Journal of
Improvement Management
Vol. 19 No. 3, Autumn 2025 (Serial 69)

A Framework for Risk Management of Petrochemical Industry Development Projects with a focus on Knowledge Management Capabilities

Ali Mohaghar [1]☎, Mohammad Hasan Maleki[2], Seyed Mostafa Seyedmirzaei[3]

1- Department of Production and Operations Management, Faculty of Industrial Management and Technology, University of Tehran
2- Department of Management, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Qom, Qom, Iran
3- Ph. D Student, Department of Industrial Management, Kish International Campus, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract:

The petrochemical industry plays a significant role in economic development and reducing dependence on oil. However, the development of this industry is associated with various risks. This study is survey in terms of data collection and applied in its orientation. The target population consisted of managers and consultants of petrochemical development projects, and judgmental sampling was employed. The sample size was 10 experts, and the data collection tools included expert questionnaires, priority assessment, and structured interviews. In the first step, 25 risks were identified through a literature review and expert opinions. These risks were classified into five categories: economic, technical, legal and regulatory, environmental, and supply chain, and were evaluated using the fuzzy Delphi method. Eight risks with desirable defuzzified values were selected for final prioritization. The final risks were ranked using the Cupras method, and the priority risks included reduced global demand for petrochemical products, financing costs, increased logistics and transportation expenses, equipment and technology failures, and exchange rate fluctuations. Practical recommendations were developed based on the prioritized risks and insights from focus group interviews, taking into account a knowledge management approach.

Knowledge management in the petrochemical industry, through the use of big data analysis and business intelligence, facilitates demand forecasting, supply chain optimization, financial resource management, and risk control. By simulating market trends, recording experiences, and leveraging technologies such as the Internet of Things, it reduces costs, increases efficiency, and enhances information sharing across organizational units, thereby enabling smarter decision-making and more effective responses to emerging challenges.

Keywords: "Development Projects", "Risk", "Project Risk", "Risk Management", "Knowledge Management"

DOI:10.22034/jmi.2025.522673.3205

1. ☎Corresponding author: amohaghar@ut.ac.ir

ارائه چارچوبی برای مدیریت ریسک پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی با تمرکز بر قابلیت‌های مدیریت دانش

دوره ۱۹ شماره ۳ (پیاپی ۶۹) نوع مقاله: پژوهشی (تاریخ دریافت: ۲۱ / ۰۴ / ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۰ / ۰۸ / ۱۴۰۴) صفحات ۱ تا ۳۵
فصل پاییز ۱۴۰۴

علی محقر☎ استاد، گروه مدیریت تولید و عملیات، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
محمدحسن ملکی استاد، گروه مدیریت، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه قم، قم، ایران.
سیدمصطفی سیدمیرزایی دانشجوی دکترا، گروه مدیریت صنعتی، پردیس بین‌المللی کیش، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده .

صنعت پتروشیمی نقش مهمی در توسعه اقتصاد و رهایی از وابستگی به نفت دارد، توسعه این صنعت اما با ریســـک‌های مختلف مواجه اســـت. این پژوهش از نظر گردآوری داده‌ها، میدانی بوده و از حیث جهت‌گیری، کاربردی ا ست. جامعه نظری، مدیران و م شاوران پروژه‌های تو سعه‌ای صنعت پترو شیمی بوده و نمونه‌گیری به صورت قضاوتی انجام شد. حجم نمونه برابر با ۱۰ نفر بود و ابزارهای گردآوری میدانی عبارتند از: پر سشنامه‌های خبره‌سنجی، اولویت‌سنجی و البته مصاحبه ساختاریافته. در گام نخست، ۲۵ ریسک از طریق مرور ادبیات و اخذ نظر از خبرگان اســتخراج گردید؛ این ریســک‌ها در قالب پنج دســتهٔ اقتصــادی، فنی، قانونی و حقوقی، محیطی و زنجیره تأمین، طبقه‌بندی و با روش دلفی فازی ارزیابی شدند. هشت ریسک دارای عدد دیفازی مطلوب بودند و برای اولویت‌بندی نهایی انتخاب شدند. ریسک‌های نهایی با روش کپراس رتبه‌بندی شد و ریسک‌های اولویت‌دار عبارت بودند از: ریسک‌های مرتبط با کاهش تقاضای جهانی برای محصولات پترو شیمی، هزینه‌های تأمین مالی، افزایش هزینه‌های لجســتیکی و حمل‌ونقل، خرابی تجهیزات و فناوری‌های مورد اســتفاده، و نوســانات نرخ ارز. پی شنهادهای کاربردی با توجه به ری سک‌های اولویت‌دار و م صاحبه با گروه‌های کانونی با در نظر گرفتن رویکرد مدیریت دانش، توسعه یافتند.

مدیریت دانش در صنعت پترو شیمی با ا ستفاده از تحلیل کلان‌داده و هوش کسب‌وکار، به پیش‌بینی تقا ضا، بهینه سازی زنجیره تأمین، مدیریت منابع مالی و کنترل ریسک کمک می‌کند. با شبیه سازی روندهای بازار، ثبت تجربیات و بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند اینترنت اشـــیاء ســـبب کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی گشـــته و اشتراک اطلاعات بین بخش‌های سازمان، تصمیم‌گیری هوشمندتر و واکنش به چالش‌ها را تسهیل می‌کند.

واژگان کلیدی:

"پروژه‌های توسعه‌ای"، "ریسک"، "ریسک پروژه"، "مدیریت ریسک"، "مدیریت دانش"

۱. ☎مسئول مکاتبات: **علی محقر**
۲. Email **amohaghar@ut.ac.ir**

۱- مقدمه

صنعت پترو شیمی به عنوان یکی از ارکان مهم اقتصاد ایران، نقش مهمی در تولید ناخالص داخلی، ا شتغال‌زایی و ارزآوری ایفا می‌کند. ایران با ا ستفاده از ذخایر گ سترده نفت و گاز، ظرفیت بالایی برای توسعه صنایع پایین‌دستی پتروشیمی دارد (نعیمی و ورهرامی، ۱۴۰۲). این صنعت با فرآوری مواد خام هیدروکربنی و تبدیل آن‌ها به محصولات با ارزش افزوده بالا نظیر پلیمرها، کودهای شیمیایی، مواد شوینده و محصولات پلیمری، جایگاه رفیعی در زنجیره ارزش انرژی کشور دارد. همچنین، پترو شیمی یکی از منابع حیاتی درآمدهای غیرنفتی محسوب می‌شود و به کاهش وابستگی اقتصاد ایران به صادرات نفت خام کمک می‌کند.

از منظر ارزآوری و صادرات، صنعت پتروشیمی نقشی محوری در تأمین ارز کشور دارد. با وجود محدودیت‌های ناشی از تحریم‌های اقتصادی و نفتی، صادرات محصولات پتروشیمی به بازارهای بین‌المللی، خاصه در آسیا و اروپا، به عنوان پیشنهادی برای جبران کاهش درآمدهای نفتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. محصولات پتروشیمی ایران به بیش از ۴۰ کشور صادر می‌شود و ارز ناشی از این صادرات، به تأمین نیازهای ارزی کشور کمک زیادی می‌کند (عفتی و کارگر، ۱۴۰۰).

افزون بر این، صنعت پترو شیمی تأثیر شگرفی بر ا شتغال‌زایی و پی شرفت صنعتی دارد. راه‌اندازی مجتمع‌های پتروشیمی، علی‌الخصوص در مناطق محروم مانند عسلویه و ماهشهر، به ایجاد فرصت‌های شغلی مستقیم و غیرمستقیم منجر شده است. همچنین، این صنعت به رونق فعالیت‌های وابسته مانند حمل‌ونقل، بسته‌بندی، لجستیک و خدمات مهندسی کمک کرده و بسترساز رشد اقتصادی در بخش‌های مرتبط شده است.

صنعت پترو شیمی ایران به علت د سترسی وافر به منابع غنی نفت و گاز، ظرفیت زیادی در تولید و صادرات دارد و بعد از عربستان، در جایگاه دوم خاورمیانه قرار دارد. ایران با تولید سالیانه بیش از ۹۰ میلیون تن محصولات پتروشیمی، یکی از بازیگران کلیدی منطقه محسوب می‌شود. با این وجود، تحریم‌های اقتصادی و محدودیت در دستیابی به فناوری‌های نوین و بازارهای بین‌المللی، توان رقابت‌پذیری این صنعت را در قیاس با کشورهایی نظیر عربستان و قطر کاهش داده ا ست (ر شیدی، کریمی، قربانی دینانی، ۱۴۰۳). در مقابل، چین و هند با سرمایه‌گذاری‌های زیاد در صنایع پایین‌دستی و استفاده از فناوری‌های پیشرفته، به سرعت در حال تقویت سهم خود در بازارهای بین‌المللی هستند. اگرچه ایران از مزیت منابع ارزان برخوردار است، اما فقدان دسترسی به سرمایه‌گذاری خارجی و ضعف در بهره‌گیری از فناوری‌های مدرن، مانعی مهم برای رقابت این صنعت با کشورهای پیشرو به شمار می‌رود (صابری و همکاران، ۱۴۰۱).

پروژه‌های توسعه‌ای در صنعت پتروشیمی با ریسک‌های فنی، مالی و اجرایی مختلفی واجه هستند (سایساندیا و بابو[1] ۲۰۲۰). یکی از اصلی‌ترین چالش‌ها، نوسانات قیمت مواد اولیه و محصولات پتروشیمی است که به علت وابستگی به بازارهای جهانی و قیمت نفت، بر سودآوری پروژه‌ها تأثیر م ستقیم می‌گذارد (الگامری[2] ۲۰۲۳). افزون بر این، ذات سرمایه‌بر و مقیاس کلان این پروژه‌ها، نیاز به تأمین مالی کلان دارد. هرگونه مشکل در جذب سرمایه یا افزایش نرخ بهره می‌تواند پروژه را از حیث اقتصادی تحت فشار قرار دهد (ساوچینا[3] و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، ریسک‌های فنی و عملیاتی نظیر نقص در طراحی، تأخیر در بهره‌برداری یا چالش‌های تولید، می‌تواند منجر به رشد هزینه‌ها و افت بازدهی پروژه شود (بنمسائود[4] و همکاران، ۲۰۱۶).

افزون بر چالش‌های اقتصادی و فنی، ریسک‌های سیاسی و تحریمی نیز بر پروژه‌های توسعه‌ای پتروشیمی ایران موثر هستند. تحریم‌های خارجی مانع دسترسی به فناوری‌های نوین و تجهیزات مدرن شده و پیاده کردن پروژه‌ها را با تأخیر یا هزینه‌های اضافی مواجه می‌کند (پورتیلو[5] و همکاران، ۲۰۲۵). از طرف دیگر، ریسک‌های محیطی و قانونی نظیر چالش‌های مقرراتی در حوزه انتشار آلاینده‌ها و مدیریت پسماندهای صنعتی، می‌تواند سبب‌ساز رشد هزینه‌های اجرایی و تعهدات قانونی شود (عبادزاده و همکاران، ۲۰۲۳). ریسک‌های زنجیره تأمین نظیر اختلال در حمل‌ونقل مواد اولیه یا تأخیر در تأمین تجهیزات اساسی، می‌تواند زمان‌بندی پروژه را به هم زده و بهره‌برداری به‌موقع را با تأخیر مواجه سازد (توبیس و پوتوراج[6] ۲۰۲۵؛ آمور و گوربل[7] ۲۰۱۸).

مدیریت دانش در پروژه‌های پتروشیمی نقش حیاتی در مدیریت ریسک دارد، زیرا با گردآوری، مستندسازی و استفاده از تجربیات، اطلاعات و درس‌آموخته‌های پروژه‌های قبلی، زمینه شناسایی، ارزیابی و کاهش ریسک‌های احتمالی را مهیا می‌کند (کرمی و همکاران، ۲۰۲۰). با بهره‌گیری از دانش سازمانی و سوابق تاریخی، مدیران قادر خواهند بود الگوهای ریسک را کشف کرده و در رویارویی با چالش‌های فنی، مالی و عملیاتی، تصمیمات عالمانه‌تر و اثربخش‌تری اتخاذ کنند. افزون بر این، مدیریت دانش از طریق بهینه‌سازی فرایندهای تصمیم‌گیری، استانداردسازی روش‌های ارزیابی ریسک و انتقال مؤثر تجربیات میان تیم‌های مختلف، به کاهش خطاها، افزایش بهره‌وری و تقویت تاب‌آوری پروژه‌های پتروشیمی در برابر ریسک‌های داخلی و خارجی کمک می‌کند. تحقیق حاضر به دنبال مدیریت ریسک پروژه‌های توسعه‌ای پتروشیمی با بکارگیری مدیریت دانش است.

