پرداخته‌اند. داده‌ها از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۴ نفر از خبرگان و فراترکیب مطالعات پیشین جمع‌آوری شده و با تحلیل مضموندر سه سطح مضمون‌های پایه، سازمان‌دهنده و فراگیر طبقه‌بندی شده‌اند. سپس با مدل‌سازی ساختاری تفسیری<sup>۴</sup> و نظرسنجی از ۱۵ کارشناس، روابط بین ریسک‌ها ارزیابی شده است. نتایج نشان می‌دهد که ریسک تحریم‌های مالی به‌عنوان پرنفوذترین متغیر و ریسک‌های تصمیمات مالی دولت، اقتصاد کلان، بازار محصول و رقابت، و بیمه و پوشش ریسک نیز از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار هستند. این پژوهش با ارائه یک مدل ساختاری زمینه را برای تسهیل تصمیم‌گیری مدیران در مواجهه با عدم اطمینان و ریسک‌ها فراهم می‌کند [۴۴].

دادکانی و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۲۴) به بررسی ریسک‌های بالقوه در نیروگاه گازی بپور پرداخته‌اند. با استفاده از روش FMEA<sup>۶</sup>، ریسک‌های مرتبط با بازدید سایت، باربرداری و تعمیرات، برشکاری و کار با سنگ فرز شناسایی و ارزیابی شده‌اند. سپس با بهره‌گیری از نرم‌افزار WASPAS<sup>۷</sup>، تحلیل سلسله‌مراتبی انجام و اولویت‌بندی ریسک‌ها صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که ۱۶ ریسک شناسایی شده که از بین آنها، کار با سنگ فرز با وزن ۰.۱۱۴ و بازدید سایت با وزن ۰.۳۸۸ بالاترین اولویت را دارند، در حالی که تعمیرات با وزن ۰.۳۴ پایین‌ترین اولویت را به خود اختصاص داده است. این مطالعه تأکید می‌کند که توجه به ریسک‌های با اولویت بالا می‌تواند به پیشگیری از حوادث و کاهش پیامدهای جبران‌ناپذیر کمک کند [۱۲].

نور و بریسام<sup>۸</sup> (۲۰۲۳) پژوهشی با هدف ایجاد ابزاری برای برآورد احتمال ریسک در بخش نفت عراق انجام داده‌اند. این پژوهش با تمرکز بر شناسایی و اولویت‌بندی عوامل ریسک‌ساز طریق روش شاخص اهمیت نسبی (RII)<sup>۹</sup> و منطق فازی ۴۸ ریسک را در چهار دسته عملیاتی، مالی و اداری، اقتصادی و سیاسی، و بالقوه شناسایی کرده است. برای رتبه‌بندی این ریسک‌ها، پرسشنامه‌ای میان متخصصان صنعت نفت توزیع شده و شرکت اکتشاف نفت عراق به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. نتایج نشان می‌دهد که فساد مالی، سهل‌انگاری در ایمنی و بی‌ثباتی سیاسی از جمله ریسک‌های برتر هستند. همچنین، با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، سه استراتژی مدیریت ریسک شامل اجتناب، کاهش و انتقال ارزیابی شده و مشخص شده که اجتناب از ریسک با اثربخشی ۶۵.۴٪ مؤثرترین رویکرد می‌باشد. این یافته‌ها به مدیریت و کاهش ریسک‌ها در بخش نفت عراق کمک می‌کند [۳۴].

نوروزی و شریعتمدار<sup>۱۰</sup> (۲۰۲۴) در مقاله‌ای شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پیشرو ساخت، توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز در ایران پرداخته‌اند. این تحقیق به تعیین اهمیت محدودیت‌های چهارگانه پروژه (هزینه، زمان، کیفیت و حوزه کاری) و اولویت‌بندی آنها می‌پردازد. در این پژوهش ۱۱ ریسک شامل اقتصادی، قراردادی، مدیریتی، آموزشی، قانونی، صنعتی، عملکردی، بازار، زیست محیطی و

1. Maleki et al.
2. Combinative Distance based Assesment (CODAS)
3. Shafie Nategh et al.
4. Interpretive Structural Modeling (ISM)
5. Dadkani et al.
6. Failure Modes and Effects Analysis
7. Weighted Aggregates Sum Product Assessment
8. Noor and Breesam
9. Relative Importance Index
10. Norouzi and Shariatmadar

ایمنی شناسایی شده است. ریسک‌ها در مرحله اول با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) اولویت‌بندی شده و در مرحله دوم، تأثیر آن‌ها بر محدودیت‌ها به کمک تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) ارزیابی شده است. نتایج نشان می‌دهد که پنج ریسک اقتصادی، بازار، عملکردی، صنعتی و ایمنی، مؤثرترین ریسک‌ها هستند. همچنین، محدودیت کیفیت در اولویت اول و پس از آن به ترتیب هزینه، زمان و حوزه کاری قرار گرفته‌اند. به طور خاص هزینه در ریسک اقتصادی و بازار، حوزه کاری در ریسک عملکردی، زمان در ریسک صنعت و کیفیت در ریسک ایمنی بالاترین اولویت را کسب کرده‌اند. [۳۵].

حسن‌زاده و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۲۴) در پژوهشی به تحلیل، ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های برون‌سپاری در بخش تدارکات شرکت گاز استان اصفهان پرداخته‌اند. در این مطالعه، با استفاده از روش FMEA و تشکیل تیم‌های متخصص، ۱۵۱ ریسک شناسایی و عدد اولویت ریسک (RPN)<sup>۲</sup> برای هر کدام محاسبه شده است. ریسک‌ها بر اساس RPN در پنج سطح طبقه‌بندی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که مهم‌ترین ریسک‌ها شامل آسیب به نیروی انسانی، کالاها و محیط زیست به دلیل کمبود فضای انبار و نبود دستورالعمل‌های مناسب بوده و اقدامات اصلاحی برای کنترل و کاهش این ریسک‌ها ارائه شده است. این مطالعه چارچوبی مفید برای ارزیابی و کاهش ریسک‌های برون‌سپاری در شرکت گاز فراهم می‌کند و می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری و افزایش موفقیت قراردادهای برون‌سپاری کمک کند [۲۲].

دباغی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای جامع، ریسک‌های مرتبط با ازدیاد برداشت نفت (EOR)<sup>۴</sup> را با تمرکز بر تزریق آب در یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران ارزیابی کرده‌اند. آنان ۳۳ ریسک بالقوه در حوزه‌های فنی، عملیاتی، اقتصادی، سیاسی و سازمانی را شناسایی بر اساس احتمال وقوع، شدت تأثیر و قابلیت تشخیص اولویت‌بندی نموده‌اند. ریسک‌های اصلی شامل کمبود داده‌های آزمایشگاهی درباره خواص فیزیکی و رفتار فازی سیال مخزن، ضعف در مدل‌های پیش‌بینی، عدم تطابق تاریخچه در شبیه‌سازی‌های مخزنی و تحلیل ناکافی داده‌های پایش عملیات EOR بوده است. این مطالعه با پیشنهاد اقدامات کنترلی به بهبود فرآیند ازدیاد برداشت کمک می‌کند [۱۱].

**شکاف پژوهشی.** جمع‌بندی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که بیشتر مطالعات بر روی صنایع خاصی مانند ساخت و ساز متمرکز بوده‌اند و نیاز به بررسی چارچوب‌های ارزیابی ریسک برای پروژه‌های EPC در صنایع دیگر احساس می‌شود. در مطالعات موجود ارزیابی ریسک عمدتاً از دیدگاه پیمانکار یا کارفرما را انجام شده است، درحالی که بررسی دیدگاه سایر ذینفعان مانند تامین‌کنندگان و کاربران نهایی می‌تواند بینش بیشتری ارائه دهد. علاوه بر این، تحقیقات بیشتر بر ارزیابی ریسک ایستا در یک مقطع زمانی خاص متمرکز بوده‌اند و بررسی رویکردهای ارزیابی ریسک پویا که تغییرات ریسک‌ها را در طول چرخه عمر پروژه نشان می‌دهد، می‌تواند ارزشمند باشد. اگرچه برخی مطالعات از منطق فازی برای کنترل عدم قطعیت استفاده کرده‌اند، اما فرصت‌هایی برای کشف تکنیک‌های پیشرفته‌تر مانند روش‌های ترکیبی وجود دارد. اگرچه برخی از مطالعات، منطق فازی را برای کنترل عدم قطعیت استفاده کرده‌اند، اما فرصت‌هایی برای کشف تکنیک‌های پیشرفته‌تر دیگر مانند روش‌های ترکیبی وجود دارد تا ابهام در ارزیابی ریسک بهتر به تصویر کشیده شود. از سوی دیگر، اکثر مطالعات انجام شده در پیشینه پژوهش از یک روش ارزیابی ریسک استفاده کرده و کمتر از ترکیب دو روش بهره برده‌اند. شکاف تحقیقاتی بالقوه موجود در ادبیات موضوع تحقیق شامل نیاز به توسعه چارچوب‌های جامع‌تر و یکپارچه‌تری برای ارزیابی ریسک پروژه‌های EPC و استفاده کمتر از ترکیب دو تکنیک دلفی فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مبتنی بر عدد ریسک جهت شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت در صنعت نفت و گاز است. بنابراین، پژوهش حاضر به کاربرد چارچوب ترکیبی مزبور در پروژه‌های EPC شرکت نفت و گاز کارون اهواز می‌پردازد.

در این پژوهش، ریسک‌ها براساس نظرات خبرگان و با استفاده از روش دلفی فازی ارزیابی و شناسایی شده و سپس از طریق تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مبتنی بر عدد ریسک اولویت‌بندی می‌شوند. همچنین، در این پژوهش برای افزایش دقت برآوردها از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شده است. خلاصه‌ای از مقایسه تطبیقی پژوهش‌های انجام شده در رابطه با موضوع پژوهش در جدول ۳ ارائه شده است.

1. Hasanzadeh et al.

2. Priority Risk Number

3. Dabbaghi et al.

4. Enhanced Oil Recovery

جدول ۳. جمع‌بندی و مقایسه تطبیقی پیشینه پژوهش مرتبط با موضوع تحقیق حاضر

پژوهشگر (سال)	هدف پژوهش	روش پژوهش	یافته‌های پژوهش	منبع
بی و تن (۲۰۱۰)	ارزیابی ریسک پیمانکاران EPC	FAHP	در ارزیابی ریسک‌ها، استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی ارزیابی واقع‌گرایانه‌تری نسبت به حالت غیرفازی فرآیند مزبور دارد.	[۴]
یانگ و همکاران (۲۰۱۰)	ارزیابی ریسک پروژه‌های EPC بر اساس فرآیند تجزیه و تحلیل شبکه‌ای و ارزیابی کلان فازی در پروژه بازسازی پالایشگاه نفت	ANP	ریسک‌های مرتبط با تکنولوژی، مدیریتی، اجتماعی و اقتصادی به ترتیب جز ریسک‌های زیاد، متوسط و کم می‌باشند.	[۴۹]
مبین (۲۰۱۳)	شناسایی و ارزیابی خطرات پروژه‌های EPC در بخش نفت و گاز	دسته‌بندی ریسک، عدد ریسک و رصد ریسک	مدلی برای ارزیابی ریسک به همراه تدابیر کاهشنده ریسک ارائه شده است.	[۲۸]
سروری و همکاران (۲۰۱۳)	ارزیابی ریسک پروژه‌های EPC در پالایشگاه گاز در ایران با هدف حل مشکلات تعامل و بازخورد میان گزینه‌های مختلف رتبه‌بندی ریسک	ANP	ریسک‌ها به ترتیب در شش گروه ریسک‌های طراحی، بازار، سیاسی، زیست‌محیطی، ساخت و سیاسی رتبه‌بندی شده‌اند.	[۴۳]
یانگ و همکاران (۲۰۱۵)	ارزیابی ریسک برای پروژه‌های بین‌المللی EPC	AHP	سیستم فازی ارزیابی ریسک، به عنوان یک سیستم شاخص برای ارزیابی ریسک ارائه گردیده است.	[۵۱]
وانگ و همکاران (۲۰۱۶)	بررسی کمی و سیستماتیک روابط علی بهبود مدیریت ریسک پیمانکاران	میانگین نمونه، آزمون قابلیت اطمینان، آنالیز مسیر و همبستگی	یکجا گنجانیدن منابع داخلی و بین‌المللی و دستیابی به عملکرد برتر در پروژه‌ها	[۴۷]
فیروزی و همکاران (۲۰۱۷)	ارزیابی ریسک‌های اقتصادی پروژه‌های EPC	پرسشنامه و FTOPSIS	کارآتر بودن روش‌های تصمیم‌گیری هیبریدی فازی در بهبود کیفیت تصمیم‌گیری	[۱۴]
کبیری فر و مجتهدی (۲۰۱۹)	تحلیل و رتبه‌بندی فعالیت‌های حیاتی در پروژه‌های EPC مسکونی در مقیاس بزرگ در ایران	TOPSIS	طراحی مهندسی، برنامه‌ریزی پروژه و کنترل‌ها عوامل کلیدی درد بهبود عملکرد پروژه هستند.	[۲۴]
وو و ژو (۲۰۱۹)	ارزیابی ریسک پروژه‌های URDPV -EPC شهری چین	آنالیز ریسک چهار وجهی	به طور کلی، سطح ریسک پروژه‌های URDPV-EPC چین در وضعیت نسبتاً ایده‌آلی قرار دارد و بیش از نیمی از مناطق ارزیابی شده دارای سطح ریسک متوسط هستند.	[۴۸]
نوردیانا و سوسانتی (۲۰۲۰)	ارزیابی ریسک در پروژه‌های EPC ساختمانی از دیدگاه کارفرما	ساختار شکست ریسک	از دیدگاه کارفرما، بالاترین ریسک در پروژه EPC به تغییرات قراردادی پیمانکار و نتایج مطالعات اولیه (مهندسی و محیط زیست) مرتبط است.	[۳۲]
المهدوی (۲۰۲۰)	توسعه یک روش پشتیبانی تصمیم یکپارچه برای مدیریت عوامل خطر در پروژه‌های EPC نفت و گاز عراق	تئوری مجموعه‌های فازی- شبکه عصبی مصنوعی	پیش بینی اثر ریسک بر زمان و هزینه پروژه	[۱]
براوی (۲۰۲۰)	شناسایی خطرات عمده و توصیه راهبردهای پاسخ به عدم انطباق تجهیزات و مواد	اعتبار سنجی با روش دلفی- پرسشنامه و تحلیل ریسک	نتایج نشان می‌دهد که تأمین تجهیزات و مواد برای موفقیت پروژه‌های EPC بسیار حیاتی است. همچنین، عدم انطباق تجهیزات و مواد با الزامات پروژه می‌تواند به عملکرد نامطلوب و تأخیر در پروژه منجر شود.	[۳]
گوپتا و همکاران (۲۰۲۱)	شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها و درک روابط متقابل میان آنها در پروژه‌های ساخت پالایشگاه نفت هند	استفاده از مدل ساختاری تفسیری	شناسایی ۳ ریسک با قدرت محرکه بالا و وابستگی پایین ۹ ریسک با وابستگی بالا و قدرت محرکه بالا.	[۱۶]
فرمینی فراهانی و همکاران (۲۰۲۲)	بررسی شبکه تعاملی عوامل خطر در پروژه ساخت و آماده سازی مخازن ذخیره سازی میعانات گازی در شرایط تحریم	تحلیل تصمیم‌گیری چند شاخصه، شبکه ریسک و شبیه‌سازی	ریسک‌های مالی و سیاسی، فنی، مدیریتی، قراردادی، اجتماعی و زیست محیطی به عنوان مؤثرترین ریسک‌ها شناخته شده‌اند. همچنین، ریسک‌های فنی به عنوان کم‌اهمیت‌ترین ریسک شناسایی شده‌اند.	[۱۵]
دای و سولانگی (۲۰۲۳)	ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های مالی زیرساخت‌های سبز برای توسعه پایدار در چین	FAHP -Fuzzy Vikor	ریسک‌های سیاسی و مقرراتی به‌عنوان مهم‌ترین ریسک‌ها شناخته شده و افزایش دسترسی به گزینه‌های تأمین مالی به‌عنوان مؤثرترین برنامه سیاستی برای کاهش این ریسک‌ها پیشنهاد شده است.	[۱۰]
جولا و عشریه (۲۰۲۴)	شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های گواهی سپرده نفت خام و میعانات گازی در بورس انرژی ایران	FAHP	مهم‌ترین ریسک‌ها به ترتیب شامل «عدم تضمین حداقل قیمت معاملات» در ریسک‌های مرتبط با بورس انرژی، «تحریم‌های بین‌المللی در حوزه انرژی» در ریسک‌های مربوط به ایران، و «نوسانات قیمت جهانی نفت» در ریسک‌های بین‌المللی هستند.	[۲۳]