[1] Saisandhiya & Babu
[2] Elghamry
[3] Savchina
[4] Benmessaoud
[5] Portillo
[6] Tubis & Poturaj
[7] Amor & Ghorbel

صنعت پترو شیمی ایران به عنوان یکی از ارکان مهم اقتصاد کشور، نقش کلیدی در تولید ناخالص داخلی، اشتغال‌زایی و ارزآوری دارد و با بهره‌گیری از ذخایر گسترده نفت و گاز، ظرفیت بالایی برای توسعه صنایع پایین‌دستی و افزایش ارزش افزوده ایجاد می‌کند. این صنعت با تولید پلیمرها، کودهای شیمیایی و سایر محصولات پتروشیمی، علاوه بر تقویت زنجیره ارزش انرژی کشور، به کاهش وابستگی به درآمد نفتی کمک می‌کند (نعیمی و ورهرامی، ۱۴۰۲؛ عفتی و کارگر، ۱۴۰۰). با وجود این، پروژه‌های توسعه‌ای پتروشیمی با ریسک‌های متعدد فنی، مالی، اجرایی، محیطی و سیاسی مواجه هستند که مدیریت ناکافی آن‌ها می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌ها، تأخیر در بهره‌برداری و کاهش سودآوری شود (سایساندیا و بابو، ۲۰۲۰؛ الگامری، ۲۰۲۳؛ ساوچینا و همکاران، ۲۰۲۱). نمونه‌هایی از این ریسک‌ها شامل نوسانات نرخ ارز، تأخیر در تأمین تجهیزات، کمبود نیروهای متخصص و چالش‌های ناشی از تحریم‌های اقتصادی است (پورتیلو و همکاران، ۲۰۲۵؛ توبیس و پوتوراج، ۲۰۲۵).

مدیریت دانش نقش حیاتی در کاهش و کنترل این ریسک‌ها دارد. با گردآوری، مستندسازی و استفاده از تجربیات و درس‌آموخته‌های پروژه‌های پیشین، مدیران قادر خواهند بود الگوهای ریسک را شناسایی و تصمیمات اثربخش‌تری اتخاذ کنند. بهره‌گیری از دانش سازمانی، بهینه سازی فرآیندهای تصمیم‌گیری، استاندارد سازی روش‌های ارزیابی ریسک و انتقال تجربیات میان تیم‌ها، امکان کاهش خطاها و افزایش تاب‌آوری پروژه‌ها را فراهم می‌کند (کرمی و همکاران، ۲۰۲۰).

با این حال، شکاف‌های عملیاتی هنوز وجود دارد. تجربیات گذشته به‌طور کامل در پیش‌بینی و کاهش ریسک‌های پروژه‌های پتروشیمی استفاده نمی‌شوند و بسیاری از پروژه‌ها علی‌رغم مستندسازی، با چالش‌های جدی اقتصادی، فنی و اجرایی روبه‌رو هستند. به عنوان مثال، نوسانات نرخ ارز و تأخیر در تأمین تجهیزات، هنوز موجب افزایش هزینه‌ها و تأخیر در بهره‌برداری پروژه‌ها می‌شوند. بنابراین، سؤال اصلی پژوهش این است که چگونه می‌توان با بهره‌گیری از مدیریت دانش و روش‌های تحلیلی، ریسک‌های خاص پروژه‌های توسعه‌ای پتروشیمی را شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی کرد.

این پژوهش با ادغام رویکردهای کمی و کیفی و نگاه خبره‌محور، به جای تمرکز صرف بر وضعیت کنونی، به تحلیل تاریخی و بررسی روند تحولات مدیریتی و اقتصادی صنعت پترو شیمی می‌پردازد و نقاط ضعف و موفقیت‌های گذشته را برای ارائه راهکارهای کاربردی استخراج می‌کند. نوآوری اصلی این تحقیق در ترکیب مدیریت دانش و مدیریت ریسک پروژه، با تمرکز بر ریسک‌های خاص پروژه‌های توسعه‌ای و تحلیل روندی تاریخی است که آن را از مطالعات گذشته متمایز می‌سازد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ریسک پروژه به احتمال رخداد رویدادها یا موقعیتی اشاره دارد که ممکن است بر اهداف پروژه، مانند زمان‌بندی، بودجه، کیفیت یا عملکرد تأثیر بگذارد. این اثر می‌تواند هم مطلوب و هم نامطلوب باشد (دالوند و همکاران، ۲۰۲۳). ریسک بیانگر عدم قطعیت‌هایی است که می‌توانند پروژه را با چالش

یا حتی فرصت‌های غیرمنتظره روبه‌رو کنند. مدیریت ریسک در پروژه‌ها از اهمیت وافری برخوردار است، زیرا به پیشگیری از انحراف پروژه از مسیر اصلی کمک کرده و احتمال کامیابی آن را افزایش می‌دهد.

ریسک‌های پروژه عمدتاً در دو طبقه داخلی و خارجی قرار می‌گیرند. ریسک‌های داخلی از درون پروژه نا شی می شوند و دربردارنده مواردی نظیر م شکلات فنی، کمبود منابع، ضعف مدیریتی یا تغییر در ترکیب تیم پروژه هستند (ملکی و همکاران، ۲۰۲۳). در مقابل، ریسک‌های خارجی به عوامل بیرونی ارتباط دارند که کنترل آن‌ها سخت‌تر است؛ مانند تغییرات قانونی، نوسانات بازار یا شرایط اقتصادی نامطلوب. هر پروژه با توجه به مشخصات و دامنه خود، با مجموعه‌ای خاص از ریسک‌ها روبرو است که باید به صورت دقیق کشف و مدیریت شوند.

مدیریت ریسک پروژه شامل فرآیندهایی مثل شناسایی، ارزیابی، کنترل و پایش ریسک است (اقبال[1] و همکاران، ۲۰۱۵). در گام شناسایی، ریسک‌های بالقوه تعیین می‌شوند. در ادامه در مرحله ارزیابی، احتمال وقوع و اثر هر ریسک بر پروژه اندازه‌گیری می‌شود. این ارزیابی می‌تواند به شکل کیفی بر مبنای نظرات خبرگان یا کمی با استفاده از روش‌های کمی و عددی انجام شود. در آخر، راهبردهای اثربخ شی برای مواجهه با ری سک تو سعه می‌یابد که می‌تواند شامل اجتناب، کاهش، انتقال یا پذیرش ریسک باشد (اسمیت، مرنا و جابلینگ[2]، ۲۰۱۴).

مدیریت کارآمد ریسک به افزایش قابلیت‌پیش‌بینی، کنترل‌پذیری و کاهش خسارات احتمالی در پروژه کمک می‌کند. با پیاده‌سازی درست مدیریت ریسک، پروژه‌ها قادر خواهند بود منابع خود را بهینه‌تر خرج کرده، از تأخیرات و هزینه های غیرضروری اجتناب کنند و نهایتاً احتمال تحقق موفقیت‌آمیز اهداف تعیین‌شده را افزایش دهند.

در دهه ۱۳۷۰ و هم‌زمان با دوران بازسازی پس از جنگ، بخش عمده‌ای از پروژه‌های پتروشیمی بر پایه تأمین مالی خارجی و وام‌های ارزی شکل گرفت. تجربه این دوره نشان داد که وابستگی شدید به منابع مالی خارجی، در کنار نوسانات نرخ ارز، بسیاری از طرح‌ها را در بازپرداخت بدهی و تداوم فعالیت دچار مشکل ساخت. برای نمونه، برخی پروژه‌های توسعه‌ای در عسلویه با تأخیرهای طولانی مواجه شدند که ریشه آن در همین ساختار تأمین مالی قرار دا شت (صابری و همکاران، ۱۴۰۲). این تجربه به‌روشنی اهمیت مدیریت ریسک‌های مالی را در طراحی و اجرای پروژه‌های کنونی آشکار می‌سازد.

دهه ۱۳۸۰ هم‌زمان با اجرای سیاست‌های خصوصی‌سازی، فصل تازه‌ای در صنعت پتروشیمی ایران گشود. اگرچه این سیاست، زمینه‌ساز افزایش سرمایه‌گذاری شد، اما به دلیل انتقال ناکامل دانش مدیریتی و تجربیات پی شین از بخش دولتی به بخش خ صو صی، پروژه‌ها با چالش‌های جدیدی روبه‌رو شدند. پیامد این کا ستی، بروز ضعف در مدیریت پروژه‌ها و افزایش ری سک‌های اجرایی بود (نعیمی و

[1] Iqbal
[2] Smith, Merna & Jobling

ورهرامی، ۱۴۰۲). از این رو، یکی از درس های تاریخی این دوره، لزوم توجه به نقش حیاتی نظام‌های مدیریت دانش در کنترل ریسک‌های توسعه‌ای است.

دهه ۱۳۹۰ را می‌توان دهه تشدید تحریم‌ها و بحران زنجیره تأمین در پروژه‌های پتروشیمی دانست. در این دوره، محدودیت‌های بین‌المللی سبب شد بسیاری از پروژه‌ها به دلیل دشواری در تأمین تجهیزات حیاتی یا نقل‌وانتقال مالی، متوقف شوند. شکست همکاری‌های مشترک بین‌المللی و نیمه‌تمام ماندن برخی طرح‌ها، نشان داد که ریسک‌های زنجیره تأمین تنها به مسائل فنی محدود نمی‌شوند، بلکه ابعاد سیاسی و ژئوپلیتیک نیز بر آنها اثرگذار است (شریعتمداری و نهاوندی، ۱۳۹۹).

با وجود این چالش‌ها، مرور تجربیات تاریخی نشان می‌دهد که صنعت پتروشیمی ایران در برخی مقاطع توانسته با نوآوری و بهره‌گیری از ظرفیت‌های داخلی، بر ریسک‌ها غلبه کند. نمونه بارز آن در اواخر دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰ رخ داد، زمانی که بومی‌سازی فناوری‌ها و انتقال دانش فنی به کاهش وابستگی خارجی و مدیریت بهتر ریسک‌ها کمک کرد (مرادی، ۱۳۹۹). چنین تجربه‌هایی گواه آن است که نوآوری فناورانه و مستند سازی نظام‌مند دانش پروژه‌ها، نقشی کلیدی در افزایش تاب‌آوری صنعت در برابر بحران‌ها داشته‌اند.

مدیریت دانش فرایندی است که شامل شناسایی، گردآوری، ذخیره‌سازی، به اشتراک‌گذاری و استفاده مؤثر از اطلاعات و تجربیات سازمانی می شود. در پروژه‌ها، این فرآیند به معنای ثبت و انتقال تجارب، درس‌های آموخته شده و اطلاعات حیاتی است که می‌تواند به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری و کاهش ریسک‌ها کمک کند (زیگان[1] و همکاران، ۲۰۲۴). در زمینه مدیریت ریسک پروژه‌ها، بهره‌گیری از دانش سازمانی و تجربیات گذشته نقش مهمی در شناسایی به‌موقع تهدیدها، پیش‌بینی مشکلات احتمالی و طراحی راه‌حل‌های مناسب ایفا می‌کند.

یکی از مراحل کلیدی در مدیریت ریسک، شناسایی و ارزیابی ریسک‌های احتمالی است. مدیریت دانش از طریق ثبت و تحلیل داده‌های پروژه‌های قبلی، به شناسایی سریع‌تر ریسک‌های رایج و تکراری کمک می‌کند. علاوه بر این، پایگاه‌های داده‌ای که اطلاعات مربوط به تحلیل ریسک را ذخیره می‌کنند، می‌توانند به ارزیابی دقیق‌تر و کمی‌سازی ریسک‌ها یاری رسانند (شمیم[2]، ۲۰۲۴).

مدیریت دانش همچنین در تدوین استراتژی‌های مؤثر برای مقابله با ریسک‌ها نقش بسیار مهمی دارد. با مستند سازی روش‌های موفق و ناموفق در پروژه‌های گذشته، تیم‌ها می‌توانند در موقعیت‌های مشابه تصمیمات بهتری اتخاذ کنند. به‌علاوه، مدیریت دانش با ایجاد بانک اطلاعاتی از راهکارهای مدیریت ریسک، به افزایش انعطاف‌پذیری و سرعت واکنش در شرایط بحرانی کمک می‌کند (پارک و اولیویا[3]، ۲۰۲۴).

[1] Zighan
[2] Shamim
[3] Parekh & Olivia

مدیریت مؤثر دانش باعث می‌شود سازمان‌ها از تکرار اشتباهات گذشته جلوگیری کنند. انتقال تجربیات و درس‌های آموخته شده به تیم‌های پروژه‌های آینده، به بهبود فرآیندها و کاهش ریسک‌های مشابه کمک می‌کند.