منبع	یافته‌های پژوهش	روش پژوهش	هدف پژوهش	پژوهشگر (سال)
[۳۱]	از بین ۱۹ ریسک شناسایی شده، هشت ریسک مهم غربال و اولویت‌بندی شده‌اند. در میان این ریسک‌ها، ریسک‌های تحریم، تورم، دعاوی و شکایات، و پیشی گرفتن رقبا از بالاترین اولویت برخوردار بوده‌اند.	آزمون دو جمله‌ای و تکنیک کاداس	شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های مرتبط با تأخیرات زمانی در پروژه‌های نفت و گاز	مالکی و همکاران (۲۰۲۳)
[۴۴]	ریسک تحریم‌های مالی به‌عنوان پرنفوذترین متغیر در مبنای‌ترین سطح قرار دارد. همچنین، ریسک‌های تصمیمات مالی دولت، اقتصاد کلان، بازار محصول و رقابت، و بیمه و پوشش ریسک نیز از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار به شمار می‌آیند.	مدل‌سازی ساختاری تفسیری و نظرسنجی از کارشناسان صنعت پتروشیمی	طراحی مدلی برای شناسایی و سطح‌بندی ریسک‌های راهبردی مالی در صنعت پتروشیمی ایران	شفیعی نتاج و همکاران (۲۰۲۳)
[۱۲]	از میان ۱۶ ریسک شناسایی شده، کار با سنگ فرز با وزن ۰/۱۱۴ و بازدید سایت با وزن ۰/۳۸۸ بالاترین اولویت را داشته‌اند، در حالی که فعالیت تعمیرات با وزن ۰/۳۴ پایین‌ترین اولویت را به خود اختصاص داده است. این مطالعه بیان می‌کند که تمرکز بر ریسک‌های با اولویت بالا می‌تواند به پیشگیری از حوادث و کاهش پیامدهای جبران‌ناپذیر در نیروگاه‌های گازی کمک کند.	FMEA	بررسی مهم‌ترین ریسک‌های بالقوه در فعالیت‌های نیروگاه گازی بجمپور در ایران	دادکانی و همکاران (۲۰۲۴)
[۳۴]	فساد مالی، سهل‌انگاری در ایمنی و بی‌ثباتی سیاسی از جمله ریسک‌های برتر هستند. همچنین اجتناب از ریسک با اثربخشی ۶۵٪/۴ مؤثرترین رویکرد در مقایسه با استراتژی‌های کاهش و انتقال می‌باشد.	RII-Fuzzy Logic-ANP	شناسایی و اولویت‌بندی مهم‌ترین عوامل ریسک در بخش نفت عراق	نور و بریسیم (۲۰۲۳)
[۳۵]	نتایج مرحله اول شامل شناسایی پنج ریسک اقتصادی، بازار، عملکردی، صنعت و ایمنی است. در مرحله دوم، محدودیت کیفیت در اولویت اول قرار دارد و پس از آن هزینه، زمان و حوزه کاری به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند.	AHP	شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پیشرو ساخت، توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز در ایران	نوروزی و شریعتمدار (۲۰۲۴)
[۲۲]	مهم‌ترین ریسک‌ها ناشی از آسیب به نیروی انسانی، کالاها و محیط زیست به دلیل کمبود فضای انبار و نبود دستورالعمل‌های مناسب هستند.	FMEA	تحلیل، ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک پروژه‌های برون‌سپاری در بخش تدارکات شرکت ملی گاز	حسن‌زاده و همکاران (۲۰۲۴)
[۱۱]	ریسک‌های با اولویت بالا و مشترک شامل کمبود داده‌های آزمایشگاهی درباره خواص فیزیکی و رفتار فازی سیال مخزن، ضعف در مدل‌های پیش‌بینی رفتار سیال، عدم تطابق تاریخچه در شبیه‌سازی‌های مخزنی بوده‌اند.	FMEA	ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های مرتبط با ازدیاد برداشت نفت (EOR) در ایران	دباغی و همکاران (۲۰۲۴)

منبع: یافته‌های تحقیق

### ۳. روش‌شناسی پژوهش

مقاله حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر گردآوری اطلاعات یک پژوهش توصیفی-پیمایشی است که انتخاب روش پژوهش یکی از مراحل مهم در پژوهش بوده و به اهداف و ماهیت موضوع و داده‌های قابل دسترس وابسته است [۳۹]. روش تحقیق شامل مراحل شناسایی ریسک‌ها، انتخاب ریسک‌های اصلی، رتبه‌بندی ریسک‌ها و استفاده از سیستم فازی است. در مرحله اول، با استفاده از روش کتابخانه‌ای و نظرات خبرگان، ریسک‌های موثر در پروژه‌های EPC شناسایی و طبقه‌بندی شده‌اند. تیم تحقیق با مطالعه منابع علمی و مصاحبه با خبرگان صنعت نفت و گاز، لیستی از ریسک‌های احتمالی را تهیه کرده است. در مرحله بعد، با ارائه مدلی مبتنی بر روش دلفی فازی، تعدادی از ریسک‌های شناسایی شده به عنوان ریسک‌های اصلی انتخاب گردیده‌اند. نظرات خبرگان به صورت اعداد فازی جمع‌آوری و تحلیل شده است تا به اجماع نسبی دست یابند. سپس، با بهره‌گیری از نظرات خبرگان و روش آنالیز سلسله مراتبی فازی مبتنی بر عدد ریسک، ریسک‌های منتخب بر اساس احتمال وقوع و شدت تأثیر آنها ارزیابی و رتبه‌بندی شده‌اند. در نهایت، برای افزایش دقت نظرات خبرگان و پرهیز از اعمال سلیقه شخصی، سیستم فازی به جای اعداد قطعی برای بیان نظرات خبرگان استفاده شده است.

متغیرهای زبانی<sup>۱</sup>. این متغیرها به عنوان ابزاری برای بیان نظرات خبرگان در یک بازه مشخص عمل می‌کنند و ماهیت مقایسات و نظرات آنها در قالب داده‌های فازی قرار می‌گیرد. متغیرهای زبانی استفاده شده در پرسشنامه در جدول ۴ آورده شده است. با این حال، این متغیرها در انتقال کامل تفکرات پاسخ‌دهنده محدودیت‌هایی دارند. به عنوان مثال، عبارت «زیاد» برای فردی محتاط ممکن است با معنای «زیاد» برای فرد دیگری کاملاً متفاوت باشد.

جدول ۴. متغیرهای زبانی

متغیر زبانی	بازه اعداد فازی مثلثی <sup>۲</sup>
کاملاً مناسب	(۱۰, ۱۰, ۹)
مناسب	(۱۰, ۹, ۷)
تا حدودی مناسب	(۹, ۷, ۵)
بی‌تاثیر	(۷, ۵, ۳)
تا حدودی نامناسب	(۵, ۳, ۱)
نامناسب	(۳, ۱, ۰)
کاملاً نامناسب	(۰, ۱, ۳)

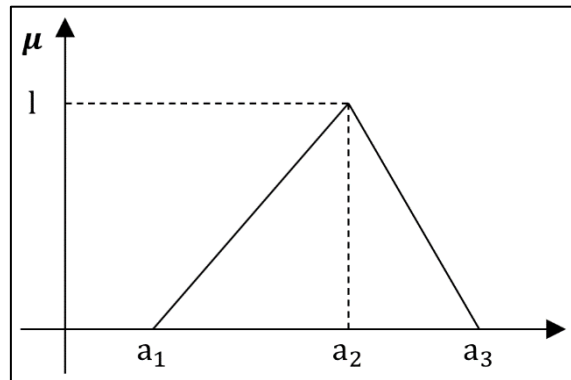
منبع: [۲۶]

سیستم فازی مثلثی<sup>۳</sup>. این سیستم به عنوان ابزاری برای انعکاس دیدگاه‌های چند فرد، از یک چارچوب عددی قطعی استفاده می‌کند. اگرچه در تصمیم‌گیری‌ها از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خبرگان استفاده می‌شود، اما روش‌های سنتی نمی‌توانند به‌طور کامل سبک تفکر انسانی را منعکس کند. برای برداشت صحیح از تفکرات خبرگان، استفاده از مجموعه‌های فازی مناسب‌تر است و اعداد فازی در تصمیم‌گیری‌های واقعی دقیق‌تر عمل می‌کند.

در منطق کلاسیک، هر عدد یک مقدار قطعی و مشخص دارد، در حالی که در منطق فازی، هر عدد مقداری تقریبی دارد. عدد فازی مثلثی با سه عدد حقیقی به صورت (l, m, u) نمایش داده می‌شود. که به ترتیب نمایانگر کران پایین (l)، مقدار میانگین (m) و کران بالا (u) هستند. این مفهوم در تصمیم‌گیری‌هایی که با عدم قطعیت مواجه‌اند، بسیار مفید است. تابع عضویت یک عدد فازی مثلثی به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود و فضای هندسی آن در شکل ۲ نشان داده شده است [۲۵].

$$u_f(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 < x < a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & a_2 < x < a_3 \\ 0 & \text{o. w.} \end{cases} \quad \text{رابطه (۱)}$$

1. Linguistic variable  
2. Triangular Fuzz Numbers  
3. Triangular Fuzzy System



شکل ۲. نمایش هندسی اعداد فازی مثلثی منبع: [۲۵]

در این پژوهش، برای شناسایی ریسک‌ها از تکنیک دلفی فازی و برای رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده نیز از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی مبتنی بر عدد اولویت ریسک (RPN) استفاده شده است. این تکنیک ترکیبی به محققان اجازه می‌دهد تا با در نظر گرفتن نظرات ۵ خبره با ۱۵ معیار، ریسک‌های پروژه را شناسایی کرده و با در نظر گرفتن ابهام و عدم قطعیت در قضاوت‌های خبرگان، به دقت بیشتری در شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها دست یابند. همچنین روش ترکیبی مزبور به پیمانکاران امکان طراحی و ارزیابی سناریوهای مختلف برای کاهش ریسک‌ها را می‌دهد. به ویژه، این روش‌ها به شرکت بهره‌بردار نفت و گاز کارون کمک می‌کند تا ریسک‌های پروژه‌های نفت و گاز را به صورت سیستماتیک شناسایی، اولویت‌بندی و مدیریت نمایند.

استفاده از روش دلفی فازی به دلیل پیچیدگی و عدم قطعیت عوامل ریسک در پروژه‌های EPC است. این روش، تکنیک دلفی سنتی را با منطق فازی ترکیب نموده تا ابهام‌های ذاتی در قضاوت‌های خبرگان را بهتر منعکس کند. مزایای این روش شامل کنترل ارزیابی‌های زبانی و ذهنی از طریق تبدیل آنها به اعداد فازی است که می‌تواند عدم قطعیت در ارزیابی ریسک را بهتر نشان دهد و نیز تعداد دورهای مورد نیاز در روش دلفی سنتی را کاهش می‌دهد. روش دلفی فازی به خبرگان اجازه می‌دهد نظرات خود را به صورت ناشناس ارائه دهند، که موجب می‌شود نظرات بدون تاثیر از دیگران بیان شده و به اجماع نسبی دست یابند. در این روش، خبرگان چندین مرحله نظرسنجی را طی می‌کنند تا نظرات به سمت اجماع همگرا شود.