داشتن اطلاعات دقیق و کامل در پروژه‌ها، عدم قطعیت‌ها را کاهش داده و کیفیت تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد. مدیریت دانش با فراهم کردن داده‌های تاریخی، الگوهای ریسک و سناریوهای ممکن، به مدیران پروژه کمک می‌کند تا بر اساس اطلاعات واقعی و معتبر تصمیم بگیرند (هو[1] و همکاران، ۲۰۲۴). این کار نه‌تنها ریسک‌های ناشی از تصمیمات نادرست را کاهش می‌دهد، بلکه شانس موفقیت پروژه را نیز افزایش می‌دهد. در ادامه برخی تحقیقات انجام شده در زمینه ریسک‌های پروژه آورده شده است.

سوناریو[2] و همکاران (۲۰۲۵) اهمیت مدیریت ریسک را در ارتقای عملکرد شرکت‌ها، به‌ویژه در بخش‌های مالی و تولیدی، مورد بررسی قرار داده‌اند. این پژوهش به دنبال درک این موضوع است که چگونه یک سیستم مدیریت ریسک کارآمد می‌تواند به افزایش تاب‌آوری سازمانی، بهبود بهره‌وری عملیاتی و دستیابی به پایداری طولانی مدت کمک کند. محققان با بهره‌گیری از روش مرور سیستماتیک ادبیات، ۱۱ مقاله علمی منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۳ را که در پایگاه‌های معتبر مانند اسکوپوس و وب آو ساینس نمایه شده‌اند، تحلیل کردند. نتایج مطالعه نشان داد که اجرای مدیریت ریسک قوی نه‌تنها تاب‌آوری سازمانی را بهبود می‌بخشد، بلکه میزان مواجهه با ریسک‌های مالی و عملیاتی را کاهش داده و به تقویت حاکمیت شرکتی کمک می‌کند. چارچوب‌هایی نظیر ISO 31000 و مدیریت ریسک سازمانی در تطبیق فرآیندهای مدیریت ریسک با اهداف استراتژیک سازمان‌ها نقش اساسی دارند و موجب رشد پایدار می‌شوند. این تحقیق همچنین بر ضرورت ایجاد یک چارچوب یکپارچه و استاندارد مدیریت ریسک تأکید دارد که بتواند نیازهای خاص هر صنعت را پوشش داده و در حوزه‌های مختلف کاربردی باشد.

شاه و همکاران (۲۰۲۵) در تحقیق خود به تأثیر مدیریت ریسک شرکتی بر ریسک‌های محیط‌زیستی، اجتماعی و حکمرانی و نقش آن‌ها در دستیابی به رشد سبز پرداخته‌اند. این مطالعه با استفاده از داده‌های پانلی و مدل‌های رگرسیون، به تحلیل روابط بین ارزیابی ریسک‌های ESG و تحقق اهداف رشد سبز پرداخته است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که اجرای مؤثر فرآیندهای مدیریت ریسک شرکتی می‌تواند به سازمان‌ها کمک کند تا ریسک‌های ESG را شناسایی کرده و اقدامات پیشگیرانه و بهینه‌سازی‌شده‌ای برای مقابله با آن‌ها اتخاذ نمایند. این اقدامات به بهبود عملکرد زیست‌محیطی شرکت‌ها، کاهش آسیب‌های اجتماعی و ارتقاء حکمرانی مناسب منجر شده و در نهایت به رشد سبز کمک می‌کند. همچنین، این تحقیق به لزوم مدیریت جامع و راهبردی ریسک‌های

[1] Hu
[2] Sunaryo

ESGدر سازمان‌ها اشاره کرده است، چرا که چالش‌های محیط زیستی و فشارهای اجتماعی در حال افزایش اســـت. این رویکرد کمک می‌کند تا تصـــمیم‌گیری‌های بهتری در حوزه‌های مختلف، از جمله تولید پایدار، کاهش گازهای گلخانه‌ای و حمایت از جامعه اتخاذ شود. در نتیجه، این مطالعه تأکید دارد بر اهمیت پیاده سازی روش های پیشرفته مدیریت ریسک به منظور دستیابی به توسعه پایدار و رشد ســبز در ســازمان‌ها. پژوهش همچنین بر لزوم همکاری میان بخش‌های مختلف ســازمانی و ذی‌نفعان خارجی برای مدیریت مؤثر ریسک‌های ESG و تحقق اهداف توسعه پایدار تأکید می‌کند.

ایمنی[1] و همکاران (۲۰۲۴) به تحلیل مدیریت ریســک‌های مالی در صــنعت پتروشــیمی با رویکرد مسئولیت اجتماعی شرکتی و تأثیر آن بر توسعه پایدار پرداخته‌اند. محققان بر این نکته تأکید دارند که ریسک‌های مالی از مهم‌ترین تهدیدات برای شرکت‌های پتروشیمی محسوب می شوند که می‌توانند تأثیرات منفی بر عملکرد مالی، سرمایه‌گذاری‌ها و رشد بلندمدت این صنایع داشته باشند. این تحقیق به شناسایی و تحلیل ریسک‌های مالی خاص این صنعت مانند نوسانات قیمت مواد اولیه، تغییرات در بازارهای جهانی و عدم قطعیت‌های اقتصـادی می‌پردازد و نشـان می‌دهد که چگونه رویکرد مسـئولیت اجتماعی شـــرکتی می‌تواند به کاهش این ریســـک‌ها و ایجاد اســـتراتژی‌های مالی پایدار کمک کند. پژوهش همچنین به این مسئله می‌پردازد که چگونه شرکت‌های پتروشیمی با ادغام اصول مسئولیت اجتماعی در اســـتراتژی‌های مالی خود، می‌توانند به تحقق توســـعه پایدار و ارتقاء شـــاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی دست یابند.

میهرتی و میهرتو[2](۲۰۲۵) به بررســـی چالش‌های رو به رشـــدی که بخش کشـــاورزی با آن‌ها دست‌وپنجه نرم می‌کند، از جمله تغییرات آب‌وهوایی، فشار ناشی از آفات و نوسانات اقتصادی بازار، پرداخته‌اند. آن‌ها تنوع‌سازی محصولات را به‌عنوان یک راهکار پایدار برای افزایش تاب‌آوری کشاورزی و کاهش ریسک‌های ناشی از کشت تک‌محصولی مطرح می‌کنند. این مطالعه به بررسی نقش تنوع‌سازی محصـــولات در تقویت کشـــاورزی پایدار، مدیریت ریســـک و تأمین امنیت غذایی پرداخته اســـت. راهبردهایی مانند تنوع‌ســازی در مکان، زمان، ژنتیک و کشـت مخلوط، می‌توانند موجب بهبود کیفیت خاک، کنترل بهتر آفات و افزایش مقاومت در برابر تغییرات اقلیمی شـــوند. این پژوهش به مفاهیم کلیدی همچون پایداری زیســت‌محیطی، توزیع مؤثر ریســک و بهینه‌ســازی بهره‌وری منابع پرداخته و نشان می‌دهد که کشت محصولات متنوع می‌تواند از تخریب خاک جلوگیری کرده، میزان شیوع آفات را کاهش داده و ثبات اقتصـادی کشـاورزان را بهبود بخشـد. مطالعات موردی موفق از مناطق مختلف، مانند ســیســـتم‌های کشـــاورزی یکپارچه (مانند ترکیب کشـــت برنج و پرورش ماهی) و جنگل‌داری کشـــاورزی، تأثیر مثبت تنوع‌ســـازی بر افزایش بهره‌وری و پایداری را نشـــان می‌دهد. با این وجود،

[1] Imeni
[2] Mihrete & Mihretu

چالش‌هایی مانند محدودیت‌های آموزشی، دشواری‌های دسترسی به بازار و موانع سیاست‌گذاری همچنان از موانع گسترش این رویکرد محسوب می‌شوند.

آل قوده[1] و همکاران (۲۰۲۴) به تحلیل تأثیر پاندمی کرونا بر روندهای تحقیقاتی در زمینه مدیریت ریسک پروژه و دستیابی به اهداف توسعه پایدار پرداختند. محققان با استفاده از روش تحلیل بیبلیومتریک، ۴۳۸ مطالعه منتشر شده در فاصله زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۲ را بررسی کرده و محققان، منابع، سازمان‌ها و کشورهای پیشرو در این حوزه را شناسایی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که پژوهش‌ها در چهار دسته اصلی متمرکز شده‌اند. نخستین دسته به چالش‌های مدیریت ریسک پروژه و چگونگی پیاده‌سازی اهداف توسعه پایدار در شرایط پاندمی اشاره دارد که به مشکلات و موانع پروژه‌ها در رسیدن به اهداف توسعه پایدار در دوران بحران پرداخته است. دومین دسته به تأثیر بحران کرونا بر هدف سلامت و رفاه مربوط می‌شود که اثرات مستقیم و غیرمستقیم پاندمی بر سلامت عمومی و رفاه اجتماعی را بررسی می‌کند. دسته سوم به اهمیت آگاهی از ریسک در محیط پروژه برای حفظ سلامت کارکنان مربوط است که نقش دانش و مدیریت ادراک ریسک در ایمنی نیروی کار پروژه‌ها را مورد توجه قرار می‌دهد. در نهایت، دسته چهارم به تأثیر پاندمی بر فرآیندهای برنامه‌ریزی مدیریت ریسک پروژه‌ها پرداخته است که به تغییرات و اصلاحات در این فرآیندها در دوران کرونا اشاره دارد.

اوکویی[2] و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی استراتژی‌های مدیریت ریسک در زنجیره‌های تأمین بین‌المللی پرداخته و تفاوت‌های موجود بین ایالات متحده آمریکا و کشورهای آفریقایی را تحلیل کردند. در ایالات متحده، مدیریت ریسک عمدتاً بر مسائل فناوری، بلایای طبیعی و عدم قطعیت‌های ژئوپلیتیکی تمرکز دارد. در این راستا، استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند ردیابی بلادرنگ و تحلیل داده‌ها برای کاهش ریسک‌ها اهمیت زیادی دارد. علاوه بر این، قوانین و مقررات محکم در ایالات متحده به کاهش عدم قطعیت‌های قانونی در زنجیره تأمین کمک می‌کند. در مقابل، کشورهای آفریقایی با چالش‌هایی مانند ضعف زیرساخت‌ها، مشکلات گمرکی و ناپایداری سیاسی روبه‌رو هستند. برای مقابله با این مشکلات، راهکارهایی مانند استفاده از راه‌حل‌های محلی، مشارکت اجتماعی و همکاری با شرکای بین‌المللی به‌عنوان مؤلفه‌های کلیدی مدیریت ریسک مؤثر معرفی می‌شود. این تحقیق بر اهمیت اتخاذ رویکرد جامع در مدیریت ریسک زنجیره تأمین بین‌المللی تأکید دارد که ویژگی‌های خاص هر منطقه را در نظر گرفته و استراتژی‌های کاهش ریسک را متناسب با آن طراحی کند. همچنین، تقویت همکاری‌ها میان کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، به‌ویژه در زمینه اشتراک‌گذاری دانش و انتقال فناوری، می‌تواند به افزایش تاب‌آوری کلی زنجیره‌های تأمین جهانی کمک کند.

[1] Al Qudah
[2] Okoye

پومازا-پونومارنکو[1] و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود به مدیریت ریسک در پروژه‌های نوآورانه پرداخته‌اند. آن‌ها بیان کرده‌اند که به دلیل پیچیدگی، عدم قطعیت و ویژگی‌های غیرقابل پیش‌بینی پروژه‌های نوآورانه، این نوع پروژه‌ها در مقایسه با پروژه‌های سنتی، با ریسک‌های بیشتری مواجه هستند. این مطالعه، مدل‌ها و رویکردهای نوین برای شناسایی، ارزیابی و مدیریت این ریسک‌ها را ارائه می‌دهد. در بخش ارزیابی، از روش‌های کیفی و کمی برای بررسی تأثیرات احتمالی ریسک‌ها بر موفقیت پروژه استفاده شده است. همچنین، راهکارهایی برای کاهش یا کنترل این ریسک‌ها پیشنهاد شده است. در نهایت، پژوهشگران بر ضرورت به‌کارگیری مدیریت ریسک منعطف و پویا تأکید کرده‌اند و نشان داده‌اند که این رویکرد می‌تواند شانس موفقیت پروژه‌های نوآورانه را افزایش دهد.