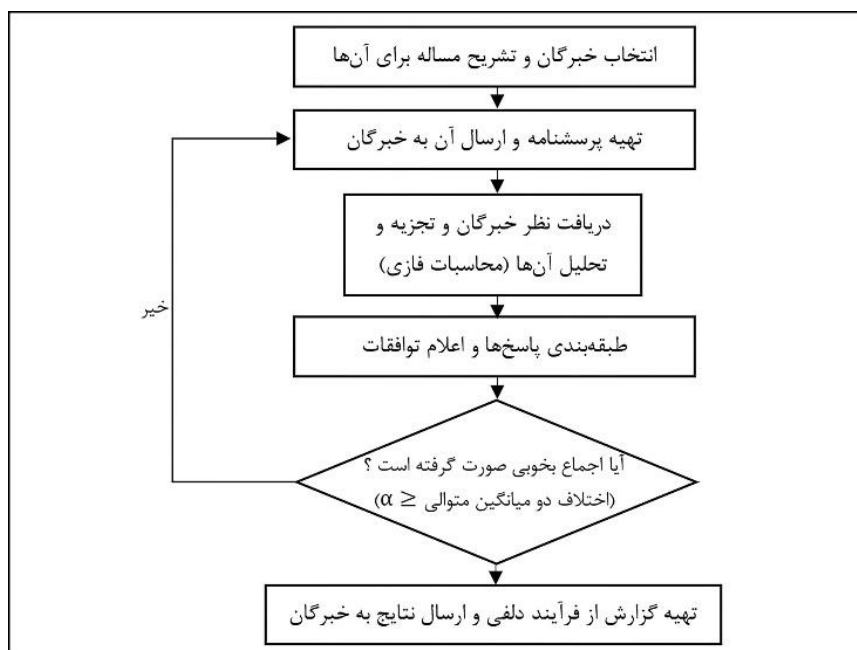
بهره‌گیری از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی به دلیل وجود عوامل ریسک متعدد در پروژه‌های EPC ضروری است. این روش به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا منابع را به‌طور مؤثر اولویت‌بندی کرده و تخصیص دهند. با ترکیب روش سنتی AHP و منطق فازی، این رویکرد به عدم قطعیت و ذهنیت موجود در مقایسه‌های زوجی عوامل ریسک رسیدگی می‌کند. مزایای Fuzzy AHP شامل کنترل ابهام است؛ این روش با استفاده از اعداد فازی به جای مقادیر واضح، دقت و ارزیابی واقعی‌تری از اهمیت نسبی عوامل ریسک ارائه می‌دهد. همچنین، امکان ادغام عدد اولویت ریسک از روش تحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن (FMEA) به عنوان یکی از معیارهای سلسله مراتب Fuzzy AHP فراهم می‌شود. علاوه بر این، این روش به خبرگان اجازه می‌دهد تا ریسک‌ها را بر اساس معیارهایی مانند احتمال وقوع و شدت تاثیر ارزیابی و رتبه‌بندی کنند. این روش به عنوان یک ابزار تحلیلی قدرتمند، امکان ارزیابی جامع ریسک‌های پروژه‌های EPC را فراهم کرده و به افزایش دقت و قابلیت اطمینان نتایج کمک می‌کند. به‌ویژه در صنعت نفت و گاز، Fuzzy AHP ابزاری مناسب برای شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های اصلی محسوب می‌شود.

ترکیب این دو روش، به ویژه برای پروژه‌های EPC مناسب است، زیرا امکان ارزیابی ریسک‌های کیفی و کمی را فراهم کرده و از نقاط قوت هر روش بهره می‌برد. این روش ترکیبی یک چارچوب جامع و قوی برای ارزیابی و مدیریت ریسک در پروژه‌های پیچیده EPC ایجاد می‌کند و چالش‌های ناشی از ماهیت نامشخص این پروژه‌ها را برطرف می‌سازد. استفاده از عدد اولویت ریسک (RPN) از FMEA به عنوان یک معیار در سلسله مراتب Fuzzy AHP، تضمین می‌کند که اولویت‌بندی ریسک با یک چارچوب معتبر و گسترده تثبیت شده



است. به‌علاوه، این رویکرد ساختاریافته و سیستماتیک این روش‌ها می‌تواند به تیم‌های پروژه کمک کند تا تصمیمات آگاهانه‌تر در مدیریت ریسک‌ها اتخاذ کنند. در ادامه، خلاصه‌ای از روش‌های مزبور ارائه شده است.

**روش دلفی فازی.** این روش به دلیل قابلیت تطبیق با پیچیدگی و عدم قطعیت در تصمیم‌گیری‌ها، بهترین گزینه برای نظرسنجی از خبرگان است. روش مزبور با محاسبه ارزش برای هر نظر، تصمیم‌گیری‌های بهتری در شرایط تعارض و مخالفت نظرات ارائه می‌دهد. یک چارچوب برای مطالعات به روش دلفی در شکل ۳ آورده شده است [۱۸].



شکل ۳. چارچوب نظری تکنیک دلفی در تحقیقات کیفی منبع: [۱۸]

همچنین، روش دلفی فازی مفاهیم با ساختار متغیر زبانی را بیان می‌کند و به عنوان یک روش ساده و نظام‌مندی برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره شناخته می‌شود، زیرا که قابلیت اطمینان آن بیشتر از مقیاس‌های سنتی است [۲۵]. این روش یک فرآیند قوی مبتنی بر ساختار ارتباطی گروهی است که در شرایط دانشی ناکامل و نامطمئن برای دستیابی به اجماع بین خبرگان استفاده می‌شود. اولین بار موری<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۵ این روش را به کار برد [۲۹]. در روش دلفی توافقی در تعیین تعداد خبرگان وجود ندارد، اما بر اساس پیشنهاد بایدریک و همکاران<sup>۲</sup> استفاده از ۵ خبره توصیه شده است [۵]. اجرای روش دلفی فازی در ۶ گام تدوین شده است [۸].

**گام اول.** شناسایی معیارهای پژوهش با استفاده از مرور جامع ادبیات تحقیق می‌باشد.

**گام دوم.** جمع‌آوری نظر خبرگان است. در این گام، هر کارشناس نظر خود را درباره معیارهای مورد بحث با استفاده از متغیرهای زبانی و از طریق پرسشنامه بیان می‌کند. نظر خبره  $i$  ام  $(E_i)$ ، مطابق با متغیرهای زبانی جدول ۴ و رابطه (۲) اعلام شود، که در آن  $a_1$  کران پایین نظر خبره،  $a_2$  واقع‌گرایانه‌ترین مقدار و  $a_3$  به عنوان مقدار خوش‌بینانه می‌باشد.

$$\tilde{A}^{(i)} = (a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, a_3^{(i)}); i = 1, 2, 3, \dots \quad \text{رابطه (۲)}$$

**گام سوم.** میانگین فازی نظر خبرگان طبق رابطه (۳) محاسبه می‌شود.  $\tilde{A}_m$  میانگین تمامی  $\tilde{A}^{(i)}$  است.

1. Murray

2. Beiderbeck et.al

$$\tilde{A}_m = (a_{m1}, a_{m2}, a_{m3}) = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1^i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_2^i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_3^i \right) \quad \text{رابطه (۳)}$$

سپس، مقدار اختلاف برای هر خبره ( $E_i$ ) با استفاده از رابطه (۴) محاسبه و مجدداً برای هر یک از خبرگان ارسال می‌شود.

$$\begin{aligned} & a_{m1} - a_1^{(i)}, a_{m2} - a_2^{(i)}, a_{m3} - a_3^{(i)} \\ & = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1^{(i)} - a_1^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_2^{(i)} - a_2^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_3^{(i)} - a_3^{(i)} \right) \end{aligned} \quad \text{رابطه (۴)}$$

گام چهارم. نظر جدید و بازبینی شده هر خبره دریافت می‌شود، این نظرات با استفاده از جدول ۴ و طبق رابطه (۵) به اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌شوند.

$$\tilde{B}^{(i)} = (b_1^{(i)}, b_2^{(i)}, b_3^{(i)}) \quad \text{رابطه (۵)}$$

گام پنجم. همانند گام سوم، میانگین فازی نظر جدید خبرگان طبق رابطه (۶) محاسبه می‌شود.  $\tilde{B}_m$  میانگین تمامی  $\tilde{B}^{(i)}$  است.

$$\tilde{B}_m = (b_{m1}, b_{m2}, b_{m3}) = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_1^i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_2^i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_3^i \right) \quad \text{رابطه (۶)}$$

این بازبینی تا زمانی ادامه می‌یابد که اختلاف میانگین نظر خبرگان در دو گام به هم نزدیک باشد. این مقدار با توجه به نظر محقق تعیین می‌شود، اما معمولاً این مقدار را ۰.۷ اختیار می‌کنند [۱۹].

گام ششم. میانگین نظرات خبرگان فازی‌زدایی می‌شود. از آنجا که میانگین نظرات به صورت اعداد فازی است، برای تصمیم‌گیری درباره معیارها باید نتایج را فازی‌زدایی کرد. برای این منظور، از رابطه (۷) استفاده می‌شود.

$$S_j = \left( \frac{(a_{1j}) + 4 \times (a_{2j}) + (a_{3j})}{6} \right) \quad \text{رابطه (۷)}$$

**عدد اولویت ریسک.** مقدار اولویت ریسک<sup>۱</sup> یک روش تحلیل مخاطرات است که در بسیاری از صنایع استفاده می‌شود. در این روش، هر ریسک با استفاده از سه عامل ارزیابی می‌شود: احتمال وقوع (کشف) ریسک یا مخاطره ( $D$ )، شدت آسیب‌پذیری ( $S$ ) و تعداد وقوع یا اثر ریسک‌ها ( $O$ ) مقدار اولویت ریسک برای ارزیابی اولویت مخاطرات استفاده می‌شود و با تکیه بر محاسبه حاصل سه عامل ذکر شده، به صورت رابطه (۸) محاسبه می‌شود [۲۰].

$$\text{RPN} = \text{Severity (S)} \times \text{Occurance(O)} \times \text{Probability of Detection(D)} \quad \text{رابطه (۸)}$$

با توجه به اینکه این معیار براساس سه عامل ارزیابی شده برای هر ریسک تکیه دارد، بنابراین با افزایش هر یک از این سه عامل، مقدار اولویت ریسک نیز افزایش می‌یابد.

روش تحلیل سلسله مراتبی فازی مبتنی بر عدد اولویت ریسک. این روش ضمن پیروی از اصول تحلیل سلسله مراتبی معمولی، با استفاده از اعداد فازی تلاش می‌کند تا بهترین تصمیمات را با در نظر گرفتن مقایسه‌های فازی اتخاذ کند. این روش به جای نیاز به اعلام نظر با اعداد دقیق، به خبرگان اجازه می‌دهد تا با اعلام بازه‌های فازی، نظر خود را بیان کنند. این تکنیک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که توسط ساعتی معرفی شده است [۳۸]. به دلیل استفاده گسترده از مفاهیم فازی در تصمیم‌گیری‌ها، پژوهشگران بسیاری در سال‌های اخیر این روش را توسعه داده‌اند. یک مدل پیاده‌سازی روش تحلیل سلسله مراتبی فازی توسط چانگ<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۶ توسعه یافته است [۳۸].

اگر مجموعه  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ، به عنوان مجموعه هدف و  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ ، به عنوان مجموعه آرمان‌ها معرفی شوند، آنالیز توسعه چانگ را می‌توان برای هر یک از آرمان‌ها ( $u_i$ ) با در نظر گرفتن هر هدف ( $g_i$ ) انجام داد. بنابراین مقدار آنالیز توسعه برای هر هدف ( $m$ ) می‌تواند به صورت رابطه (۹) تعریف شود.

$$\begin{bmatrix} U_1 & U_2 & \dots & U_m \\ X_1 & M_{g_1}^1 & M_{g_1}^2 & \dots & M_{g_1}^m \\ X_2 & M_{g_2}^1 & M_{g_2}^2 & \dots & M_{g_2}^m \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_n & M_{g_n}^1 & M_{g_n}^2 & \dots & M_{g_n}^m \end{bmatrix}; M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه (۹)}$$

برای هر هدف در گام نخست، بسط مرکب فازی<sup>۲</sup> محاسبه می‌شود. اگر  $\{M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m\}$  مقادیر آنالیز توسعه  $\tilde{a}$  امین هدف به ازای  $m$  آرمان باشد، آنگاه مقدار بسط مرکب فازی برای  $\tilde{a}$  امین معیار ( $\tilde{S}_i$ ) به صورت رابطه (۱۰) تعریف می‌گردد.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j \otimes \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j \right)^{-1} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

در این رابطه،  $j$  نشان‌دهنده هر یک از آرمان‌ها می‌باشد. چنانچه  $M_{g_i}^1 = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$  باشد، آنگاه  $\sum M_{g_i}^j$  بوسیله عملگر جمع فازی<sup>۳</sup> بر روی آنالیز توسعه  $m$  آرمان به صورت رابطه (۱۱) تعریف می‌شود.

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j &= (l_{i1}, m_{i1}, u_{i1}) \oplus (l_{i2}, m_{i2}, u_{i2}) \\ &\quad \oplus \dots \oplus (l_{im}, m_{im}, u_{im}) \\ &= \left( \sum_{j=1}^m l_{ij}, \sum_{j=1}^m m_{ij}, \sum_{j=1}^m u_{ij} \right) = (l'_i, m'_i, u'_i) \end{aligned} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

همچنین برای بدست آوردن مجموع تمام سطرهای اهداف نسبت آرمان  $(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j)$  با اعمال عملگر جمع فازی، رابطه (۱۲) را حاصل و سپس این مقادیر معکوس می‌شود.

1. Chang  
2. Fuzzy compounded expansion  
3. Fuzzy Summation Operator

$$\begin{aligned} \sum \sum \tilde{M}_{g_i}^j &= \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m l_{ij}, \sum_{j=1}^m m_{ij}, \sum_{j=1}^m u_{ij} \right) \\ &= \left( \sum_{j=1}^m l'_i, \sum_{j=1}^m m'_i, \sum_{j=1}^m u'_i \right) \\ &\rightarrow \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j \right)^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{j=1}^m u'_i}, \frac{1}{\sum_{j=1}^m m'_i}, \frac{1}{\sum_{j=1}^m l'_i} \right) \end{aligned} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

بنابراین، رابطه (۱۰) به صورت رابطه (۱۳) در ذیل بسط داده می‌شود.

$$\begin{aligned} \tilde{S}_i &= \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j \otimes \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{g_i}^j \right)^{-1} \\ &= (l'_i, m'_i, u'_i) \otimes \left( \frac{1}{\sum_{j=1}^m u'_i}, \frac{1}{\sum_{j=1}^m m'_i}, \frac{1}{\sum_{j=1}^m l'_i} \right) \\ &= \left( \frac{l'_i}{\sum_{j=1}^m u'_i}, \frac{m'_i}{\sum_{j=1}^m m'_i}, \frac{u'_i}{\sum_{j=1}^m l'_i} \right) = (l_i, m_i, u_i) \end{aligned} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

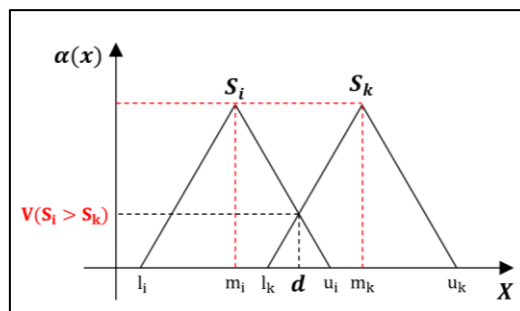
چنانچه  $S_i = (l_i, m_i, u_i)$  و  $S_k = (l_k, m_k, u_k)$  باشد، درجه ارجحیت (درجه‌ی امکان‌پذیری)  $S_i$  بر  $S_k$  که با  $V(S_i > S_k)$  نمایش داده می‌شود، به صورت رابطه (۱۴) بیان می‌شود.

$$V(S_i > S_k) = \text{SUP}_{x \geq y} (\min\{\alpha_{S_i}(x), \alpha_{S_k}(y)\}) \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

این رابطه برای اعداد فازی مثلثی معادل رابطه (۱۵) خواهد بود.

$$V(\tilde{S}_i > \tilde{S}_k) = \alpha_{S_i}(d) \begin{cases} 1 & m_i \geq m_k \\ 0 & l_k \geq u_i \\ \frac{l_k - u_i}{(m_i - u_i) - (m_k - l_k)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

که  $d$  متناظر با بزرگ‌ترین نقطه تقاطع بین  $\alpha_{S_i}$  و  $\alpha_{S_k}$  است. شکل ۴ مقدار  $V(S_i > S_k)$  را نشان می‌دهد.