لاپاز[2] و همکاران (۲۰۲۳) به طور سیستماتیک به بررسی روش‌های مدیریت ریسک در سازمان‌های پیچیده مرتبط با صنعت‌های چهارم و پنجم پرداخته‌اند. هدف اصلی این پژوهش شناسایی، دسته‌بندی و ارزیابی روش‌های مدیریت ریسک در صنایع پیشرفته و هوشمند بوده است. محققان با تحلیل پیشینه موجود، مدل‌ها و چارچوب‌های متنوع مدیریت ریسک در محیط‌های مبتنی بر فناوری را مورد بررسی قرار داده‌اند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که صنعت چهارم، که تمرکز آن بر اتوماسیون، اینترنت اشیا، داده‌های کلان و هوش مصنوعی است، با ریسک‌های نوینی نظیر تهدیدات سایبری، مشکلات زنجیره تأمین و اختلالات فناوری روبه‌رو است. در عین حال، صنعت پنجم که بر همکاری انسان و ماشین و پایداری اجتماعی تأکید دارد، با ریسک‌های مرتبط با تعاملات انسان-ماشین، مسائل اخلاقی و تأثیرات اجتماعی مواجه می‌شود. این پژوهش نشان داد که روش‌های کلاسیک و قدیمی مدیریت ریسک به علت پیچیدگی و پویایی این صنایع دیگر کارایی لازم را ندارند و به مدل‌های منعطف‌تر و هوشمندتری نیاز است. محققان همچنین بر بهره‌گیری از ابزارهای دیجیتال، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در مدیریت ریسک‌های صنعت چهارم و پنجم تأکید کرده و پیشنهاد می‌کنند که سازمان‌ها برای مدیریت مؤثر ریسک، باید از روش‌های مبتنی بر داده، تحلیل‌های پیش‌بینی‌کننده و مدل‌های تطبیقی بهره‌برداری کنند.

لی[3] و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیق خود به مدل‌های پیش‌بینی و مدیریت ریسک در پارک‌های پترو شیمی جزیره‌ای پرداختند. این مطالعه بر اهمیت استفاده از مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی برای شناسایی و هشدار زودهنگام حوادث در این نوع پارک‌ها تأکید دارد. محققان با استفاده از داده‌های عملیاتی و تاریخچه حوادث گذشته، یک مدل هشداردهنده اولیه طراحی کرده‌اند که به شناسایی حوادث احتمالی مانند انفجارها، نشت مواد شیمیایی و بحران‌های دیگر که می‌توانند تهدیدات بزرگی برای محیط زیست و ایمنی کارکنان ایجاد کنند، می‌پردازد. این مدل از شبکه‌های

[1] Pomaza-Ponomarenko
[2] la Paz
[3] Li

عصبی مصنوعی برای تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده و شناسایی الگوهای خطر استفاده می‌کند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که این مدل پیش‌بینی قادر است حوادث را با دقت بالایی پیش‌بینی کرده و به مدیران امکان می‌دهد تا اقدامات پیشگیرانه موثری انجام دهند. علاوه بر این، استفاده از این مدل به افزایش ایمنی در پارک‌های پتروشیمی و کاهش ریسک‌های محیطی و انسانی کمک می‌کند. محققان همچنین تأکید کرده‌اند که این مدل‌ها می‌توانند به عنوان ابزاری موثر در مدیریت ریسک و کاهش آسیب‌های مالی و انسانی در شرایط بحرانی عمل کنند.

کرمی، سمیعی و جعفری (۲۰۲۰) به بررسی اهمیت ارزیابی‌های مدیریت ریسک در صنایع پتروشیمی پرداختند. محققان تأکید کردند که این صنایع به علت پیچیدگی‌های فنی، عملیات حساس و پیامدهای محیط زیستی ناشی از حوادث غیرمنتظره، به ارزیابی دقیق ریسک‌ها نیاز دارند. این تحقیق به شناسایی و تجزیه و تحلیل انواع مختلف ریسک‌ها در صنایع پتروشیمی، از جمله ریسک‌های مالی، فنی، محیط زیستی، ایمنی و اقتصادی پرداخته و بر اهمیت آن‌ها در پیشگیری از مشکلات و بهبود عملکرد فرآیندها تأکید می‌کند. افزون بر این، پژوهش پیشنهادهایی برای به‌کارگیری روش‌های مؤثر مدیریت ریسک در صنعت پتروشیمی به منظور کاهش تهدیدات و افزایش بهره‌وری ارائه می‌دهد. در نهایت، محققان ابراز کردند که ارزیابی مستمر ریسک‌ها و استفاده از تکنیک‌های پیشرفته مدیریت ریسک می‌تواند به حفظ ایمنی، کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت در صنعت پتروشیمی کمک کند.

مقاله تانگ[1] و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی یک روش کمی برای تحلیل ریسک سیستم‌های مکانیکی با خطرات بالا در صنایع نفت و پتروشیمی پرداخته است. در این پژوهش، محققان روشی جدید برای ارزیابی ریسک‌های مرتبط با سیستم‌های مکانیکی در این صنایع معرفی کرده‌اند. این سیستم‌ها به دلیل پیچیدگی فنی و ریسک‌های بالای ایمنی و محیط زیستی که ممکن است ایجاد کنند، نیاز به تحلیل دقیق دارند. محققان برای ارزیابی این ریسک‌ها، مدل‌های کمی مبتنی بر داده‌های عملیاتی و تحلیل‌های آماری طراحی کرده‌اند تا به شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک‌های ناشی از نقص‌های مکانیکی در سیستم‌های حیاتی بپردازند و پیشنهادات اصلاحی برای بهبود فرآیندها ارائه دهند. نتایج تحقیق نشان داد که این روش قادر به شناسایی خطرات پنهان و پیش‌بینی حوادث ناگوار است. این تحلیل‌ها می‌توانند به مدیران در اتخاذ تصمیمات مناسب برای کاهش ریسک‌ها و بهبود ایمنی و کارایی سیستم‌های مکانیکی در صنایع نفت و پتروشیمی کمک کنند.

دهقانی فیل‌آبادی و همکاران (۱۴۰۳) به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک های تعمیرات اساسی در شرکت پتروشیمی لردگان پرداختند. بدین منظور، ابتدا بااستفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و نظرات خبرگان، لیستی از ریسک‌های تعمیرات اساسی تهیه شد. سپس با بهره‌گیری از روش دلفی، ۱۸ مورد از این ریسک‌ها به عنوان ریسک های کلیدی در صنعت پتروشیمی لردگان شناسایی شدند و بااستفاده

[1] Tang

از روش بهترین-بدترین فازی و بااستفاده از نرم افزار لینگو مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شاخص «تاخیر در تامین تجهیزات نگهداری و تعمیر از خارج از کشور» با وزن به عنوان مهم‌ترین ریسک تعمیرات دراین صنعت بوده و شاخص «سوراخ شدگی کف مخزن و نشت مواد» کمترین اهمیت را دارا می باشد.

طالبی (۱۴۰۲) به شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های کلیدی در زنجیره تأمین پروژه‌های تحقیقاتی صنایع پتروشیمی پرداختند. این پژوهش به‌صورت توصیفی-پیمایشی و کاربردی طراحی شده و جامعه آماری آن شامل متخصصان زنجیره تأمین در شرکت پتروشیمی شیراز بوده است. داده‌ها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی تحلیل شده‌اند و نتایج نشان داد که ریسک‌های تولیدکننده با بالاترین درجه اهمیت، مهم‌ترین عامل تهدیدکننده زنجیره تأمین هستند، پس از آن ریسک‌های مرتبط با مشتریان نهایی، تأمین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان در رتبه‌های بعدی قرار دارند. این یافته‌ها بر ضرورت توجه ویژه به مدیریت ریسک تولیدکنندگان و مشتریان نهایی برای افزایش اثربخشی زنجیره تأمین پروژه‌های تحقیقاتی در صنعت پتروشیمی تأکید دارد.

مرادی (۱۳۹۹) به بررسی پیاده‌سازی و کاربرد روش بازرسی بر مبنای ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی پرداخته است. این روش نوین با هدف بهبود مدیریت بازرسی، نگهداری و تعمیرات، و کاهش وقوع خرابی‌های سیستم‌ها توسعه یافته است. در این مقاله، فرآیند بازرسی بر مبنای ریسک به روش کیفی در صنعت نفت بررسی و ماتریس ریسک آن ترسیم شده است، به‌گونه‌ای که تجهیزات موجود در این بخش در سه ناحیه ریسک بالا، ریسک متوسط و ریسک کم قرار گرفته‌اند. برای هر تجهیزی که در هر کدام از نواحی ریسک قرار بگیرد، سیاست نگهداری و تعمیرات خاصی قابل اجرا خواهد بود.

شریعتمداری و نهاوندی (۱۳۹۹) به شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های ساخت پتروشیمی در ایران پرداختند. در این مطالعه، با در نظرگیری شرکت هلدینگ پتروشیمی باختر به عنوان یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های ایجادکننده و بهره‌بردار پروژه‌های پتروشیمی در ایران، به شناسایی و ارزیابی عدم‌قطعیت‌ها و ریسک‌های جاری و محتمل پروژه‌های ساخت پتروشیمی پرداخته شده است. برای شناسایی ریسک‌ها از دو روش بررسی مستندات و مصاحبه بهره برده شده است. این فرآیند منجر به شناسایی و طبقه‌بندی ۱۰۴ ریسک بالقوه در پروژه‌های پتروشیمی، در دو دسته و هشت زیردسته شده است. همچنین، از آن‌جا که ارزیابی ریسک‌ها یک فرآیند تصمیم‌گیری شهودی، ذهنی و وابسته به تجربیات گذشته است، برای این مرحله از روش منطق شهودی استفاده شده است.روش منطق شهودی که روشی مبتنی بر تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه و تئوری شواهد دمپستر-شافر است، برای مواجهه با چنین قضاوت‌های شهودی و نادقیقی که در فضایی نامطمئن و با نقص در دسترسی به اطلاعات و شواهد انجام می‌گیرد، روشی کارا و سودمند است.

تحقیقات در زمینه مدیریت ریسک پروژه‌های پتروشیمی طی دهه‌های اخیر به دلیل ماهیت پیچیده و سرمایه‌بر این پروژه‌ها، به میزان قابل توجهی توسعه یافته است. در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، پژوهش‌ها عمدتاً بر ریسک‌های فنی و ایمنی نظیر انفجارها و حوادث صنعتی تأکید داشتند و مدل‌های کمی مانند درخت خطا و درخت رخداد برای تحلیل و ارزیابی این حوادث به‌کار گرفته می‌شدند. با ورود به دهه ۲۰۰۰ و معرفی استانداردهایی نظیر PMBOK و ISO 31000، توجه تحقیقات به سوی ریسک‌های مالی و اقتصادی معطوف شد و عواملی نظیر نوسانات قیمت نفت و تأخیرات زمانی پروژه‌ها اهمیت بیشتری پیدا کردند.

در سنوات اخیر، تحقیقات به سمت مدل‌های هوشمند و ترکیبی حرکت کرده‌اند. فنونی مانند تحلیل سلسله مراتبی، مدل‌های فازی و شبیه سازی مونت کارلو برای مدیریت عدم قطعیت و ارزیابی ریسک در پروژه‌های پتروشیمی به‌کار گرفته می‌شوند. افزون بر این، با پیشرفت فناورانه، فنون مبتنی بر یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای پیش‌بینی و کنترل ریسک‌های مالی و عملیاتی، به طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در تحقیقات اخیر، ریسک‌های محیط زیستی و پایدار در پروژه‌های پتروشیمی اهمیت بیشتری یافته‌اند. مسائلی نظیر نشت مواد شیمیایی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و اثرات نامطلوب پروژه‌ها بر محیط زیست از جمله ریسک‌های مهمی هستند که برای مدیریت آن‌ها از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل سناریو بهره گرفته می‌شود. به علاوه، مدیریت ریسک زنجیره تأمین نیز به علت وابستگی زیاد پروژه‌های پتروشیمی به تأمین مواد اولیه و حمل‌ونقل، اهمیت بیشتری یافته و مدل‌های بهینه‌سازی برای مواجهه با اختلالات احتمالی در این بخش توسعه یافته‌اند.

نهایتاً روندهای نوین در این بخش نشان می‌دهند که فناوری‌های پیشرفته مانند کلان‌داده، هوش مصنوعی و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌توانند دقت و کارایی فرآیند مدیریت ریسک در پروژه‌های پتروشیمی را به میزان چشمگیری بهبود بخشند.

با توجه به اهمیت مدیریت ریسک در موفقیت پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی و محدودیت‌های مطالعات گذشته که عمدتاً به شناسایی ریسک‌های کلی و رویکردهای کمی پرداخته‌اند، این پژوهش تلاش می‌کند با تمرکز بر ریسک‌های ویژه پروژه و بهره‌گیری از تجربیات خبرگان، تحلیل جامعی ارائه دهد.

تمرکز بر پروژه‌های تو سعه‌ای پترو شیمی و مدیریت دانش: برخلاف مقالات گذشته که عمدتاً روی شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها با رویکرد کمی یا فنی تمرکز دارند، این پژوهش به ترکیب رویکرد مدیریت ریسک پروژه با مدیریت دانش می‌پردازد و نشان می‌دهد چگونه دانش سازمانی و تجربیات خبرگان می‌تواند در پیش‌بینی و کاهش ریسک‌های پروژه‌های توسعه‌ای مؤثر باشد.

ادغام روش‌های کمی و کیفی با نگاه خبره‌محور: در حالی که بسیاری از مطالعات پیشین صرفاً از تکنیک‌های کمی مانند تاپسیس یا RBS استفاده کرده‌اند، این پژوهش از تلفیق روش دلفی فازی و کپراس همراه با مصاحبه‌های گروه کانونی بهره می‌برد تا علاوه بر رتبه‌بندی کمی، تحلیل‌های کیفی و کارشناسی نیز انجام شود. این ترکیب روش‌شناسی امکان شناسایی ریسک‌ها و ارائه راهکارهای عملی مبتنی بر دانش واقعی صنعت را فراهم می‌کند.

رویکرد تاریخی و تجربه‌محور: این مقاله نوآوری دیگری که ارائه می‌دهد، تحلیل ریسک‌ها در بستر تاریخی و بررسی روند تحولات مدیریتی و اقتصادی صنعت پتروشیمی است. با بازگشت به تجربیات دهه‌های گذشته، نقاط ضعف و موفقیت‌ها در مدیریت ریسک و انتقال دانش استخراج شده و درس‌های کاربردی برای پروژه‌های امروز ارائه می‌شود.

تمرکز بر ریسک‌های پروژه‌ای به جای ریسک‌های سازمانی کلی: این پژوهش مرز بین مدیریت ریسک پروژه و مدیریت ریسک سازمانی را مشخص کرده و صرفاً به شناسایی مولفه‌های کلی سازمانی اکتفا نکرده است، بلکه ریسک‌های ویژه پروژه‌های توسعه‌ای پتروشیمی در ایران را با نگاه تحلیلی و عملیاتی بررسی می‌کند. از جمله این ریسک‌ها می‌توان به کاهش تقاضای جهانی برای محصولات پتروشیمی، نوسانات نرخ ارز، افزایش هزینه‌های لجستیکی و حمل‌ونقل، خرابی تجهیزات و فناوری‌های به‌کاررفته، و محدودیت های تأمین مالی اشاره کرد که هر یک ماهیت خاص و تأثیر مستقیمی بر موفقیت پروژه‌ها دارند.

این مطالعه با تمرکز بر پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی ایران، یک چارچوب نوآورانه برای ادغام مدیریت ریسک و مدیریت دانش ارائه می‌کند که در آن، دانش خبرگان و تجربیات گذشته به‌طور فعال در شناسایی، ارزیابی و پاسخ به ریسک‌ها به‌کار گرفته شده است. برخلاف پژوهش‌های پیشین که عمدتاً به شناسایی ریسک‌ها به‌صورت کمی یا در سطح سازمانی محدود می‌شدند، این تحقیق از رویکرد ترکیبی دلفی فازی–کپراس همراه با مصاحبه‌های گروه کانونی استفاده می‌کند تا علاوه بر اولویت‌بندی کمی، تحلیل‌های کیفی و درک اثرات متقابل ریسک‌ها نیز انجام شود. این روش شناسی تلفیقی، امکان استخراج بینش‌های عملی و پیش‌بینی دقیق ریسک‌های ویژه پروژه را فراهم می‌آورد که بدون انجام این مطالعه به‌دست نمی‌آمد.

افزون بر این، بررسی تجربه‌های گذشته و تحلیل تاریخی ریسک‌ها، به شناسایی الگوهای جدیدی از تعامل میان ریسک‌های اقتصادی، فنی و زنجیره تأمین منجر شد و نشان داد برداشت‌های متداول مانند کاهش تقاضای جهانی، نیازمند بازتعریف است؛ در حقیقت، چالش اصلی پروژه‌های ایران ناشی از محدودیت‌های صادراتی و مشکلات تحریمی و لجستیکی است. یافته‌های این پژوهش، در کنار چارچوب دانش‌محور ارائه‌شده، نوآوری تحلیلی و عملیاتی ایجاد می‌کنند که بدون تلفیق داده‌های خبره‌محور و تحلیل کمی–کیفی قابل دستیابی نبود و امکان اتخاذ تصمیمات هدفمند و افزایش تاب‌آوری پروژه‌ها را فراهم می‌سازد.

۳– روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نظر جهت‌گیری، کاربردی بوده و از منظر گردآوری داده‌ها، میدانی است. در این پژوهش برای تحلیل داده‌ها از سه روش دلفی فازی، کپراس و مصاحبه با گروه‌های کانونی استفاده شد. دو روش اول، کمی بوده و مصاحبه با گروه‌های کانونی، یک تکنیک کیفی است. جامعه نظری پژوهش، مدیران و کارشناسان ارشد پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی بوده که حداقل دارای ۱۰ سال سابقه کار در این صنعت هستند. روش نمونه‌گیری هم به شکل قضاوتی انجام شد. نمونه‌ها بر مبنای تخصصی که در حوزه مدیریت ریسک و مدیریت دانش داشتند، انتخاب شد. حجم نمونه ۱۰ نفر بود که برای فنون خبره‌محوری نظیر دلفی فازی و کپراس، اندازه مطلوبی است. در این تکنیک‌ها، افزایش اندازه نمونه سبب ناسازگاری نتایج می‌شود (ملکی و همکاران، ۱۴۰۱).

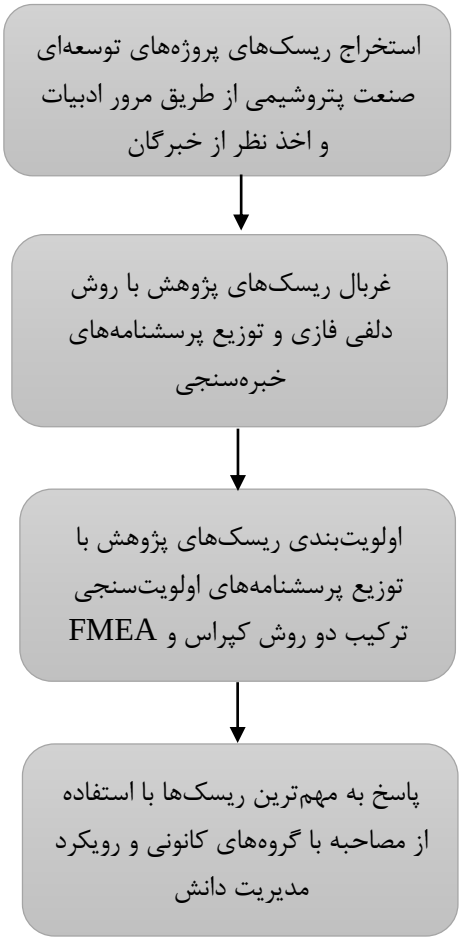
پژوهش حاضر بر پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی تمرکز دارد که به دلیل سرمایه‌گذاری‌های کلان، پیچیدگی فنی و زنجیره‌های تأمین حساس، ویژگی‌های خاصی دارند و از سایر پروژه‌های صنعتی متمایز هستند. بررسی این پروژه‌ها امکان شناسایی ریسک‌ها و ارائه راهکارهای عملی و مبتنی بر تجربیات واقعی صنعت را فراهم می‌کند و بدون تمرکز بر چنین موردی، تحلیل ریسک‌ها و توصیه‌های مدیریتی ممکن است کلی و غیرقابل کاربرد باشد.

برای گردآوری داده‌ها از مرور تحلیلی ادبیات، مصاحبه ساختاریافته با خبرگان پتروشیمی، پرسشنامه خبره‌سنجی دلفی فازی و پرسشنامه سنجش اولویت کپراس استفاده گردید. به دلیل این که ریسک‌های پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی از مرور مقالات معتبر ریسک پروژه بدست آمد و شاخص‌های ارزیابی ریسک هم مبتنی بر شاخص‌های پیشنهادی تکنیک تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن[1] بود، پرسشنامه‌های خبره‌سنجی و اولویت‌سنجی دارای روایی محتوا هستند. همچنین به دلیل غربال ریسک‌ها و کاهش قابل توجه آن‌ها در پرسشنامه انتهایی و مناسب بودن حجم خبرگان، پرسشنامه اولویت‌سنجی روش کپراس دارای پایایی است.

این مطالعه در چهار مرحله انجام شد. در مرحله اول، ریسک‌های پروژه‌های توسعه‌ای صنعت

[1] Failure Mode and Effect Analysis

پتروشیمی از طریق مرور تحلیلی پیشینه و اخذ نظر از خبرگان استخراج شدند. شاخص‌های ارزیابی ریسک به تبعیت از تکنیک FMEA، عبارتند از: احتمال وقوع، شدت اثر و تشخیص‌پذیری. در فرمت کلاسیک ابزار FMEA، خبرگان به مدد مقیاسی عددی، هر ریسک را بر اساس سه شاخص احتمال وقوع، شدت اثر و تشخیص‌پذیری ارزیابی می‌کنند و با اندازه‌گیری عدد اولویت هر ریسک، آن‌ها را اولویت‌بندی می‌کنند. ریسک با بالاترین عدد اولویت، نامطلوب‌ترین اثر را بر سیستم می‌گذارد و بایستی در اولویت اصلاح یا پیشگیری قرار گیرد (لی و همکاران، ۲۰۲۵). در مرحله آخر با استفاده از روش مصاحبه با گروه‌های کانونی و مبتنی بر مدیریت دانش، پاسخ‌هایی به این ریسک‌ها داده شد. در شکل شماره یک، مراحل پژوهش آورده شده است.



شکل ۱. مراحل انجام تحقیق

در این پژوهش، دانش سازمانی و تجربیات عملی خبرگان به‌عنوان قابلیت‌های پشتیبان کلیدی در تمامی مراحل مدیریت ریسک به‌کار گرفته شد. این دانش شامل دانش صریح (مستندات، استانداردها، بانک‌های اطلاعاتی و دستورالعمل‌ها) و دانش ضمنی (تجارب عملی و درس‌آموخته‌های پروژه‌های گذشته) می‌باشد و با ترکیب این دو نوع دانش، دقت و اعتبار فرآیند مدیریت ریسک افزایش یافته است.

- **در مرحله شناسایی ریسک‌ها:** دانش خبرگان با ارائه تجربیات واقعی از پروژه‌های گذشته، شناسایی ریسک‌های پنهان و بالقوه را تسهیل می‌کند و اطمینان می‌دهد که هیچ ریسک حیاتی نادیده گرفته نشود. این امر باعث می‌شود که ماتریس ریسک جامع و مطابق با واقعیت‌های عملیاتی صنعت پتروشیمی تدوین شود.
- **در مرحله ارزیابی ریسک‌ها:** تجربیات خبرگان و داده‌های سازمانی به تعیین شاخص‌های کلیدی شامل احتمال وقوع، شدت اثر و تشخیص‌پذیری کمک می‌کند. این قابلیت پشتیبان باعث می‌شود که ارزیابی‌ها دقیق‌تر و مبتنی بر شواهد عملی باشند و اعداد فازی یا رتبه‌بندی کپراس معنادار و قابل اعتماد شوند. همچنین دانش خبرگان امکان شناسایی اثرات همزمان چند ریسک و تعاملات میان آن‌ها را فراهم می‌آورد که در تحلیل‌های کمی به سادگی قابل لحاظ نیست.
- **در مرحله پاسخ به ریسک‌ها:** بانک‌های دانش و مستندسازی تجربیات گذشته، راهکارهای عملی و قابل اجرا برای کاهش یا کنترل ریسک‌ها ارائه می‌کنند. این سازه‌ها شامل توصیه‌های فنی، راهکارهای مدیریتی و پروتکل‌های عملیاتی است که به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی مؤثرتری اتخاذ کنند. به علاوه، این رویکرد دانش‌محور امکان تکرار موفقیت‌ها و جلوگیری از خطاهای مشابه در پروژه‌های آتی را فراهم می‌آورد.

در نتیجه، بهره‌گیری از دانش سازمانی و تجربیات خبرگان، نقش مستقیم و حیاتی در افزایش صحت و قابلیت اعتماد فرآیند تصمیم‌گیری دارد؛ به‌طوری که نه تنها به شناسایی و ارزیابی دقیق ریسک‌ها کمک می‌کند، بلکه تصمیمات نهایی برای مقابله با ریسک‌ها را مبتنی بر تجربیات واقعی و استانداردهای صنعتی می‌سازد و تاب‌آوری پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی را به شکل قابل توجهی افزایش می‌دهد.