شکل ۴. نقطه تقاطع بین  $\alpha_{S_k}$  و  $\alpha_{S_i}$

منبع: [۷]

محاسبه درجه اهمیت (درجه امکان‌پذیری) یک عدد فازی محدب مشروط ( $S$ ) که بزرگ‌تر از  $k$  عدد فازی محدب ( $S_i$ ) برای  $i=1,2,\dots,k$  باشد، به صورت رابطه (۱۶) بیان می‌شود.

$$\begin{aligned} V(S \geq S_1, S_2, \dots, S_k) &= V((S \geq S_1), (S \geq S_2), \dots, (S \geq S_k)) \\ &= \min\{V(S \geq S_1), V(S \geq S_2), \dots, V(S \geq S_k)\} \\ &= \min\{S \geq S_i\} \quad i = 1, 2, \dots, k \end{aligned} \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

چنانچه فرض شود که  $k = 1, 2, \dots, n$  باشد و  $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$  باشد، آنگاه بردار وزن به صورت رابطه (۱۷) بدست می‌آید.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n)) \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

قابل ذکر است که وزن‌های بدست آمده غیر فازی هستند. نرمالیزه کردن بردار  $W'$  و بدست آوردن بردار وزن نرمالیزه شده از طریق رابطه (۱۸) انجام می‌شود.

$$W' = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n)) \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

**سنجش روایی**<sup>۱</sup>. نسبت اعتبار محتوا<sup>۲</sup> که توسط لوشی<sup>۳</sup> در سال ۱۹۷۵ پیشنهاد شده، یک تبدیل خطی از توافق چند خبره در مورد یک گزینه است. این نسبت طبق رابطه (۱۹) محاسبه می‌شود.

$$CVR = \frac{n_e - \left(\frac{N}{2}\right)}{\frac{N}{2}} \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

که در آن CVR نسبت اعتبار محتوا،  $n_e$  تعداد خبره‌هایی که گزینه را ضروری تشخیص داده‌اند و  $N$  تعداد کل خبره‌ها است. ارزیابی نهایی برای حفظ گزینه بر اساس CVR به تعداد خبره‌هایی بستگی دارد که گزینه را ضروری دانسته‌اند. حداقل مقدار CVR قابل قبول بر اساس یک جدول از پیش محاسبه شده تعیین می‌شود.

**سنجش پایایی**<sup>۴</sup>. برای سنجش پایایی (سنجش سازگاری درونی)<sup>۵</sup> پرسشنامه ارائه شده به خبرگان، از ضریب آلفای کرونباخ<sup>۶</sup> استفاده شده است. این ضریب طبق رابطه (۲۰) محاسبه می‌شود.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S} \right] \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

---

1. Validity Assessment  
 2. Content Validity Ratio (CVR)  
 3. Lawshe  
 4. Reliability in Assessment  
 5. Internal Consistency Measurement  
 6. Cronbach's alpha coefficient

به طوری که؛  $k$  بیانگر تعداد گویه‌ها (پرسش‌ها)،  $S_i^2$  نشانگر واریانس تمام امتیازهای هر گویه و  $S$  واریانس امتیازهای کل گویه‌های پرسشنامه می‌باشد. هر چه سازگاری درونی پرسشنامه بیشتر باشد، ضریب آلفا نیز افزایش می‌یابد و گویه‌ها ارتباط بیشتری را با هدف مورد بررسی دارند.

#### ۴. تحلیل داده و یافته‌های پژوهش

**مطالعه موردی.** با گسترش صنعت در شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون، پروژه‌های EPC به یکی از پرکاربردترین قراردادهای پرکاربرد تبدیل شده‌اند. در گذشته، این شرکت به همراه پیمانکاران و مشاوران، مسئولیت اجرای پروژه‌های عمرانی و صنعتی را بر عهده داشته است. با افزایش نیاز به توسعه زیرساخت‌ها، قراردادهای مهندسی، تدارکات و ساخت به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند.

**ریسک‌ها.** شناسایی و ارزیابی ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های EPC بر مبنای بررسی جامع ادبیات دانشگاهی و صنعتی تحقیق انجام شده است. این ریسک‌ها از منابع مختلفی در بخش منابع و مراجع استخراج شده است (مانند [۳۷، ۳۴، ۲۴، ۹، ۶، ۳]). همچنین، ریسک‌های مزبور از طریق مصاحبه با یک پانل متشکل از ۵ خبره و متخصص در شرکت نفت و گاز کارون اهواز، وابسته به شرکت ملی نفت خیز جنوب شناسایی شده‌اند. نظرات این کارشناسان در مورد ریسک‌های کلیدی پروژه‌های EPC با آن روبرو هستند، می‌باشد. ریسک‌های شناسایی شده مرتبط با پروژه‌های EPC جمع‌آوری و ریسک‌های شناسایی شده در سه گروه اصلی در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. ریسک‌های پروژه EPC

ردیف	ریسک‌های مهندسی (E)	ریسک‌های تدارکات (P)	ریسک‌های بهره‌وری و اجرا (C)
۱	تاخیر در جذب دیسپلین‌های مهندسی	تاخیر در تامین منابع مالی و پرداخت‌ها	عدم دریافت به موقع متریکال و تجهیزات مورد نیاز
	(E <sub>1</sub> )	(P <sub>1</sub> )	(C <sub>1</sub> )
۲	بروز مدیریت مهندسی غیر مؤثر در پروژه	افزایش قیمت‌های تجهیزات و مصالح <sup>۱</sup>	عدم دریافت به موقع مدارک مهندسی
	(E <sub>2</sub> )	(P <sub>2</sub> )	(C <sub>2</sub> )
۳	خطا در طراحی و مهندسی	تأثیر تحریم‌ها در مراکز تامین منابع	وقوع حوادث غیر مترقبه
	(E <sub>3</sub> )	(P <sub>3</sub> )	(C <sub>3</sub> )
۴	تغییر در استانداردهای اعمال شده به پروژه	خطا در انتخاب تامین‌کننده و سازنده	توقف عملیات اجرایی در کارگاه
	(E <sub>4</sub> )	(P <sub>4</sub> )	(C <sub>4</sub> )
۵	تغییر در طرح مفهومی پروژه	افزایش زمان تامین	افزایش رقم بودجه در بخش C به نسبت برآورد
	(E <sub>5</sub> )	(P <sub>5</sub> )	(C <sub>5</sub> )

منبع: [۳۶، ۹، ۲۴، ۳۷، ۴۳] و مصاحبه با خبرگان صنعت نفت و گاز شامل شرکت نفت و گاز کارون اهواز.

جدول ۵ نشان‌دهنده سه گروه ریسک شامل ریسک‌های مهندسی، ریسک‌های تدارکات و ریسک‌های اجرا و ساخت می‌باشد. هریک از ریسک‌های شناسایی شده به عنوان گزینه‌ای مطرح و تأثیر علل فنی و انسانی بر این ریسک‌ها در جدول مزبور مقایسه شده است. ریسک‌های ارائه شده در این تحقیق از ریسک‌های مهم در قراردادهای EPC به شمار می‌روند و یکپارچگی این نوع قراردادها مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، منابع علمی متعددی در حوزه مدیریت پروژه، ارتباط این ریسک‌ها با یکپارچگی E، P و C در قراردادهای EPC را تأیید می‌کنند (مانند یانگ و همکاران<sup>۲</sup>، [۵۰]؛ نور دیانا و سیسانتی<sup>۳</sup>، [۳۲]، ۲۰۲۰). در ادامه، دلایل توجیهی برای ارتباط برخی از ریسک‌ها با یکپارچگی قراردادهای EPC ارائه شده است.

۱. طبق نظر کارشناسان حوزه نفت و گاز و ادبیات موضوع (مانند براوی و همکاران، [۳۷]؛ دانشور و همکاران، [۲۰۱۹]؛ [۹]) تغییرات قیمت تجهیزات و مصالح ساختمانی به عنوان ریسک م هم در هزینه‌های تدارکات کالا شناسایی شده و در کنار نرخ تورم به عنوان یک ریسک متمایز در نظر گرفته می‌شود. ادبیات مدیریت ریسک در پروژه‌های EPC نشان می‌دهد که این موضوع باید به دقت بررسی شود. تحقیقات و تجزیه و تحلیل‌های بیشتری با تمرکز بر این عامل ریسک برای درک کامل تأثیر و استراتژی‌های کاهش آن ضروری است.

2. Yang et al.

3. Nurdiana and Susanti

- **تغییرات تورم و تأثیر آن بر ارقام بودجه:** این ریسک تحت ریسک هزینه‌ها و بودجه قرار دارد. نوسانات تورمی در طول اجرای پروژه‌های EPC می‌تواند بر هزینه‌های پیش‌بینی‌شده تأثیر بگذارد و باید در بودجه‌بندی و برآورد هزینه‌ها لحاظ شود. این ریسک با یکپارچگی مرتبط است، زیرا نوسانات تورمی می‌تواند بر هماهنگی بین بخش‌های طراحی، تأمین تجهیزات و ساخت تأثیر بگذارد.

- **اعمال فشار کارفرما بر توقف اجرای کار:** این ریسک تحت ریسک مدیریت پروژه، ریسک تحویل و راه‌اندازی قرار دارد. فشار کارفرما به دلایل مختلف می‌تواند منجر به توقف کار و تأخیر در تحویل پروژه ویا افزایش هزینه‌ها شود؛ که این امر یکپارچگی پروژه را مختل نموده و می‌تواند هماهنگی بین مراحل مختلف را به هم بریزد.

- **افزایش قیمت تجهیزات و مصالح ساختمانی:** این ریسک تحت ریسک تأمین تجهیزات و مواد قرار دارد. نوسانات قیمت تجهیزات و مصالح می‌تواند بر هزینه‌های پیمانکار تأثیر بگذارد و باید در برآورد هزینه‌ها تدارکات در نظر گرفته شود. افزایش قیمت‌ها می‌تواند تأمین به موقع تجهیزات و مصالح و هماهنگی آن‌ها با طراحی و ساخت را تحت تأثیر قرار دهد.

- **تأخیر در پرداخت مالی به موقع:** این ریسک تحت ریسک هزینه‌ها و بودجه می‌باشد. تأخیر در پرداخت مالی توسط کارفرما می‌تواند مشکلات نقدینگی و افزایش هزینه‌های مالی برای پیمانکار EPC ایجاد نماید. این ریسک باید در قرارداد و مدیریت مالی پروژه لحاظ شود. تأخیر در پرداخت‌ها می‌تواند بر تأمین به موقع منابع مالی و هماهنگی بین مراحل پروژه تأثیر بگذارد و از این رو بر یکپارچگی پروژه‌های EPC مؤثر است.

- **ریسک‌های مربوط طراحی و مهندسی:** ریسک‌های مربوط طراحی و اجرای طرح شامل وجود عوامل ناهمخوان، استفاده از استانداردهای فرعی، ایرادات در طراحی اولیه، اعمال مدیریت مهندسی غیرمؤثر می‌شود. این ریسک‌ها می‌توانند هزینه‌ها و تأخیراتی در فرآیند مدیریت پروژه ایجاد کنند.

به همین ترتیب استدلال مشابه برای سایر ریسک‌های مطرح شده قابل طرح می‌باشد. در کل، همه این ریسک‌ها می‌توانند بر یکپارچگی و هماهنگی بین اجزای مختلف پروژه EPC تأثیر بگذارند و باید در مدیریت یکپارچه پروژه مورد توجه قرار گیرند.

**انتخاب ریسک‌های اصلی بر مبنای روش دلفی فازی.** پرسش‌نامه دلفی با ۱۵ ریسک، مطابق با بر جدول ۵، بین ۵ خبره شرکت مورد بررسی توزیع شده و خبرگان نظرات خود در دو گام اعلام می‌کنند. هیچ توافقی درباره تعداد خبرگان در تکنیک دلفی وجود ندارد، اما در بیشتر مطالعات، ۵ تا ۱۰ نفر یا ۶ تا ۱۲ نفر توصیه شده است. در برخی از مطالعات موردی و خاص، از ۵ تا ۷ خبره برای اجرای روش دلفی فازی استفاده شده و نتایج قابل اعتمادی به دست آمده است. بنابراین، با توجه به تجربیات گذشته و ویژگی‌های مطالعه حاضر در زمینه پروژه‌های صنعت نفت، استفاده از ۵ خبره با تخصص و تجربه مناسب در روش دلفی فازی می‌تواند کافی و جامع باشد (مانند ساعتی، ۲۰۰۲، ۱۹۹۰، ۱۹۸۰ [۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۲]). اگر این خبرگان به طور کامل با موضوع آشنا باشند، نظرات آنها می‌تواند به نتایج قابل اعتماد و جامعی منجر شود (مانند ساعتی و اوزدمیر، ۲۰۱۴ [۴۲]؛ حبیبی و همکاران، ۲۰۱۴ [۱۸]؛ هت موکو و کسانانی، ۲۰۱۹ [۱۷]). تیم ۵ نفره خبره در پژوهش حاضر، دارای تخصص و تجربه لازم در حوزه مدیریت پروژه‌های EPC در صنعت نفت و گاز هستند. در موضوعات محدود و خاص، ۵ خبره با تخصص مرتبط می‌تواند به نتایج مناسبی دست یابند. به علاوه اینکه، استفاده از ۵ خبره با تجربه و تخصص بالا مزایای صرفه‌جویی در زمان و هزینه را به همراه دارد، بدون اینکه کیفیت نتایج به طور چشمگیری کاهش یابد.