روش دلفی فازی[۱] در دهه ۱۹۹۰ میلادی به وسیله کافمن و گویتا[۲] توسعه یافت. تکنیک دلفی فازی به‌عنوان یک ابزار مؤثر در تصمیم‌گیری و ایجاد اجماع در مسائل پیچیده‌ای که اهداف و پارامترهای آن‌ها به‌طور دقیق تعریف نشده‌اند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. ویژگی برجسته این روش، فراهم کردن

[۱] Fuzzy Delphi method
[۲] Kaufman and Gopta

چارچوبی انعطاف‌پذیر است که توانایی پوشش بسیاری از محدودیت‌های ناشی از عدم قطعیت و ابهام اطلاعات را داراست. از آنجایی که تصمیمات اتخاذ شده توسط خبرگان غالباً مبتنی بر قضاوت‌های فردی و ذهنی است، استفاده از داده‌های فازی به جای مقادیر قطعی می‌تواند دقت و قابلیت اعتماد تحلیل‌ها را افزایش دهد. فرآیند اجرایی دلفی فازی، ترکیبی از اجرای روش کلاسیک دلفی و تحلیل داده‌ها با بهره‌گیری از اصول نظریه مجموعه‌های فازی است که امکان استخراج نظرات اجماع‌محور خبرگان را در شرایط عدم قطعیت فراهم می‌سازد (عربی، ملکی و انصاری، ۲۰۲۴).

برای تشریح الگوریتم اجرایی تکنیک دلفی فازی، ضروری است میان دو کاربرد متفاوت روش دلفی تمایز قائل شد: نخست، به‌کارگیری دلفی برای «غربال‌گری شاخص‌ها» و دوم، استفاده از این تکنیک برای «پیش‌بینی». در این مطالعه، تمرکز بر کاربرد دلفی در فرآیند غربال و سرند شاخص‌ها می‌باشد تا از این طریق، شاخص‌های کلیدی برای تحلیل‌های بعدی شناسایی و پالایش شوند. الگوریتم اجرای متد دلفی فازی برای غربال عبارت است از (حبیبی، جهان‌تیغ، و سرفرازی، ۲۰۱۵):

مرحله ۱: در الگوریتم روش دلفی فازی برای فرآیند سرند، نخستین گام شامل گردآوری نظرات خبرگان و تبدیل آن‌ها به مقادیر فازی است. برای این منظور، لازم است یک طیف فازی مناسب جهت فازی‌سازی عبارات زبانی خبرگان تعریف شود. در این تحقیق، از طیف پنج‌درجه لیکرت به عنوان مقیاس فازی استفاده شده است که جزئیات آن در جدول شماره یک ارائه گردیده است.

جدول ۱. اعداد فازی مثلثی طیف لیکرت ۵ درجه

متغیر کلامی	مقدار فازی	عدد فازی مثلثی
خیلی کم	$\tilde{1}$	(۰, ۰, ۰/۲۵)
کم	$\tilde{2}$	(۰, ۰/۲۵, ۰/۵)
متوسط	$\tilde{3}$	(۰/۲۵, ۰/۵ , ۰/۷۵)
زیاد	$\tilde{4}$	(۰/۵ , ۰/۷۵ , ۱)
خیلی زیاد	$\tilde{5}$	(۰/۷۵ , ۱, ۱)

مرحله ۲: تجمیع فازی مقادیر فازی شده. پس از برگزیدن طیف فازی مناسب، نظرات خبرگان جمع‌آوری و فازی‌سازی می‌شود. چندین فرمول برای تجمیع فازی نظرات خبرگان ارائه شده است. اگر نظر هر خبره به عنوان اعداد فازی مثلثی (l, m, u) نمایش داده شود، سهل‌ترین روش محاسبهٔ میانگین فازی نظرات خبرگان است:

$$F_{AVE}= \frac{\sum l}{n}, \frac{\sum m}{n}, \frac{\sum u}{n}$$

به جای بهره‌گیری از میانگین فازی، روش‌های متنوع دیگری نیز برای تجمیع و ترکیب نظرات خبرگان در مطالعات دلفی فازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، یک روش متعارف برای گردآوری مجموعه‌ای از اعداد فازی مثلثی حداقل l، میانگین m و حداکثر u است:

$$F_{AGR} = \left(min\{l\}, \left\{ \frac{\sum m}{n} \right\}, max\{u\} \right)$$

در بعضی منابع، میانگین هندسی به جای معدل حسابی ساده ارائه شده است:

$$F_{AGR} = \left(min\{l\}, \prod \{m\}, max\{u\} \right)$$

مرحله ۳: فازی‌زدایی مقادیر. پس از تجمیع فازی نظرات خبرگان، گام بعدی تبدیل مقادیر فازی به یک مقدار عددی مشخص و قابل تفسیر است. در چارچوب رویکردهای فازی، پژوهشگر در انتهای فرآیند مقادیر فازی نهایی را به یک عدد قطعی خلاصه می‌کند. برای نمونه، اعداد فازی مثلثی یا ذوزنقه‌ای معمولاً با استفاده از یک مقدار عددی معنادار، که غالباً میانگین به عنوان شاخص بهینه انتخاب می‌شود، نمایان می‌گردند. این فرآیند تحت عنوان فازی‌زدایی شناخته می‌شود و روش‌های متنوع و پیچیده‌ای برای انجام آن توسعه یافته است. یکی از روش‌های ساده برای فازی‌زدایی، میانگین اعداد فازی مثلثی است:

$$if\ \widetilde{F} = (l, m, u)\ then\ F = \frac{l + m + u}{3}$$

یا می‌توانیم از روش پیچیده‌تری به صورت زیر استفاده کنیم:

$$x_m^1 = \frac{L + M + U}{3};\ x_m^2 = \frac{L + 2M + U}{4};\ x_m^3 = \frac{L + 4M + U}{6}$$

$$Crisp\ number = Z *= max(x_{max}^1, x_{max}^2, x_{max}^3)$$

مقادیر خیلی متفاوت نیستند و آن‌ها دائماً به M. نزدیک هستند. M میانگین بدست آمده از جمع مقادیر ممکن m از اعداد فازی مثلثی مختلف است. با این حال، مقدار واضح حداکثر $xmaxi$ در نظر گرفته شده است.

چندین روش دیگر برای فازی‌زدایی از قبیل مرکز ثقل (COG)، مرکز منطقه (COA) و میانگین حداکثر وجود دارد. یک روش ساده برای فازی‌زدایی اعداد فازی مثلثی بر اساس COA ارائه دادند. روش COA اصلاح شده برای فازی‌زدایی اعداد فازی مثلثی به شرح زیر است:

$$DF_{ij} = \frac{\left[(u_{ij} - l_{ij}) + (m_{ij} - l_{ij}) \right]}{3} + l_{ij}$$

مرحله ۴: پس از تعیین روش مناسب و انجام فازی‌زدایی بر روی مقادیر، لازم است یک مقدار حد آستانه تعیین شود. این حد معمولاً بر اساس قضاوت پژوهشگر و شرایط مطالعه متفاوت خواهد بود. در این چارچوب، در صورتی که مقدار قطعی حاصل از فازی‌زدایی نظرات تجمیع شده خبرگان بزرگ‌تر یا برابر با حد آستانه باشد، معیار مورد نظر مورد پذیرش قرار می‌گیرد؛ در غیر این صورت، از تحلیل حذف می‌شود (حبیبی، جهان‌تیغ، و سرفرازی، ۲۰۱۵). در این پژوهش، از روش دلفی فازی برای شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی استفاده شده است.

برای رتبه‌بندی ریسک‌ها بر اساس شاخص‌های ارزیابی ریسک، شامل احتمال وقوع، شدت اثر و تشخیص‌پذیری، از روش کپراس استفاده شده است. این تکنیک دارای هفت مرحله است که اجرای آن به تصمیم‌گیری مؤثر در اولویت‌بندی ریسک‌ها کمک می‌کند.

گام اول: ماتریس تصمیم با در نظر گرفتن شاخص‌های ارزیابی ریسک ایجاد می‌شود. هر یک از خبرگان، نظرات خود را در مورد هر ریسک بر اساس هر شاخص در یک طیف ۱۰تایی بیان کردند. سپس با استفاده از روش میانگین حسابی، دیدگاه های خبرگان ادغام شد. بنابراین ماتریس میانگین از ادغام نظرات خبرگان با روش میانگین حسابی بدست آمد.

گام دوم: سپس در مرحله دوم، وزن شاخص‌های ارزیابی تعیین می‌شود. در این مطالعه، تمامی شاخص‌ها دارای وزن مساوی در نظر گرفته شده‌اند که نشان‌دهنده اهمیت یکسان هر یک از آن‌ها در فرآیند رتبه‌بندی است.

گام سوم: برای نرمال‌سازی داده‌ها، هر یک از مقادیر ماتریس میانگین در جمع ستونی تقسیم می‌شود. نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری بر مبنای رابطه زیر:

$$d_{ij} = \frac{q_i}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}} x_{ij}$$

که در اینجا q_i وزن معیار i ام است و x_{ij} مقدار هر ریسک به ازای هر شاخص:

$$\sum_{j=1}^{n} d_{ij}$$

گام چهارم: در این مرحله، ریسک‌ها بر اساس شاخص‌های مثبت و منفی ارزیابی می‌شوند، به‌گونه‌ای که شاخص‌های مثبت نشان‌دهنده عواملی هستند که افزایش مقدار آن‌ها اهمیت یا اولویت ریسک را افزایش می‌دهد و شاخص‌های منفی نشان‌دهنده عواملی هستند که افزایش مقدار آن‌ها اهمیت ریسک را کاهش می‌دهد؛ برای هر ریسک، مجموع مقادیر شاخص‌های مثبت و مجموع مقادیر شاخص‌های

منفی محاسبه می‌شود و این مجموع‌ها به‌عنوان مبنایی برای تعیین اهمیت نسبی و اولویت‌بندی نهایی ریسک‌ها در مراحل بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ریسک‌هایی که با شاخص‌های مثبت محاسبه می شوند، با S_{j+} و ریسک‌هایی که با شاخص منفی محاسبه می‌شوند، با S_{j-} نشان داده می‌شوند. مجموع S_{j+} و S_{j-} براساس فرمول زیر اندازه‌گیری می‌شود:

$$S_{j+} = \sum_{zi=+} d_{ij}$$

$$S_{j-} = \sum_{zi=-} d_{ij}$$

گام پنجم: مقایسه و رتبه‌بندی ریسک‌ها بر اساس شاخص‌های مثبت و منفی محاسبه و ارزیابی می‌شود. در این مرحله، پس از محاسبه مجموع شاخص‌های مثبت و منفی هر ریسک، ریسک‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شوند تا اهمیت نسبی هر ریسک تعیین شود؛ اهمیت نسبی هر ریسک معیاری است که نشان می‌دهد هر گزینه در مقایسه با سایر گزینه‌ها چقدر اولویت دارد و این ارزش نسبی به‌عنوان مبنایی برای رتبه‌بندی ریسک‌ها در مراحل بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به پژوهشگر امکان می‌دهد ریسک‌ها را بر اساس اثرگذاری کلی و ترکیبی شاخص‌های مثبت و منفی سازماندهی و اولویت‌بندی نماید. اهمیت نسبی Q_j از هر گزینه A_j طبق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$Q_J = s_{j+} + \frac{\sum_{j=1}^{n} s_{j-}}{s_{j-} \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{s_j}}$$

گام ششم: اولویت‌بندی ریسک‌ها بر مبنای Q_J ، هر چه مقدار Q_J بزرگتر باشد، نشانگر رتبه بالاتر آن ریسک در اولویت‌بندی است. ریسکی که در بهترین وضعیت ممکن قرار دارد (گزینه ایدئال)، همواره دارای بالاترین مقدار است. در این مرحله، اولویت‌بندی ریسک‌ها بر اساس اهمیت نسبی انجام می‌شود و هر چه مقدار اهمیت نسبی ریسک بیشتر باشد، جایگاه آن ریسک در اولویت‌بندی بالاتر خواهد بود. ریسک‌هایی که به وضعیت ایدئال نزدیک‌تر هستند بیشترین مقدار اهمیت نسبی را دارند و به عنوان ریسک‌های دارای اولویت بالا شناخته می‌شوند، در حالی که ریسک‌هایی با مقادیر کمتر در درجه اهمیت پایین‌تری قرار می‌گیرند.