برای سنجش پایایی پرسش‌نامه پژوهش، نتایج محاسبه ضریب آلفای کرونباخ با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS<sup>۴</sup> در شکل ۵ آورده شده است. مقدار ضریب آلفا در ستون اول (۰.۹۵۴) نشان‌دهنده سازگاری درونی خوب ۱۵ گویه پرسش‌نامه هستند. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پرسش‌نامه از سطح پایایی مطلوبی قرار برخوردار است.

1. Saaty and Özdemir

2. Habibi et al.

3. Hatmoko and Khasani

4. Statistical Package for the Social Sciences

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.954	.957	15

شکل ۵. نتیجه سنجش پایایی (سازگاری درونی) پرسشنامه بر حسب آلفای کرونباخ  
منبع: یافته‌های تحقیق

میانگین نظر خبرگان در هر دو گام محاسبه شده و این اطلاعات به اعداد فازی مثلثی تبدیل شده و میانگین فازی هندسی محاسبه گردیده است. پس از دستیابی به مقدار فازی‌زدایی شده نظر خبرگان، اختلاف مقادیر قطعی نظر خبرگان در گام‌های اول و دوم محاسبه شده است. اگر مقدار بدست آمده نزدیک به عدد صفر و کمتر از ۰.۵ باشد، پرسش‌نامه در گام دوم متوقف شده و دیگر نیازی به ارسال مجدد پرسش‌نامه برای نخواهد بود. دو گام به طور خلاصه به شرح ذیل می‌باشد.

در گام اول جهت جمع‌آوری نظرات خبرگان، پرسشنامه دلفی فازی با ۱۵ ریسک در اختیار ۵ خبره قرار گرفته است. خبرگان نظرات خود را در مورد هر یک از ریسک‌ها به صورت اعداد فازی مثلثی ارائه کرده‌اند. پس از آن، میانگین این نظرات محاسبه و به صورت اعداد فازی مثلثی نمایش داده شده است. گام دوم، مربوط به محاسبه میانگین فازی هندسی است. در این مرحله، میانگین فازی هندسی نظرات خبرگان محاسبه می‌شود. برای این منظور، ابتدا اعداد فازی مثلثی محاسبه شده در گام اول فازی‌زدایی شده و سپس اختلاف مقادیر قطعی نظر خبرگان در گام‌های اول و دوم محاسبه می‌گردد. این دو گام به محققان امکان می‌دهد تا با استفاده از نظرات فازی خبرگان، به تحلیل و ارزیابی ریسک‌ها بپردازند. همچنین، محاسبه میانگین فازی هندسی به افزایش دقت و قابلیت اعتماد نتایج کمک می‌کند. اطلاعات مربوطه مقادیر نظر خبرگان در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶. مقادیر نظر خبرگان در گام‌های دلفی فازی

ریسک	میانگین فازی خبرگان در گام اول	میانگین فازی خبرگان در گام دوم	مقدار قطعی نظر خبرگان در گام اول	مقدار قطعی نظر خبرگان در گام دوم	اختلاف مقادیر دو گام
E <sub>1</sub>	[۷.۷۹, ۷.۱۴, ۵.۵]	[۷.۷۹, ۶.۹۷, ۵.۵]	۷.۰۰	۶.۸۶	۰.۱۴
E <sub>2</sub>	[۸.۵۶, ۷.۲۵, ۴.۷۶]	[۸.۹۶, ۷.۹۷, ۵.۴۷]	۷.۱۲	۷.۱۲	۰.۰۰
E <sub>3</sub>	[۸.۱۲, ۶.۹۴, ۶.۳۲]	[۷.۹۵, ۷.۱۳, ۶.۷۶]	۷.۰۳	۷.۲۱	۰.۱۸
E <sub>4</sub>	[۸.۹۳, ۶.۷۶, ۵.۴۷]	[۸.۹۳, ۷.۱۱, ۵.۴۷]	۶.۹۱	۷.۱۴	۰.۲۳
E <sub>5</sub>	[۸.۷۲, ۷.۵۱, ۵.۳]	[۸.۷۲, ۷.۵۱, ۵.۵۸]	۷.۳۴	۷.۳۹	۰.۰۵
P <sub>1</sub>	[۹.۱۲, ۷.۴۹, ۶.۱۳]	[۹.۱۲, ۷.۴۹, ۶.۳۲]	۷.۵۳	۷.۵۶	۰.۰۳
P <sub>2</sub>	[۹.۳۹, ۶.۷۶, ۵.۰۷]	[۹.۵۹, ۶.۹۲, ۵.۲۱]	۶.۹۲	۷.۰۸	۰.۱۶
P <sub>3</sub>	[۸.۳۱, ۶.۴۱, ۴.۳۲]	[۸.۴۹, ۶.۴۱, ۴.۶۲]	۶.۲۸	۶.۴۶	۰.۰۸
P <sub>4</sub>	[۷.۱۶, ۵.۱۴, ۳.۵۹]	[۷.۳۵, ۵.۳۸, ۴.۱۳]	۵.۲۲	۵.۵۰	۰.۲۸
P <sub>5</sub>	[۶.۸۵, ۴.۹۶, ۳.۱]	[۶.۸۵, ۵.۳, ۳.۴۴]	۴.۹۷	۵.۲۵	۰.۲۸
C <sub>1</sub>	[۷.۸۷, ۴.۹۶, ۳.۱۳]	[۷.۸۷, ۵.۱۴, ۳.۱۴]	۵.۱۴	۵.۳۱	۰.۱۷
C <sub>2</sub>	[۸.۱۶, ۵.۵, ۴.۱۸]	[۸.۱۶, ۵.۶۷, ۴.۳۴]	۵.۷۳	۵.۸۷	۰.۱۴
C <sub>3</sub>	[۷.۷۹, ۵.۲۶, ۳.۴۴]	[۸.۱۶, ۵.۴۳, ۳.۵۷]	۵.۴۱	۵.۵۷	۰.۱۶
C <sub>4</sub>	[۹.۳۶, ۷.۵۱, ۵.۶۵]	[۹.۱۷, ۷.۷۹, ۶.۰۴]	۷.۵۱	۷.۷۳	۰.۲۲



ریسک	میانگین فازی خبرگان در گام اول	میانگین فازی خبرگان در گام دوم	مقدار قطعی نظر خبرگان در گام اول	مقدار قطعی نظر خبرگان در گام دوم	اختلاف مقادیر دو گام
C <sub>5</sub>	[۹.۳۹, ۷.۷۶, ۶.۵۵]	[۹.۳۹, ۷.۹۵, ۶.۹۴]	۷.۸۳	۸.۰۲	۰.۱۹

منبع: یافته‌های تحقیق

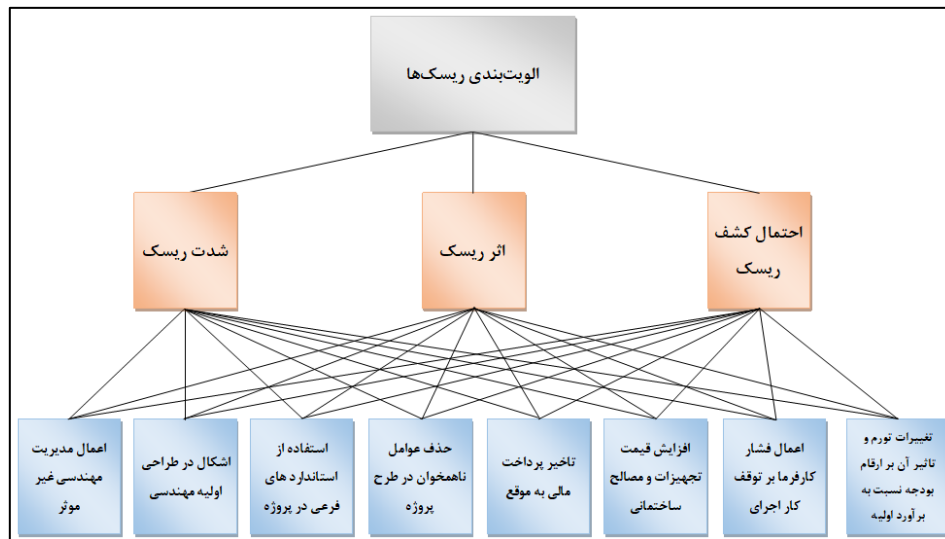
برای ریسک‌های شناسایی شده پروژه‌های EPC شرکت مورد مطالعه، باید اعداد فازی‌زدایی شده گام دوم را با یک عدد حد آستانه مقایسه نمود. هر عدد فازی‌زدایی شده که بزرگتر یا مساوی حد آستانه باشد، به عنوان ریسک اصلی پروژه‌های EPC در نظر گرفته می‌شود. در روش دلفی فازی مقدار ۰.۷ به عنوان حد آستانه در نظر گرفته می‌شود که از ۱ محاسبه می‌گردد (چانگ<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶ [۷]). بنابراین، ریسک پروژه‌هایی که از اعداد فازی‌زدایی شده آن‌ها بزرگتر یا مساوی ۰.۷ باشد، به عنوان ریسک‌های اصلی شناسایی می‌شوند. بنابراین، ریسک‌های شناسایی شده مرتبط با مهندسی، تدارکات و ساخت، براساس روش دلفی فازی، در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷. ریسک‌های شناسایی شده مهندسی، تدارکات و ساخت منتج از روش دلفی فازی

ریسک‌ها	نماد	طبقه ریسک‌ها
اعمال مدیریت مهندسی غیر موثر	R <sub>1</sub>	مهندسی
اشکال در طراحی اولیه مهندسی	R <sub>2</sub>	
استفاده از استانداردهای فرعی در پروژه	R <sub>3</sub>	
حذف عوامل ناهمخوان در طرح پروژه	R <sub>4</sub>	
تاخیر پرداخت مالی به موقع	R <sub>5</sub>	تدارکات
افزایش قیمت تجهیزات و مصالح ساختمانی	R <sub>6</sub>	
اعمال فشار کارفرما بر توقف کار اجرایی	R <sub>7</sub>	بهره‌وری و اجرا (ساخت)
نرخ تورم و تاثیر آن بر ارقام بودجه نسبت به برآورد اولیه	R <sub>8</sub>	

منبع: یافته‌های تحقیق

ساختار سلسله مراتبی ریسک‌ها بر اساس شدت ریسک، اثر (تعداد وقوع) ریسک و احتمال کشف ریسک. در این پژوهش، پس از ارزیابی و شناسایی ریسک‌ها، این عوامل از منظر سلسله مراتبی و بر اساس ۳ عامل شدت ریسک، اثر ریسک و احتمال کشف ریسک مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بررسی از طریق نظرسنجی از ۵ خبره، بر مبنای ساختار شکل ۶ انجام شده است.



شکل ۶. ساختار سلسله مراتبی معیارها و ریسک‌ها (گزینه‌ها)  
منبع: یافته‌های تحقیق

رتبه‌بندی ریسک‌ها بر اساس تحلیل سلسله مراتبی فازی و مبتنی بر عدد ریسک. پس از شناسایی ریسک‌ها، جهت اولویت‌بندی آن‌ها، فرم پرسش‌نامه دیگری بین ۵ خبره توزیع گردیده است. ماتریس میانگین هندسی مقایسات زوجی نسبت به هدف و نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی به ترتیب در جداول ۸ و ۹ ارائه شده است.

جدول ۸. میانگین هندسی مقایسات زوجی نسبت به هدف

شدت ریسک (S)	اثر ریسک (O)	احتمال کشف ریسک (D)
۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۹. نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی نسبت به هدف

ماتریس مقادیر میانی	ماتریس مقادیر هندسی
۰.۲۰۳۹	۰.۰۵۰۲
۰.۴۸۹۰ ([34])	۰.۱۷۹۶
۰.۰۹۹۷	۰.۰۰۹۰

منبع: [۳۶] و یافته‌های تحقیق

مقدار شاخص ناسازگاری تصادفی برای ماتریس‌های مقادیر میانی و هندسی به ترتیب برابر با ۰.۴۸۹۰ و ۰.۱۷۹۶ فرض شده است. نرخ ناسازگاری برای هر دو ماتریس مزبور کمتر از ۰.۱ بدست آمده که نشان‌دهنده مطلوب بودن نرخ ناسازگاری است. ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها (ریسک‌ها) نسبت به معیارهای شدت ریسک (F<sub>1</sub>)، اثر ریسک (F<sub>2</sub>) و احتمال کشف ریسک (F<sub>3</sub>) به ترتیب در جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲ آورده شده است. مقادیر نرخ ناسازگاری نیز در جدول ۱۲ ارائه شده و نتایج جدول ۱۳ نشان می‌دهد که مقادیر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰.۱ بدست آمده و در سطح مطلوبی قرار دارد [۷].

جدول ۱۰. ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار شدت ریسک

	R8		R7		R6		R5		R4		R3		R2		R1		F1								
R1	۲.۹۳	۲.۶۵	۲.۲۴	۳.۱۰	۳.۰۰	۲.۷۱	۲.۶۵	۲.۳۹	۲.۰۲	۲.۸۵	۲.۳۹	۱.۹۲	۲.۳۹	۲.۰۲	۱.۱۲	۲.۸۵	۲.۳۷	۲.۰۹	۲.۱۴	۱.۵۵	۱.۵۱	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	R1
R2	۱.۷۳	۱.۳۹	۱.۰۰	۱.۸۲	۱.۲۵	۱.۰۰	۲.۰۲	۱.۴۶	۱.۱۲	۱.۳۹	۱.۱۲	۱.۰۰	۲.۳۹	۲.۲۰	۱.۸۲	۲.۰۴	۲.۰۴	۱.۷۲	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۶۶	۰.۶۴	۰.۴۷	R2
R3	۲.۸۵	۲.۵۴	۲.۰۹	۱.۹۲	۱.۳۹	۱.۰۰	۲.۷۸	۲.۵۶	۲.۱۲	۲.۵۶	۲.۳۹	۱.۹۲	۱.۸۲	۱.۲۵	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۸	۰.۴۹	۰.۴۹	۰.۴۸	۰.۴۲	۰.۳۵	R3
R4	۲.۰۲	۱.۵۴	۱.۱۲	۱.۳۹	۱.۲۵	۱.۰۰	۲.۴۷	۲.۳۱	۱.۸۲	۱.۹۲	۱.۳۹	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۸۰	۰.۵۵	۰.۵۵	۰.۴۶	۰.۴۲	۰.۹۰	۰.۵۰	۰.۴۲	R4	
R5	۲.۵۱	۲.۴۱	۲.۲۳	۲.۳۱	۱.۸۱	۱.۲۵	۲.۸۲	۲.۴۷	۲.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۷۲	۰.۵۲	۰.۵۲	۰.۴۲	۰.۳۹	۱.۰۰	۰.۹۰	۰.۷۲	۰.۵۲	۰.۴۲	۰.۳۵	R5	
R6	۲.۴۹	۲.۴۱	۲.۲۹	۱.۵۵	۱.۱۲	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	۰.۴۰	۰.۳۵	۰.۵۵	۰.۴۳	۰.۴۰	۰.۴۷	۰.۳۹	۰.۳۶	۰.۹۰	۰.۶۸	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۴۲	۰.۳۸	R6
R7	۲.۷۹	۲.۴۹	۱.۹۷	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۹۰	۰.۶۴	۰.۸۰	۰.۵۵	۰.۴۳	۱.۰۰	۰.۸۰	۰.۷۲	۱.۰۰	۰.۷۲	۰.۵۲	۱.۰۰	۰.۸۰	۰.۵۵	۰.۳۷	۰.۳۳	۰.۳۲	R7
R8	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۱	۰.۴۰	۰.۳۶	۰.۴۴	۰.۴۲	۰.۴۰	۰.۴۵	۰.۴۲	۰.۴۰	۰.۹۰	۰.۶۵	۰.۵۰	۰.۴۸	۰.۳۹	۰.۳۵	۱.۰۰	۰.۷۲	۰.۵۸	۰.۴۵	۰.۳۸	۰.۳۴	R8

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۱. ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اثر ریسک

	R8		R7		R6		R5		R4		R3		R2		R1		F2								
R1	۲.۶۳	۲.۴۶	۲.۱۳	۲.۷۴	۲.۴۶	۲.۱۳	۲.۴۶	۲.۱۹	۱.۸۸	۲.۵۱	۲.۱۹	۱.۸۸	۲.۱۹	۱.۶۳	۱.۱۰	۲.۵۷	۲.۱۹	۱.۷۰	۲.۰۳	۱.۴۹	۱.۱۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	R1
R2	۱.۶۴	۱.۳۵	۱.۰۰	۱.۷۲	۱.۲۲	۱.۰۰	۱.۸۸	۱.۴۷	۱.۲۲	۱.۳۵	۱.۱۰	۱.۰۰	۲.۲۶	۲.۰۳	۱.۷۲	۲.۲۶	۲.۰۳	۱.۵۵	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۹۱	۰.۶۷	۰.۴۹	R2
R3	۲.۶۵	۲.۴۴	۲.۰۹	۱.۶۳	۱.۳۵	۱.۰۰	۲.۵۷	۲.۳۸	۲.۰۳	۲.۳۳	۲.۱۹	۱.۷۲	۱.۷۲	۱.۳۵	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۶۴	۰.۴۹	۰.۴۴	۰.۵۹	۰.۴۶	۰.۳۹	R3
R4	۱.۹۷	۱.۶۳	۱.۱۰	۱.۳۵	۱.۱۰	۱.۰۰	۲.۳۳	۲.۱۹	۱.۸۰	۱.۸۰	۱.۴۹	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۷۴	۰.۵۸	۰.۵۸	۰.۴۹	۰.۴۴	۰.۹۱	۰.۶۱	۰.۴۶	R4	
R5	۲.۷۷	۲.۵۱	۲.۱۹	۲.۱۹	۱.۹۷	۱.۲۲	۲.۷۱	۲.۵۱	۲.۲۶	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۶۷	۰.۵۶	۰.۵۸	۰.۴۶	۰.۴۳	۱.۰۰	۰.۹۱	۰.۷۴	۰.۵۳	۰.۴۶	۰.۴۰	R5
R6	۲.۷۷	۲.۶۳	۲.۳۸	۱.۳۵	۱.۱۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۴۴	۰.۴۰	۰.۳۷	۰.۵۶	۰.۴۶	۰.۴۳	۰.۴۹	۰.۴۲	۰.۳۹	۰.۸۲	۰.۶۸	۰.۵۳	۰.۵۳	۰.۴۶	۰.۴۱	R6
R7	۲.۶۵	۲.۵۱	۲.۱۹	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۹۱	۰.۷۴	۰.۸۲	۰.۵۱	۰.۴۶	۱.۰۰	۰.۹۱	۰.۷۴	۱.۰۰	۰.۷۴	۰.۶۱	۱.۰۰	۰.۸۲	۰.۵۸	۰.۴۷	۰.۴۱	۰.۳۷	R7
R8	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۴۶	۰.۴۰	۰.۳۸	۰.۴۲	۰.۳۸	۰.۳۶	۰.۴۶	۰.۴۰	۰.۳۶	۰.۹۱	۰.۶۱	۰.۵۱	۰.۴۸	۰.۴۱	۰.۳۸	۱.۰۰	۰.۷۴	۰.۶۱	۰.۴۷	۰.۴۱	۰.۳۸	R8

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۲. ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار احتمال کشف ریسک

	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	F3															
R1	۲.۵۷	۲.۴۶	۲.۱۳	۲.۷۷	۲.۶۹	۲.۴۶	۲.۴۶	۲.۱۹	۱.۹۷	۲.۴۶	۲.۱۳	۱.۸۰	۲.۱۳	۱.۶۳	۱.۱۰	۲.۵۱	۲.۱۹	۱.۷۸	۱.۹۴	۱.۴۱	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
R2	۱.۶۴	۱.۴۹	۱.۰۰	۱.۷۲	۱.۱۰	۱.۰۰	۱.۸۰	۱.۲۸	۱.۱۰	۱.۴۹	۱.۲۲	۱.۰۰	۲.۱۹	۱.۸۸	۱.۶۴	۲.۱۹	۱.۹۷	۱.۴۹	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۷۱	۰.۵۲
R3	۲.۶۵	۲.۴۹	۲.۱۶	۱.۵۵	۱.۳۵	۱.۰۰	۲.۵۷	۲.۳۸	۲.۰۳	۲.۳۳	۲.۱۹	۱.۷۲	۱.۷۲	۱.۴۹	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۶۷	۰.۵۱	۰.۴۶	۰.۵۶	۰.۴۶	۰.۴۰
R4	۱.۹۷	۱.۷۰	۱.۲۲	۱.۳۵	۱.۱۰	۱.۰۰	۲.۳۳	۲.۱۹	۱.۸۰	۱.۸۰	۱.۴۹	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۶۷	۰.۵۸	۰.۶۱	۰.۵۳	۰.۴۶	۰.۹۱	۰.۶۱	۰.۴۷
R5	۲.۷۹	۲.۶۹	۲.۵۷	۲.۲۶	۱.۹۷	۱.۳۵	۲.۶۹	۲.۴۶	۲.۱۹	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۶۷	۰.۵۶	۰.۵۸	۰.۴۶	۰.۴۳	۱.۰۰	۰.۸۲	۰.۶۷	۰.۵۶	۰.۴۷	۰.۴۱
R6	۲.۷۷	۲.۶۹	۲.۴۴	۱.۳۵	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۴۶	۰.۴۱	۰.۳۷	۰.۵۶	۰.۴۶	۰.۴۳	۰.۴۹	۰.۴۲	۰.۳۹	۰.۹۱	۰.۷۸	۰.۵۶	۰.۵۱	۰.۴۶	۰.۴۱
R7	۲.۶۸	۲.۵۷	۲.۲۶	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۷۴	۰.۷۴	۰.۵۱	۰.۴۴	۱.۰۰	۰.۹۱	۰.۷۴	۱.۰۰	۰.۷۴	۰.۶۴	۱.۰۰	۰.۹۱	۰.۵۸	۰.۴۱	۰.۳۷	۰.۳۶
R8	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰	۰.۴۴	۰.۳۹	۰.۳۷	۰.۴۱	۰.۳۷	۰.۳۶	۰.۳۹	۰.۳۷	۰.۳۶	۰.۸۲	۰.۵۹	۰.۵۱	۰.۴۶	۰.۴۰	۰.۳۸	۱.۰۰	۰.۶۷	۰.۶۱	۰.۴۷	۰.۴۱	۰.۳۹

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۳. نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیارها

	نسبت به معیار شدت ریسک		نسبت به معیار اثر ریسک		نسبت به معیار احتمال کشف ریسک	
	ماتریس مقادیر میانی	ماتریس مقادیر هندسی	ماتریس مقادیر میانی	ماتریس مقادیر هندسی	ماتریس مقادیر میانی	ماتریس مقادیر هندسی
شاخص ناسازگاری	۰.۰۷۲۳	۰.۰۶۵۵	۰.۰۷۲۴	۰.۰۶۱۸	۰.۰۷۲۴	۰.۰۶۱۸
شاخص ناسازگاری تصادفی ((۱۳۲))	۱.۳۴۱۰	۰.۴۱۶۴	۱.۳۴۱۰	۰.۴۱۶۴	۱.۳۴۱۰	۰.۴۱۶۴
نرخ ناسازگاری	۰.۰۹۷۰	۰.۰۲۷۳	۰.۰۹۷۱	۰.۰۲۵۷	۰.۰۹۷۱	۰.۰۲۵۷

منبع: یافته‌های تحقیق

پس از انجام محاسبات مقایسات زوجی و تایید ناسازگاری مقادیر، نتایج بردار وزنی ( $W'$ ) و بردار نرمال ( $W$ ) وزن در جدول ۱۴ ارائه شده است.

جدول ۱۴. بردار وزنی و بردار نرمال

ریسک/عوامل	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>8</sub>
W'	۱.۰۰۰۰	۰.۳۳۱۱	۰.۴۴۲۵	۰.۱۰۴۵	۰.۱۶۹۲	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰
W	۰.۴۸۸۵	۰.۱۶۱۸	۰.۲۱۶۱	۰.۰۵۱۰	۰.۰۸۲۶	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰
W'	۱.۰۰۰۰	۰.۴۷۳۹	۰.۵۲۶۵	۰.۲۱۹۶	۰.۳۵۳۷	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰
W	۰.۳۸۸۶	۰.۱۸۴۱	۰.۲۰۴۶	۰.۰۸۵۳	۰.۱۳۷۴	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰
W'	۱.۰۰۰۰	۰.۴۲۶۹	۰.۴۹۷۹	۰.۱۷۲۱	۰.۳۱۸۶	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰
W	۰.۴۱۴۰	۰.۱۷۶۸	۰.۲۰۶۱	۰.۰۷۱۲	۰.۱۳۱۹	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰

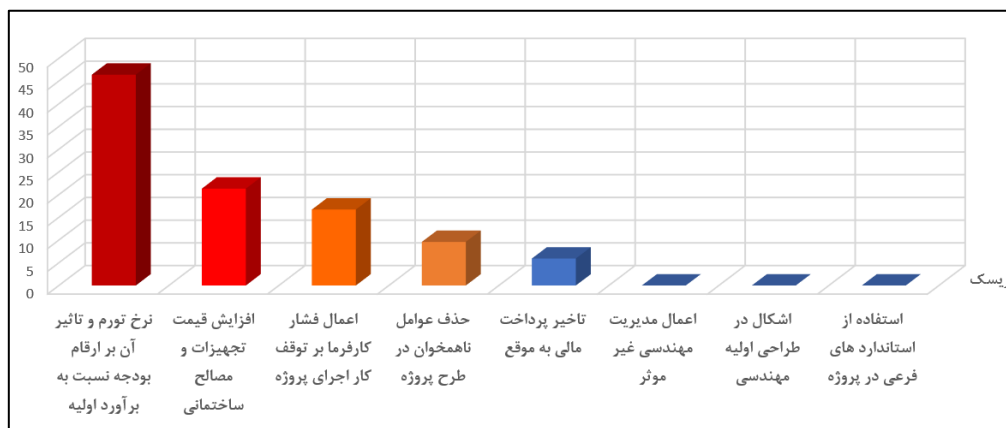
منبع: یافته‌های تحقیق

در نهایت، پس از وزن‌دهی نهایی، نتایج رتبه‌بندی ریسک‌های EPC پروژه‌های شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون در اهواز در جدول ۱۵ ارائه شده است. همچنین، نمودارهای اولویت‌بندی ریسک‌ها در شکل ۷ نمایش داده شده است.

جدول ۱۵. نتایج نهایی حاصل از اولویت‌بندی ریسک‌ها

ریسک	وزن	درصد وزنی
نرخ تورم و تاثیر آن بر ارقام بودجه نسبت به برآورد اولیه	R <sub>8</sub>	۴۶.۴۱
افزایش قیمت تجهیزات و مصالح ساختمانی	R <sub>6</sub>	۲۱.۳۳
اعمال فشار کارفرما بر توقف کار اجرای پروژه	R <sub>7</sub>	۱۶.۷۲
حذف عوامل ناهمخوان در طرح پروژه	R <sub>4</sub>	۹.۶۰
تاخیر پرداخت مالی به موقع	R <sub>5</sub>	۵.۹۴
اعمال مدیریت مهندسی غیر موثر	R <sub>1</sub>	۰.۰۰
اشکال در طراحی اولیه مهندسی	R <sub>2</sub>	۰.۰۰
استفاده از استانداردهای فرعی در پروژه	R <sub>3</sub>	۰.۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل ۷. اولویت‌بندی ریسک‌ها بر اساس وزن‌دهی

منبع: یافته‌های تحقیق

فرآیند جمع‌آوری داده‌ها از پروژه‌های شرکت‌های دولتی در صنعت نفت و گاز با چالش‌های خاصی روبرو است. پاسخ به پرسش‌نامه‌ها از منظر خبرگان و مدیران پروژه‌ها در این صنعت می‌تواند تا حدودی خارج از ظرفیت کارشناسان باشد. در این مطالعه، داده‌های مورد نیاز از طریق مصاحبه با خبرگان و مدیران متخصص در پروژه‌های EPC شرکت نفت و گاز کارون اهواز جمع‌آوری شده است. به دلیل محدودیت صفحات، تمام جزئیات پروژه‌های شرکت کارون در مقاله گنجانده نشده است. این پروژه‌ها به عنوان مطالعه موردی برای تحلیل ریسک در پروژه‌های EPC مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این پژوهش، از مشاوره، تخصص و تجربه ۵ کارشناس و مدیر پروژه این شرکت بهره گرفته شده است.

گام‌های مشخصی که برای گنجاندن پروژه‌های شرکت کارون در این پژوهش انجام شده است، شامل جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل ریسک‌ها و چالش‌های پیش روی این پروژه‌ها با استفاده ترکیبی از روش‌های دلفی فازی و AHP فازی مبتنی بر عدد اولویت ریسک است. همچنین، اعتبارسنجی یافته‌ها و نتایج نیز با همکاری خبرگان شرکت کارون انجام شده است. دلایل استفاده از پروژه‌های شرکت کارون به عنوان مطالعه موردی شامل چندین عامل است: ارتباط مستقیم پروژه‌های EPC با موضوع تحقیق، فرصت اعمال روش‌های پژوهش در یک محیط واقعی و عملی، و بینش‌ها و درس‌های ارزشمندی که از مطالعه شرکت کارون آموخته شده و می‌تواند به سایر پروژه‌های EPC تعمیم یابد.