گام هفتم: در مرحله پایانی، ریسکی که مطلوب‌ترین وضعیت را در میان شاخص‌ها دارد شناسایی می‌شود و با تغییر رتبه هر ریسک، میزان اولویت آن نیز به تناسب افزایش یا کاهش می‌یابد. ریسک‌هایی که مناسب‌ترین وضعیت را از منظر شاخص‌ها داشته باشند، با بیشترین درجه اهمیت N_j تعیین می شوند که N_j برابر با ۱۰۰درصد است. مقدار کلی درجه اهمیت هر شاخص که محاسبه می‌شود، از ۰ تا

۱۰۰ درصد است که در میان این دامنه، بهترین و بدترین ریسک شناسایی می شوند. درجه اهمیت هر N_j از ریسک A_j براساس فرمول زیر بدست می‌آید:

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{max}} \times 100$$

در این رابطه Q_j درجه اولویت هر ریسک است و Q_{max} بالاترین مقداری است که ریسک ایدئال به خود تخصیص داده است (احمدی و همکاران، ۲۰۲۲).

۴- یافته‌ها

ریسک‌های پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی از طریق بررسی و تحلیل مقالات مرتبط با مدیریت ریسک استخراج شده‌اند و در جدول ۱ ارائه شده‌اند. برای شناسایی این ریسک‌ها، مقالات علمی مرتبط با مدیریت ریسک پروژه، ریسک‌های پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی و ارزیابی ریسک، که بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ در پایگاه‌های معتبر داخلی مانند مگیران و جهاد دانشگاهی و همچنین منابع بین‌المللی مانند الزویر و امرالد منتشر شده‌اند، مورد مطالعه قرار گرفتند. در نتیجه این بررسی، ۲۵ ریسک فرعی و ۵ ریسک اصلی شناسایی شدند.

جدول ۲. ریسک‌های پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی

ریسک اصلی	ریسک‌های فرعی	محققان
ریسک‌های اقتصادی	نوسانات قیمت مواد اولیه	میهرتی و میهرتو (۲۰۲۵)، ایمنی و همکاران (۲۰۲۴)، الگامری (۲۰۲۳)
	نوسانات نرخ ارز	مصاحبه
	محدودیت انتقال ارز	صابری و همکاران (۱۴۰۲)
	کاهش تقاضای جهانی برای محصولات پتروشیمی	ژانگ[1] و همکاران (۲۰۲۴)، لارسن[2] و تیلستد (۲۰۲۴)
	رشد هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری	میهرتی و میهرتو (۲۰۲۵)
	هزینه‌های تأمین مالی	ایمنی و همکاران (۲۰۲۴)، ساوچینا و همکاران (۲۰۲۱)
	تأخیر در پرداخت‌های مالی و اعتباری	سوناریو و همکاران (۲۰۲۵)

[1] Zhang
[2] Larsen

ریسک اصلی	ریسک‌های فرعی	محققان
ریسک‌های فنی	فقدان هماهنگی میان ذی‌نفعان پروژه	شاه و همکاران (۲۰۲۵)
	کمبود نیروهای ماهر و متخصص	مصاحبه
	تأخیر در اجرای پروژه به دلیل مشکلات پیمانکاری	هرماوان، ایسوارا و ایشان[1] (۲۰۲۴)
	خرابی تجهیزات و فناوری‌های مورد استفاده	کرمی، سمیعی و جعفری (۲۰۲۰)
	تأخیر در تأمین تجهیزات، فناوری‌ها و مواد اولیه	لاپاز و همکاران (۲۰۲۳)، پورتیلو و همکاران (۲۰۲۵)
	مشکلات طراحی و مهندسی پروژه	لیو[2] (۲۰۲۴)، سایساندیا و بابو (۲۰۲۰)، بنمسائود و همکاران (۲۰۱۶)
ریسک‌های محیطی	احتمال نشت مواد شیمیایی خطرناک	لی و همکاران (۲۰۲۲)
	رخداد حوادث صنعتی نظیر آتش‌سوزی و انفجار	تیان[3] و همکاران (۲۰۲۵)
	عدم رعایت استانداردهای ایمنی و بهداشت	کیم[4] و همکاران (۲۰۲۴)
	قوانین و مقررات محیط زیستی	تانگ و همکاران (۲۰۱۷)
	انتشار آلاینده‌های محیط زیستی	تانگ و همکاران (۲۰۱۷)
ریسک‌های قانونی و حقوقی	تحریم‌های اقتصادی	مصاحبه
	تغییرات در قوانین و مقررات داخلی و بین‌المللی	اوکویی و همکاران (۲۰۲۴)، نادری و همکاران (۱۳۹۳)
	بی‌ثباتی سیاسی	مصاحبه
	مشکلات مربوط به دریافت مجوزها و تشریفات دولتی	اوکویی و همکاران (۲۰۲۴)، عبادزاده و همکاران (۲۰۲۳)
ریسک‌های زنجیره تأمین	رشد هزینه‌های لجستیکی و حمل‌ونقل	اوچوبی[5] و همکاران (۲۰۲۴)

[1] Hermawan, Isvara & Ichsan
[2] Liu
[3] Tian
[4] Kim
[5] Ucheobi

ریسک اصلی	ریسک‌های فرعی	محققان
	اختلال در زنجیره تأمین به دلیل بحران‌های جهانی	اوکویی و همکاران (۲۰۲۴)، توبیس و پوتوراج (۲۰۲۵)، ؛ آمور و گوربل (۲۰۱۸)
	تأخیر در حمل‌ونقل مواد اولیه و تجهیزات	جباری، کرم‌صالحی و قانع (۱۴۰۵)

در این مرحله، ۲۵ ریسک مرتبط با پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی که از طریق مرور تحلیلی پیشینه پژوهش و نظرسنجی از خبرگان صنعت پتروشیمی شناسایی شده بودند، با استفاده از روش دلفی فازی مورد غربال‌گری قرار گرفتند. ریسک‌هایی که مقدار دیفازی شده آن‌ها کمتر از ۰/۷ بود، از ادامه تحلیل کنار گذاشته شدند. در نهایت، ۸ ریسک که مقدار دیفازی شده آن‌ها بیش از ۰/۷ بود، برای ارزیابی نهایی با روش کپراس انتخاب شدند. جدول شماره سه، فهرست نهایی ریسک‌های صنعت پتروشیمی را همراه با میانگین نظرات خبرگان و مقدار دیفازی شده هر ریسک ارائه می‌دهد.

در این پژوهش، اجرای دلفی فازی به صورت یک مرحله‌ای انجام شد و تمامی مراحل برای بازتولیدپذیری مستند گردید. نظرات ۱۰ خبره بر اساس طیف پنج‌درجه لیکرت فازی مثلثی جمع‌آوری شد، سپس مقادیر فازی هر ریسک تجمیع و با استفاده از فرمول میانگین مثلثی دی‌فازی سازی شد. ریسک‌هایی که مقدار دی‌فازی‌شده آن‌ها برابر یا بیشتر از ۰/۷ بود، برای مراحل بعدی حفظ و ریسک‌های کمتر از این مقدار حذف شدند.

جدول ۳. عدد دیفازی ریسک‌های غربال شده

ریسک‌های نهایی	میانگین نظرات خبرگان			عدد دیفازی شده
نوسانات نرخ ارز	۰/۸۹	۰/۸	۰/۷۱	۰/۸
کاهش تقاضای جهانی برای محصولات پتروشیمی	۰/۹۷	۰/۸۶	۰/۷۳	۰/۸۵
هزینه‌های تأمین مالی	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۶۷	۰/۷۷
کمبود نیروهای ماهر و متخصص	۰/۹۳	۰/۸۴	۰/۷۱	۰/۸۳
خرابی تجهیزات و فناوری‌های مورد استفاده	۰/۹۲	۰/۸	۰/۶۸	۰/۸
قوانین و مقررات محیط زیستی	۰/۹۳	۰/۸۲	۰/۷	۰/۸۲

ریسک‌های نهایی	میانگین نظرات خبرگان			عدد دیفازی شده
تحریم‌های اقتصادی	۰/۹۶	۰/۸۵	۰/۷۲	۰/۸۴
رشد هزینه‌های لجستیکی و حمل‌ونقل	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۶۹	۰/۷۷

در ارزیابی ریسک، از سه شاخص استفاده می‌شود که شامل احتمال وقوع، شدت اثر و تشخیص‌پذیری هستند. شاخص تشخیص‌پذیری به‌عنوان یک شاخص منفی در نظر گرفته می شود، بدین معنی که هر چه میزان تشخیص‌پذیری ریسک بیشتر باشد، اهمیت آن برای ارزیابی ریسک کاهش می‌یابد. در مقابل، شاخص‌های احتمال وقوع و شدت اثر به‌عنوان شاخص‌های مثبت محسوب می شوند، یعنی با افزایش مقدار ریسک در این دو شاخص، اولویت آن ریسک در ارزیابی بیشتر خواهد بود. در این مرحله، نوبت به شناسایی اولویت ریسک‌ها با استفاده از این شاخص‌ها می‌رسد. در جدول شماره سه، ماتریس میانگین نظرات ۱۰ خبره درباره اهمیت هشت ریسک پروژه در صنعت پتروشیمی آورده شده است. خبرگان نظرات خود را در یک مقیاس ده‌تایی از اهمیت کم تا زیاد در خصوص ریسک‌ها بر اساس شاخص‌های احتمال وقوع، شدت اثر و میزان تشخیص‌پذیری بیان کرده‌اند. در نهایت، دیدگاه‌های این خبرگان با استفاده از میانگین حسابی ترکیب شده است. جدول شماره چهار، میانگین نظرات خبرگان در مورد ریسک‌ها را بر اساس این سه شاخص نشان می‌دهد.

جدول ۴. ماتریس میانگین نظرات خبرگان

ریسک‌های صنعت پتروشیمی	احتمال وقوع	میزان تشخیص‌پذیری	شدت اثر
نوسانات نرخ ارز	۷/۰۹	۶/۸۷	۶/۸۲
کاهش تقاضای جهانی برای محصولات پتروشیمی	۹/۴۶	۴/۱۳	۸/۹۲
هزینه‌های تأمین مالی	۷/۸۴	۵/۶۴	۸/۳۴
کمبود نیروهای ماهر و متخصص	۴/۳۸	۸/۱۶	۳/۷۱
خرابی تجهیزات و فناوری‌های مورد استفاده	۹/۱۲	۴/۷۵	۸/۰۹

ریسک‌های صنعت پتروشیمی	احتمال وقوع	میزان تشخیص‌پذیری	شدت اثر
قوانین و مقررات محیط زیستی	۶/۱۴	۷/۵۴	۵/۹۸
تحریم‌های اقتصادی	۴/۹	۸/۱۱	۵/۷۶
رشد هزینه‌های لجستیکی و حمل‌ونقل	۴/۶۷	۶/۳۲	۳/۷۵
جمع ستونی	۵۳/۶	۵۱/۵۲	۵۱/۳۷

در مرحله بعد، داده‌های ماتریس تصمیم باید نرمال‌سازی شوند. برای انجام این کار، هر یک از مقادیر ماتریس تصمیم بر جمع مقادیر مربوط به هر ستون از شاخص‌ها تقسیم می‌شود. جدول شماره پنج داده‌های نرمال‌شده ماتریس را نمایش می‌دهد.

جدول۵. مقادیر ماتریس نرمال پژوهش

ریسک‌های صنعت پتروشیمی	احتمال وقوع	میزان تشخیص‌پذیری	شدت اثر
نوسانات نرخ ارز	۰/۱۳۲	۰/۱۳۳	۰/۱۳۳
کاهش تقاضای جهانی برای محصولات پتروشیمی	۰/۱۷۶	۰/۰۸	۰/۱۷۴
هزینه‌های تأمین مالی	۰/۱۴۶	۰/۱۰۹	۰/۱۶۲
کمبود نیروهای ماهر و متخصص	۰/۰۸۲	۰/۱۵۸	۰/۰۷۲
خرابی تجهیزات و فناوری‌های مورد استفاده	۰/۱۷	۰/۰۹۲	۰/۱۵۷
قوانین و مقررات محیط زیستی	۰/۱۱۵	۰/۱۴۶	۰/۱۱۶
تحریم‌های اقتصادی	۰/۰۹۱	۰/۱۵۷	۰/۱۱۲
رشد هزینه‌های لجستیکی و حمل‌ونقل	۰/۰۸۷	۰/۱۲۳	۰/۰۷۳

پس از آن، وزن هر شاخص به داده‌های ماتریس نرمال ضرب می‌شود. با ضرب داده‌های ماتریس نرمال در وزن‌های مربوط به هر شاخص، ماتریس نرمال موزون به دست می‌آید. این ماتریس نرمال موزون به عنوان معیار اصلی برای محاسبه شاخص‌های ارزیابی در تکنیک کپراس استفاده می‌شود. در این تحقیق، وزن تمامی شاخص‌های ارزیابی ریسک برابر فرض شده است.