### بحث و تلخیص یافته‌های تحقیق مبتنی بر اهداف پژوهش.

این پژوهش به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت (EPC) در شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون پرداخته و به دنبال ارائه راهکارهایی برای مدیریت مؤثر این ریسک‌ها توسط پیمانکاران می‌باشد. نتایج بخش یافته‌های پژوهش به طور کامل اهداف مذکور را پوشش می‌دهد و ریسک‌های اصلی پروژه‌های EPC را شناسایی و رتبه‌بندی نموده و راهکارهای مدیریتی مؤثری برای کاهش این ریسک‌ها در قسمت نتیجه‌گیری مقاله ارائه می‌دهد. این مطالعه با شناسایی شکاف‌های پژوهشی، یک چارچوب مفهومی جدید با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر دلفی فازی و آنالیز سلسله مراتبی فازی ارائه داده است. این مدل به شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌های مؤثر در پروژه‌های EPC کمک کرده و با نظرات خبرگان و روش دلفی فازی، ریسک‌های اصلی انتخاب و با روش FAHP رتبه‌بندی شده‌اند. برای افزایش دقت نظرات خبرگان، از سیستم فازی استفاده شده است.

با مرور دقیق ادبیات موضوع و نظرات خبرگان، ریسک‌های مختلف پروژه‌های EPC شامل ریسک‌های مراحل مهندسی، تدارکات و ساخت شناسایی شده‌اند. استفاده از روش آنالیز سلسله مراتبی فازی (FAHP) مبتنی بر عدد ریسک برای رتبه‌بندی ریسک‌ها، نشان دهنده اولویت‌بندی جامع و دقیق ریسک‌ها با در نظر گرفتن ابهام و عدم قطعیت در قضاوت‌های خبرگان است. اولویت‌بندی ریسک‌های اصلی مانند نرخ تورم، افزایش قیمت تجهیزات، فشار کارفرما، ناهمخوانی طرح پروژه و تأخیر در پرداخت مالی، نشان‌دهنده جامعیت مطالعه حاضر بوده و راهکارهای پیشنهادی برای کاهش این ریسک‌ها، به غنای این پژوهش افزوده است. بنابراین، این پژوهش با ارائه یک چارچوب نوآورانه و کاربرد آن در صنعت نفت و گاز، به شکل جامع و علمی به بررسی ریسک‌های پروژه‌های EPC در شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون پرداخته است. نتایج حاصل از این روش تحقیق به درک بهتر موضوع کمک کرده و به خوبی اهداف اصلی مطالعه را منعکس می‌سازد. می‌توان نکات کلیدی را به صورت ذیل خلاصه نمود.

- **شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های اصلی پروژه‌های EPC در شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون.** نتایج این بخش به استفاده از روش ترکیبی دلفی فازی و آنالیز سلسله مراتبی فازی مربوط می‌شود که به طور جامع ریسک‌های مؤثر را شناسایی و اولویت‌بندی کرده است. ریسک‌های اصلی پروژه‌های EPC شرکت مورد مطالعه به ترتیب اولویت شامل نرخ تورم و تأثیر آن بر بودجه، فشار کارفرما برای توقف کار، افزایش قیمت تجهیزات و مصالح، تأخیر در پرداخت مالی، استفاده از استانداردهای فرعی و ضعیف، ایرادات در طراحی اولیه و مدیریت ضعیف مهندسی پروژه تعیین شده است. شناسایی دقیق این ریسک‌ها به طور مستقیم با هدف اول پژوهش مرتبط بوده و به پیمانکاران کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی مناسبی برای مدیریت آن‌ها داشته باشند. برای مدیریت این ریسک‌ها، یک نقشه شناختی سناریومحور ارائه شده که به پیمانکاران کمک می‌کند تا سناریوهای مختلف را برای مواجهه با این ریسک‌ها طراحی

کنند. این راهکارها می‌تواند شامل برنامه‌ریزی دقیق، مدیریت قراردادها، تامین مالی، تدارکات و مدیریت ذینفعان باشد تا از بروز چالش‌های احتمالی جلوگیری شود. استفاده از ابزارهای تحلیلی مانند آنالیز سلسله مراتبی فازی و نقشه‌های شناختی سناریومحور به پیمانکاران در مدیریت مؤثر ریسک‌ها EPC کمک نموده و نقش بسزایی در موفقیت پروژه‌ها ایفا می‌کند.

- **راهکارهای مدیریتی پیشنهادی.** راهکارهای ارائه شده شامل برنامه‌ریزی دقیق، مدیریت قراردادها، تامین مالی، تدارکات و مدیریت ذینفعان است. این راهکارها به صورت هدفمند برای مقابله با ریسک‌های شناسایی شده طراحی شده‌اند و هدف اصلی آن‌ها پیشگیری از بروز چالش‌های احتمالی در پروژه‌های EPC است.
- **اهمیت استفاده از ابزارهای تحلیلی.** استفاده از ابزارهای تحلیلی مانند آنالیز سلسله مراتبی فازی مبتنی بر عدد ریسک و نقشه‌های شناختی سناریومحور به پیمانکاران در مدیریت مؤثر ریسک‌ها کمک می‌کند. این ابزارها نقش بسزایی در موفقیت پروژه‌های EPC ایفا می‌نمایند.

## ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف این پژوهش شناسایی و اولویت‌بندی ریسک پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون در اهواز است. نخست با مرور ادبیات موضوع و دریافت نظر خبرگان، ریسک‌ها شناسایی گردیده و سپس با توزیع پرسشنامه دلفی فازی شامل ۱۵ متغیر میان ۵ خبره، تعدادی از ریسک‌ها به عنوان ریسک‌های اصلی انتخاب شده‌اند. در گام بعدی با بهره‌گیری مجدد از نظرات خبرگان و روش آنالیز سلسله مراتبی فازی مبتنی بر عدد ریسک‌ها رتبه‌بندی گردیده‌اند.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که ریسک‌های پروژه‌های EPC شرکت مذکور به ترتیب اولویت شامل نرخ تورم و تاثیر آن بر ارقام بودجه، اعمال فشار کارفرما بر توقف کار، افزایش قیمت تجهیزات و مصالح، تاخیر در پرداخت مالی، وجود عوامل ناهمخوان و استفاده از استانداردهای فرعی و ایرادات در طراحی اولیه و اعمال مدیریت مهندسی غیر موثر هستند. این نتایج بیانگر آن است که بحرانی‌ترین ریسک‌ها مربوط به عوامل اقتصادی مانند تورم و افزایش قیمت و همچنین مسائل مدیریت پروژه مانند فشار کارفرما، تأخیر در پرداخت‌ها و مشکلات طراحی و مدیریت ناکارآمد مهندسی پروژه است. این اولویت‌بندی ریسک‌ها بینش‌های ارزشمندی را برای شرکت نفت و گاز کارون فراهم می‌کند تا تلاش‌های مدیریت ریسک خود را بر مهم‌ترین تهدیدها متمرکز کرده و عملکرد و نتایج پروژه‌های EPC خود را بهبود بخشد.

بر اساس اطلاعات ارائه شده، تحلیلی از ریسک‌های کلیدی در پروژه‌های EPC (مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز) شرکت نفت و گاز کارون و راهکارهای پیشنهادی برای کاهش اثرات آن‌ها به ترتیب اولویت به شرح ذیل است:

**نرخ تورم و تاثیر آن بر ارقام بودجه.** این ریسک به عنوان بالاترین ریسک شناسایی شده و نشان دهنده تأثیر مالی قابل توجه تورم بر بودجه پروژه می‌باشد. برای کاهش خطرات مرتبط با تورم، برنامه ریزی مؤثر و تدابیر اضطراری ضروری است. در ادامه، تعدادی از تدابیر برای کاهش تأثیر این ریسک ارائه می‌شود:

- *استفاده از ابزارهای پوشش ریسک:* با استفاده از قراردادهای آتی، اختیار معامله و سایر ابزارهای مالی، می‌توان تاثیر نوسانات قیمت نفت، دستمزدها و هزینه‌های عملیاتی را پیش‌بینی و کاهش داد.
- *تعدیل بودجه بر اساس شاخص تورم:* جهت حفظ قدرت خرید، توصیه می‌شود که بودجه‌ها به صورت دوره‌ای بر اساس شاخص‌های تورم مورد بازبینی و تعدیل قرار گیرند.
- *انعطاف‌پذیری در قراردادها:* قراردادها با شرکای تجاری باید به گونه‌ای طراحی شوند که شامل بندهای تعدیل قیمت باشند تا در صورت افزایش تورم، امکان تعدیل هزینه‌ها وجود داشته باشد.

۱- راهکارهای پیشنهادی کاهش ریسک‌های کلیدی در پروژه‌های EPC شرکت نفت و گاز کارون شامل اعتبار سنجی آنها بر اساس تحقیقات دانشگاهی و صنعتی، بهترین شیوه‌های صنعت و تعامل با خبرگان و مدیران پروژه‌های این شرکت بوده است.

- **بودجه احتیاطی:** برای مقابله با نوسانات غیر منتظره ناشی از تورم، تخصیص بخشی از بودجه به عنوان ذخیره احتیاطی توصیه می‌شود.
- **فشار کارفرما برای توقف اجرای کار:** این ریسک به مدیریت پروژه و چالش‌های مرتبط با ذینفعان شرکت مربوط می‌شود. ارتباطات پیشگیرانه، شرایط قرارداد روشن، و حاکمیت پروژه موثر می‌تواند به مدیریت نفوذ کارفرما و جلوگیری از توقف کار کمک کند. در خصوص کاهش یا حذف ریسک مزبور راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:
  - **تعیین شرایط دقیق در قرارداد:** به منظور جلوگیری از ابهامات و فشارهای ناخواسته در طول اجرای پروژه، شرایط دقیق و کامل در قرارداد منعقد با کارفرما لحاظ گردد.
  - **استفاده از مکانیسم‌های تضمین‌کننده:** استفاده از مکانیسم‌هایی مانند تضمین‌ها و بیمه‌نامه‌ها برای مدیریت و کاهش ریسک اعمال فشار و توقف کار پروژه می‌تواند مفید باشد.
  - **تعیین مرزهای مسئولیت:** تعیین دقیق مرزهای مسئولیت و اختیارات طرفین پروژه به منظور جلوگیری از اعمال فشار نامناسب ضروری می‌نماید.
  - **گزارش دهی منظم:** راه‌اندازی سامانه‌های گزارش‌دهی منظم و دقیق برای اطلاع‌رسانی به کارفرما در خصوص پیشرفت کار پروژه و هر گونه مسائل قابل توجه به صورت حرفه‌ای، باید در دستور کار قرار گیرد.
- **افزایش قیمت تجهیزات و مصالح ساختمانی:** این ریسک ارتباط نزدیکی با ریسک تورم دارد و می‌تواند منجر به افزایش قابل توجه هزینه‌ها و چالش‌های بودجه شود. به غیر از استراتژی‌هایی مانند، خرید عمده و یا مدیریت تدارکات موثر، برای کاهش یا حذف ریسک مزبور در صنایع نفت و گاز، می‌توان از راهکارهای زیر استفاده نمود:
  - **قراردادهای بلندمدت تامین‌کنندگان:** انعقاد قراردادهای طولانی مدت با تامین‌کنندگان کالا و تجهیزات به منظور تثبیت قیمت‌ها، می‌تواند به کاهش اثرات ناشی از افزایش ناگهانی یا نوسانات قیمت تجهیزات و مصالح کمک نماید.
  - **استفاده از ابزارهای مالی:** بهره‌گیری از ابزارهای مالی مانند قراردادهای آتی و گزینه‌های خرید (options) برای محافظت در برابر نوسانات قیمت مصالح و توصیه می‌گردد.
  - **تنوع منابع تأمین:** استفاده از تنوع منابع تأمین مصالح و تجهیزات تا در صورت افزایش قیمت از منبع، بتوان تامین تجهیزات از منابع ارزانتر را جایگزین نمود.
  - **پیش‌بینی دقیق تقاضا:** استفاده از داده‌ها و تحلیل‌های مناسب برای پیش‌بینی دقیق تغییرات تقاضا و قیمت‌ها، که منجر به برنامه‌ریزی بهتر جهت تأمین و خرید مصالح و تجهیزات مورد نیاز می‌گردد.
- **تأخیر در پرداخت‌های مالی:** این ریسک می‌تواند اثرات آشنایی بر جریان نقدی پروژه، روابط تامین‌کننده منابع و اجرای کلی پروژه داشته باشد. در مورد کاهش یا حذف ریسک مذکور، راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:
  - **تعیین شرایط دقیق در قرارداد:** تعیین شرایط دقیق و مشخص در قراردادهای مالی به منظور تضمین پرداخت به موقع مورد نیاز است.
  - **ارتباط مداوم با سهامداران:** بایستی ارتباط مداوم با نهادهای مالی و مشتریان به منظور پیگیری و تسریع در پرداخت‌ها برقرار شود.
  - **مذاکره مستقیم:** برای تعیین شرایط و تسهیل در پرداخت‌های به موقع بهتر است مذاکرات مستقیم با نهادهای مالی انجام گیرد.
  - **ایجاد سیستم‌های مدیریت مالی دقیق:** توصیه می‌شود که برنامه‌ریزی دقیق بودجه و مدیریت مالی به منظور جلوگیری از وابستگی زیاد به پرداخت‌های موقت و کنترل بهینه چرخه درآمدها و هزینه‌ها صورت گیرد.
- **وجود عوامل ناهمخوان و استفاده از استانداردهای فرعی در پروژه:** این ریسک اهمیت طراحی، مهندسی و کنترل کیفیت پروژه را برجسته می‌کند. به غیر از پایبندی به استانداردهای صنعت، مدیریت پروژه موثر و فرآیندهای تضمین کیفیت قوی، درخصوص کاهش ریسک حذف عوامل ناهمخوان در پروژه، راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:



- تعیین اهداف واضح: اهداف و مسیر پروژه باید به صورت دقیق و واضح تعیین گردد تا از ناهمخوانی در اجرا جلوگیری شود.
- ارتباط مداوم: ارتباط مداوم و دقیقی باید ما بین اعضای تیم پروژه به منظور جلوگیری از نواقص و ناهمخوانی‌ها وجود داشته باشد.
- مدیریت تغییرات: ایجاد یک فرآیند مدیریت تغییرات که همه اعضای تیم بتوانند به طور هماهنگ در آن شرکت کنند.
- آموزش و آگاهی: به منظور جلوگیری از ناهمخوانی‌های احتمالی، بایستی آموزش‌های لازم جهت افزایش آگاهی تیم پروژه در خصوص اهداف و نقش‌هایشان ارائه گردد.

**نقص در طراحی اولیه.** ریسک‌های مرتبط با طراحی می‌تواند پیامدهای مهمی بر موفقیت و عملکرد کلی پروژه داشته باشند. بررسی‌های کامل طراحی، همکاری با کارشناسان موضوع، پیاده‌سازی فرآیندهای بهینه‌سازی برای بهبود کیفیت و کارایی طراحی، تحلیل ریسک و بازخورد مستمر می‌تواند به شناسایی و مدیریت ریسک‌های مرتبط با طراحی کمک کند.

**مدیریت ناکارآمد مهندسی پروژه.** این ریسک اهمیت مدیریت اثربخش پروژه و نظارت مهندسی را برجسته می‌کند. تقویت قابلیت‌های مدیریت پروژه، اجرای کنترل‌های مؤثر پروژه و اطمینان از رهبری مهندسی با تجربه می‌تواند به کاهش این ریسک کمک نماید. تحلیل ریسک‌های کلیدی پروژه‌های EPC شرکت نفت و گاز کارون، چندین حوزه حیاتی را شناسایی می‌کند که نیازمند تلاش‌های مدیریت ریسک متمرکز است:

**ریسک‌های اقتصادی:** عوامل اقتصادی مانند نرخ تورم و تاثیر آن بر بودجه پروژه‌ها و افزایش قیمت تجهیزات و مصالح ساختمانی بیشترین ریسک‌ها را تشکیل می‌دهند. این ریسک‌ها می‌تواند پیامدهای مالی قابل توجهی داشته باشند و نیازمند استراتژی‌های مدیریت هزینه مؤثر، از جمله برنامه‌ریزی احتمالی و قراردادهای بلندمدت تامین‌کننده منابع موردنیاز پروژه‌ها می‌باشند.

**خطرات ذینفعان:** فشار کارفرما برای توقف کار، اهمیت مدیریت روابط با ذینفعان و حفظ ارتباطات شفاف و را برجسته می‌کند. حاکمیت پروژه فعال و مدیریت ذینفعان می‌تواند به کاهش این خطرات کمک کند.

**ریسک‌های مدیریت پروژه:** تأخیر در پرداخت‌ها، عوامل ناسازگار و استفاده از استانداردهای ثانویه، نقص در طراحی اولیه، و مدیریت ناکارآمد پروژه، به بحرانی بودن شیوه‌های مدیریت پروژه اشاره دارند. تقویت کنترل‌های پروژه و فرآیندهای تضمین کیفیت و نظارت مهندسی می‌تواند این خطرات را کاهش دهد.

**مدیریت ریسک یکپارچه:** ماهیت بهم پیوسته این ریسک‌ها بر نیاز به رویکرد یکپارچه مدیریت ریسک تاکید می‌کند. با پرداختن به ریسک‌های اقتصادی، ذینفعان و مدیریت پروژه به شیوه‌ای جامع، شرکت نفت و گاز کارون می‌تواند انعطاف‌پذیری و موفقیت پروژه‌های EPC خود را افزایش دهد. تجزیه و تحلیل ریسک‌های کلیدی به شرکت نفت و گاز کارون کمک می‌کند تا استراتژی‌های مدیریت ریسک هدفمند را برای مقابله فعالانه با تهدیدهای مهم پروژه‌های EPC توسعه دهد. این امر منجر به بهبود نتایج پروژه، کاهش هزینه‌های اضافی، و ارتقاء عملکرد کلی پروژه خواهدگردید. در پژوهش‌های آتی با ترکیب روش‌هایی مانند آنالیز حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن فرآیند تحلیل شبکه می‌توان به ارزیابی و اولویت‌بندی دقیق ریسک‌های پروژه دست پرداخت. در نهایت بررسی و انتخاب روش‌های مناسب در خصوص هر کدام از پروژه‌های مهندسی، تدارکات، ساخت، باید با در نظر گرفتن شرایط هر پروژه اتخاذ گردد و استفاده از یک نسخه واحد برای تمام پروژه‌ها ممکن نمی‌باشد.

**تعارض منافع.** برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به‌عنوان شاهدهی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

## منابع

1. Al-Mhdawi, M. S. (2020). Proposed risk management decision support methodology for oil and gas construction projects. *The 10th International Conference on Engineering, Project, and Production Management*, 407-420.

2. Ataei, M. (2009). *Fuzzy multi-criteria decision-making*. Shahroud University of Technology (In Persian).
3. Berawi, M. A., Soepardi, A., Sayuti, M. S. (2020). Risk analysis on the equipment and material procurement process of engineering, procurement, and construction (EPC) projects. *International Journal of Real Estate Studies*, 14(1), 78-90.
4. Bi, X., Tan, H.-t. (2010). The study on risk assessment of EPC contractor based on fuzzy analytic hierarchy process. *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. 1129-1132.
5. Beiderbeck, D., Frevel, N., von der Gracht, H. A., Schmidt, S. L., Schweitzer, V. M. (2021). Preparing, conducting, and analyzing Delphi surveys: Cross-disciplinary practices, new directions, and advancements. *MethodsX*, 8.,1-20.
6. Cagno, E., Micheli, G. J. (2011). Enhancing EPC supply chain competitiveness through procurement risk management. *Risk Management*, 13(3), 147-180.
7. Chang, D.-Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655.
8. 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.
9. Daneshvar, M., Dori, B., Hashemkhani, S. (2019). EPC projects risk analysis using FMEA-ANP. *Organizational Resources Management Researchs*, 9(1), 73-92. (In Persian).
10. Dai, Y. and Solangi, Y. A. (2023). Evaluating and Prioritizing the Green Infrastructure Finance Risks for Sustainable Development in China. *Sustainability*, 15(9),7068, 1-18.
11. Dabbaghi, A., Ebrahimzadeh rajaei, S., Parvazdavani, M., and Gramai, Sh. (2024). A Comprehensive Approach for Assessing and Prioritizing EOR Risks: a Case Study of Water-based EOR in an Oil Field in Southwest Iran. *Journal of Petroleum Research*, 34(135), 103-117. (In Persian).
12. Dadkani, P., Heydari, O., Mahdaviifar, A., and Irandegani, M.Y.(2024). Investigating the most important potential risks in the activities of gas power plants(Bampur gas power plant), *Journal of Environmental Sciences Studies*, 8(4), 7449-7455 (In Persian).
13. Firouzi Jantigh, F., Esmailian, G., Hazavei, M. (2015). Fuzzy TOPSIS model for economic risk assessment of oil and gas EPC projects. *Journal of Industrial Management*, 10(32), 55-66. (In Persian).
14. Firouzi Jahantigh, F., Malmir, B., Aslani Avilaq, B. (2017). Economic risk assessment of EPC projects using fuzzy TOPSIS approach. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 27(2), 161-179 (In Persian).
15. Farmahini Farahani, A., Didekhani, H., Khalili-Damghani, K., Sarfaraz, A. H. (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. (In Persian).
16. Gupta, R., Das, B., Jain, K. (2021). Risk management of oil refinery construction project: an Indian case study. *International Journal of Project Organisation and Management*, 13(3), 218-244.
17. Hatmoko, J., Khasani, R. R. (2019). Mapping delay risks of EPC projects: A case study of a platform and subsea pipeline of an oil and gas project. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
18. Habibi, A., Sarafrazi, A. (2014). Delphi technique theoretical framework in qualitative. *International Journal of Engineering Science*, 3(4), 8-13. (In Persian).
19. Habibi, A., Firouzi Jahantigh, 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 (In Persian).
20. Hu, A. H., Hsu, C.-W., Kuo, T.-C., Wu, W.-C. (2009). Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 7142-7147.
21. Hoseinzadeh, M., Mehregan, M. R., Ghayoumi, H. (2021). Sustainable supply of rotating equipment parts in the oil industry using system dynamics meta-synthesis and strategic assumption surfacing and testing. *Industrial Management Perspective*, 11(3), 9-43. doi: 10.52547/jimp.11.3.9 (In Persian).
22. Hasanzadeh, A., Nilipour Tabatabaei, S. A., and Shekarchizadeh A. R. (2024). Analyze, Evaluate and Prioritize Risks of Outsourcing Projects in the Section of Procurement of Esfahan Province Gas Company. *Journal of Social Issues & Humanities*, 2(9). 2345-2633.
23. Joula, J. and Oshrieh, M.H. (2024). Identifying and Prioritizing the Risks of Crude Oil and Gas Condensate Deposit Certificates in the Iran Energy Exchange, Using the Fuzzy Hierarchical Analysis. *Journal of Financial Management Knowledge*, 1(1), 43-54. (In Persian).
24. Kabirifar, K., Mojtahedi, M. (2019). The impact of engineering, procurement and construction (EPC) phases on project performance: A case of large-scale residential construction project. *Buildings*, 9(1), 15. (In Persian).
25. Khedry, H., Jamali, G., Ghorbanpour, A. (2020). A mixed approach for evaluation preventive maintenance performance based on anti-fragility factors. *Research in Production and Operations Management*, 11(3), 73-94. (In Persian).

26. Lopez, D., Manogaran, G., Gunasekaran, D. (2015). Assessment of vaccination strategies using fuzzy multi-criteria decision making. *Springer International Publishing*, 415, 195-208.
27. Merrow, E. W. (2012). Oil and gas industry megaprojects: Our recent track record. *Oil & Gas Facilities*, 1(2), 38-42.
28. Mubin, S. (2013). Innovative approach to risk analysis and management of oil and gas sector EPC contracts from a contractor's perspective. *Journal of Business & Economics*, 5(2), 149-170. (In Persian)
29. Murray, T. J., Pipino, L. L., Gigch, J. P. (1985). The application of the fuzzy Delphi technique to the required aspect of parental involvement in the effort to inculcate positive attitude among preschool children. *Human System Management*, 5, 76-80.
30. Maniri, M. R., Alem Tebriz, A., Eyvazi, A. (2022). Risk assessment of major maintenance projects in upstream oil industries using a combined fuzzy multi-criteria decision-making method. *Industrial Management Perspective*, 12(2), 135-173. (In Persian).
31. Maleki, M. H., Bahnamiri Zare, M. J., Ghotbi Vayeghan B., Adeli, O.A., and Hasnkhani, F. (2023). Identifying and Prioritizing Risks Related to Time Delays in Oil and Gas Projects. *Petroleum Business Review*, 7(3), 89-110.
32. Nurdiana, A., Susanti, R. (2020). Assessing risk on the engineering procurement construction (EPC) project from the perspective of the owner: A case study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506.
33. Nazari, A., Parchami Jalal, M., Shahidi Nashrood Kali, S., Hojatpanah, S. (2022). Analytical study of the challenges facing construction contractors in contract claims. *Industrial Management Perspective*, 12(4), 199-221. (In Persian).
34. Noor A. A. J., Breesam, H. K. (2023). Risk Management in The Oil Sector / Oil Exploration Company as A Case Study. *Journal of Petroleum Research and Studies*, 40, 183-201.
35. Norouzi, Sh., Shariatmadar, H. (2024). Ranking and Analysing the Risks of Green building Development and Construction using the combination of Hierarchical and Fuzzy analysis techniques. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 10(2), 69-93. (In Persian).
36. Srdjevic, B., Lakicevic, M., Srdjevic, Z. (2023). Fuzzy AHP Assessment of Urban Parks Quality and Importance in Novi Sad City, Serbia. *Forests*, 14(6), 1227. 1-17.
37. Savino, M. M., Brun, A., Riccio, C. (2011). Integrated system for maintenance and safety management through FMCA principles and fuzzy inference engine. *European Journal of Industrial Engineering*, 5(2), 132-169.
38. Saaty, T. L. (1978). Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets. *Fuzzy sets and systems*, 1(1), 57-68.
39. Saaty, T.L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
40. Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
41. Saaty, T.L. (2002). How to make a decision: the analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.
42. Saaty, T. L., Özdemir, M. S. (2014). How Many Judges Should There Be in a Group? *Annals of Data Science*, 1(3-4), 359-368.
43. Sarvari, H., Yahaya, N., Noor, N. M. (2013). Analytic network process (ANP) to risk assessment of gas refinery EPC projects in Iran. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(3), 1359-1365.
44. Shafie Nategh, M. M., Rashidi, M. A., Tohidi, M. (2023). Designing an Interpretive Structural Model for Identifying and Prioritizing Financial Strategic Risks in the Petrochemical Industry of the Islamic Republic of Iran, *Journal of Asset Management and Financing*, 11(1), 29-52, (In Persian).
45. Thevendran, V., Mawdesley, M. (2004). Perception of human risk factors in construction projects: an exploratory study. *International Journal of Project Management*, 22(2), 131-137.
46. Tavakkoli-Moghaddam, R., Mousavi, S.M, Hashemi, H. (2011). A Fuzzy Comprehensive Approach for Risk Identification and Prioritization Simultaneously in EPC Projects. In M. Savino (Ed.) *Risk Management in Environment, Production and Economy* (1st ed., pp.123-146). Rijeka, Croatia: InTech Open Access Publisher. DOI: [10.5772/16247](https://doi.org/10.5772/16247).
47. Wang, T., Tang, W., ASCE, A.M., Du, L., Duffield, C. F., Wei, Y. (2016). Relationships among risk management, partnering, and contractor capability in international EPC project delivery. *Journal of Management in Engineering*, 32(6), 1-10.
48. 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 (2019) 101524, 1-22.
49. Yang, H.-y., Lv, W.-b., Xu, H.-l. (2010). Risk evaluation of EPC project based on ANP fuzzy comprehensive evaluation. *Industrial Engineering and Engineering Management*, 1091-1096.
50. Yang, Y., Tang, W., Shen, W., Wang, T. (2019). Enhancing risk management by partnering in international EPC projects: Perspective from evolutionary game in Chinese construction companies. *Sustainability*, 11(19), 5332.

51. Yang, J.-n., Cai, W.-n., Fang, W.-g. (2015). Risk assessment for international EPC projects. *International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation, 1*, 143-148.
52. Zhenhua, R., Cui, K., Wang, X., Chun, J.-H., Li, Y., Zhang, Z., Lu, J., Chen, G., Zhou, X., Patil, S. (2018). A comprehensive investigation on the performance of oil and gas development in Nigeria: Technical and non-technical analyses. *Energy, 158*, 666-680.