در این پژوهش، وزن شاخص‌های ارزیابی ریسک شامل احتمال وقوع، شدت اثر و تشخیص‌پذیری به دلیل اهمیت برابر هر یک در تصمیم‌گیری پروژه‌ای، برابر فرض شده است. این انتخاب با توجه به اینکه هر شاخص به‌طور مستقیم بر اولویت‌بندی ریسک‌ها تأثیرگذار است و کاهش وزن هر کدام می‌تواند تحلیل را یک‌جانبه کند، توجیه می‌شود. علاوه بر این، استفاده از وزن‌های مساوی باعث سادگی، شفافیت و قابلیت بازتولید تحلیل کپراس شده است. با این حال، در مطالعات بعدی و برای افزایش دقت، امکان برآورد وزن‌ها با استفاده از روش‌های مستقل و کمی مانند تحلیل سلسله مراتبی یا بهترین-بدترین وجود دارد که می‌تواند تأثیر نسبی هر شاخص را به‌طور دقیق‌تری منعکس کند.

جدول ۶. داده‌های ماتریس نرمال موزون

ریسک‌های صنعت پتروشیمی	احتمال وقوع (۰/۳۳)	میزان تشخیص‌پذیری (۰/۳۳)	شدت اثر (۰/۳۳)
نوسانات نرخ ارز	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴
کاهش تقاضای جهانی برای محصولات پتروشیمی	۰/۰۵۸	۰/۰۲۶	۰/۰۵۷
هزینه‌های تأمین مالی	۰/۰۴۸	۰/۰۳۶	۰/۰۵۳
کمبود نیروهای ماهر و متخصص	۰/۰۲۷	۰/۰۵۲	۰/۰۲۴
خرابی تجهیزات و فناوری‌های مورد استفاده	۰/۰۵۶	۰/۰۳	۰/۰۵۲
قوانین و مقررات محیط زیستی	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۳۸
تحریم‌های اقتصادی	۰/۰۳	۰/۰۵۲	۰/۰۳۷
رشد هزینه‌های لجستیکی و حمل‌ونقل	۰/۰۲۹	۰/۰۴۱	۰/۰۲۴

مقادیر s_{j+} و s_{j-} بر اساس فرمول‌های گام چهارم، محاسبه می‌شوند. مقدار اهمیت نسبی Q_j هر ریسک بر اساس دو شاخص s_{j+} و s_{j-} با توجه به فرمول گام پنجم محاسبه می‌شود. هر چه مقدار Q_j برای ریسک خاصی بیشتر باشد، آن ریسک رتبه بالاتری خواهد داشت. در نهایت شاخص N_j از تقسیم اهمیت نسبی هر ریسک بر بیشترین مقدار Q_j ضرب در عدد ۱۰۰ بدست می‌آید. هر چه این عدد افزون‌تر باشد، ریسک مربوطه دارای اولویت بیشتری خواهد بود. جدول شماره هفت، شاخص‌های مورد نظر را برای ریسک‌های صنعت پتروشیمی نشان می‌دهد.

جدول ۷. شاخص‌های ارزیابی روش کپراس

ریسک‌های پتروشیمی	s_{j+}	s_{j-}	Q_j	N_j	رتبه ریسک
نوسانات نرخ ارز	۰/۰۸۸	۰/۰۶۳	۰/۱۵۴	۰/۸۰۶	۵
کاهش تقاضای جهانی برای محصولات پتروشیمی	۰/۱۱۵	۰/۰۵۵	۰/۱۹۱	۱	۱
هزینه‌های تأمین مالی	۰/۱۰۱	۰/۰۵۱	۰/۱۸۳	۰/۹۵۸	۲
کمبود نیروهای ماهر و متخصص	۰/۰۵۱	۰/۱	۰/۰۹۳	۰/۴۸۷	۸
خرابی تجهیزات و فناوری‌های مورد استفاده	۰/۱۰۸	۰/۰۸۶	۰/۱۵۶	۰/۸۱۷	۴
قوانین و مقررات محیط زیستی	۰/۰۷۶	۰/۰۹۶	۰/۱۱۹	۰/۶۲۳	۷
تحریم‌های اقتصادی	۰/۰۶۷	۰/۰۵۱	۰/۱۴۹	۰/۷۸	۶
رشد هزینه‌های لجستیکی و حمل‌ونقل	۰/۰۵۳	۰/۰۴	۰/۱۵۷	۰/۸۲۲	۳

براساس نتایج جدول شماره هفت، ریسک‌های مرتبط با کاهش تقاضای جهانی برای محصولات پتروشیمی، هزینه‌های تأمین مالی، افزایش هزینه‌های لجستیکی و حمل‌ونقل، خرابی تجهیزات و فناوری‌های مورد استفاده، و نوسانات نرخ ارز به ترتیب بیشترین اولویت را از نظر شاخص‌های سه‌گانه ارزیابی ریسک دارند. پیشنهادهای این تحقیق بر پایه این نتایج و با استفاده از رویکرد مدیریت دانش و از طریق مصاحبه با گروه‌های کانونی ارائه خواهند شد.

برای اطمینان از پایداری نتایج و حساسیت رتبه‌بندی ریسک‌ها نسبت به تغییرات وزن شاخص‌ها، یک تحلیل حساسیت مختصر انجام شد. در این تحلیل، وزن‌های شاخص‌های احتمال وقوع، شدت اثر و تشخیص‌پذیری در دامنه ۱۰± درصد تغییر داده شدند و تأثیر آن بر رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که رتبه‌بندی ریسک‌های اولویت‌دار عمدتاً پایدار باقی می‌ماند و تغییرات اندک وزن‌ها، ترتیب کلی ریسک‌ها را به شکل معناداری تغییر نمی‌دهد. این یافته، اعتماد به صحت و قابلیت اطمینان تحلیل کپراس با فرض وزن‌های برابر را تقویت می‌کند.

فرآیند مصاحبه با گروه‌های کانونی در این تحقیق با هدف استخراج راهکارهای عملی برای مدیریت ریسک‌های پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی و بهره‌گیری از دانش خبرگان طراحی شد. گروه کانونی شامل هفت نفر از خبرگان با تجربه عملی در پروژه‌های پتروشیمی بود که هدایت جلسه توسط یک مدیر جلسه (تسهیل‌کننده) انجام گرفت. پیش از جلسه، اهداف پژوهش، فهرست ریسک‌های اولویت‌بندی شده و شاخص‌های ارزیابی ریسک در قالب یک دستور کار روشن و ساختاریافته به اعضا ارائه شد. دستور کار جلسه شامل سه بخش اصلی بود:

۱. مرور نتایج تحلیل کمی ریسک‌ها: اعضا با دیدگاه‌های حاصل از تحلیل دلفی فازی و رتبه‌بندی کپراس آشنا شدند تا پایه مشترکی برای بحث ایجاد شود.

۲. اشتراک‌گذاری تجربیات و دانش عملی: خبرگان تجربیات خود در مواجهه با هر ریسک را مطرح کردند و درس‌آموخته‌های گذشته در پروژه‌های موفق و ناموفق بررسی شد. این بخش به شکل مستقیم با مدیریت دانش مرتبط است، زیرا مستندسازی دانش ضمنی و تجربیات عملی، امکان استفاده مجدد در پروژه‌های آینده را فراهم می‌کند.

۳. شناسایی راهکارها و پیشنهادهای کاربردی: اعضا راهکارهای عملی برای کاهش ریسک‌ها ارائه کردند و این راهکارها بر اساس تجارب گذشته، نوآوری‌های فناورانه و استانداردهای مدیریتی تحلیل و اولویت‌بندی شد.

نتیجه این فرآیند، ایجاد یک چارچوب دانش‌محور برای مدیریت ریسک بود که در آن، تجربیات پیشین، اطلاعات عملیاتی و دانش سازمانی ترکیب شده و به تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در پروژه‌های

توسعه‌ای پتروشیمی منجر می‌شود. همچنین، مستندسازی این بحث‌ها به شکل پایگاه داده‌ای از درس‌آموخته‌ها، امکان انتقال دانش به تیم‌های بعدی و تکرار موفقیت‌ها را فراهم می‌کند.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به دنبال شناسایی و مدیریت ریسک‌های پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی در ایران است. بدین منظور در ابتدا از طریق مرور ادبیات و اخذ نظر از خبرگان، ۲۵ ریسک در قالب پنج ریسک اصلی اقتصادی، فنی، محیطی، قانونی و حقوقی و زنجیره تأمین شناسایی شد. در گام بعد، ریسک‌ها با توزیع پرسشنامه‌های خبره‌سنجی و روش دلفی فازی سرند شدند. هشت ریسک دارای عدد دیفازی بالاتر از ۰/۷ بودند و برای رتبه‌بندی نهایی انتخاب شدند. ریسک‌های اولویت‌دار عبارت بودند از: کاهش تقاضای جهانی برای محصولات پتروشیمی، هزینه‌های تأمین مالی، افزایش هزینه‌های لجستیکی و حمل‌ونقل، خرابی تجهیزات و فناوری‌های مورد استفاده، و نوسانات نرخ ارز.

این پژوهش نوآوری‌های چندگانه‌ای نسبت به مطالعات پیشین در مدیریت ریسک پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی ارائه می‌دهد. نخست، ترکیب روش‌های کمی و کیفی خبره‌محور شامل دلفی فازی و کپراس همراه با مصاحبه‌های گروه کانونی، امکان شناسایی دقیق ریسک‌ها و ارائه راهکارهای عملی مبتنی بر تجربه واقعی صنعت را فراهم می‌کند، در حالی که پژوهش‌های پیشین عمدتاً رویکردهای صرفاً کمی یا تئوریک داشته‌اند. دوم، تمرکز بر ریسک‌های ویژه پروژه به جای ریسک‌های کلی سازمانی، امکان تحلیل عملیاتی و تصمیم‌گیری کاربردی برای هر پروژه را فراهم می‌آورد. سوم، استفاده از مدیریت دانش به عنوان سازه پشتیبان در تمام مراحل مدیریت ریسک، شامل شناسایی، ارزیابی و پاسخ به ریسک‌ها، نوآوری دیگری است که نشان می‌دهد چگونه دانش ضمنی و صریح خبرگان می‌تواند دقت و اثربخشی تصمیم‌گیری‌ها را افزایش دهد. نهایتاً، ادغام تحلیل تاریخی و تجربه‌محور با تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، چارچوبی فراهم می‌کند که درس‌آموخته‌های سیاستی و عملیاتی را برای مدیران پروژه و مسئولان کشور قابل استخراج و استفاده می‌سازد، که نمونه‌ای کم‌نظیر در مطالعات مدیریت ریسک صنعت پتروشیمی محسوب می‌شود.

برای تدوین راهکارها و پیشنهادهای اجرایی از روش کیفی مصاحبه با گروه‌های کانونی استفاده شد. به همین خاطر یک پنل هفت نفره تشکیل شد. بحث‌ها توسط یکی از خبرگان هدایت شد. در ابتدا هدف، مراحل و ریسک‌ها به خبرگان تشریح شد. نظرات خبرگان توسط رهبر و هدایت‌گر بحث‌ها جمع‌بندی شد. پیشنهادهای کاربردی پژوهش در ادامه تشریح شده‌اند.

با این حال، برخلاف یافته‌های اولیه که کاهش تقاضای جهانی را به عنوان یک ریسک مهم معرفی می‌کرد، بررسی روند بازار جهانی نشان می‌دهد که تقاضای محصولات پتروشیمی به طور کلی در حال رشد است. بنابراین ریسک واقعی مرتبط با تقاضا در پروژه‌های ایران، نه کاهش جهانی، بلکه محدودیت دسترسی به بازارهای صادراتی و چالش‌های تحریمی و لجستیکی است. این امر نشان می‌دهد که

مدیریت ریسک در پروژه‌های توسعه‌ای پتروشیمی باید با تمرکز بر بهبود توان صادراتی، تقویت زنجیره تأمین و برنامه‌ریزی مالی مواجهه با تحریم‌ها و محدودیت‌ها انجام شود. همچنین، بهره‌گیری از مدیریت دانش می‌تواند با جمع‌آوری تجربیات گذشته، مستندسازی درس‌آموخته‌ها و استفاده از اطلاعات بازار، تصمیم‌گیری‌ها را در مواجهه با این ریسک‌ها تسهیل کند و تاب‌آوری پروژه‌ها را افزایش دهد. بنابراین، پیشنهادهای پژوهش باید علاوه بر تمرکز بر ریسک‌های مالی و فنی، به راهبردهای عملیاتی برای کاهش محدودیت‌های صادراتی و بهره‌گیری بهینه از دانش سازمانی نیز معطوف باشد.

مدیریت دانش در پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی، به معنای گردآوری، مستندسازی و بهره‌برداری از تجربیات و درس‌آموخته‌های گذشته است و تمرکز آن بر انتقال دانش میان تیم‌ها و استفاده مؤثر از تجربیات پیشین برای بهبود تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد. این رویکرد امکان شناسایی ریسک‌های احتمالی، بهبود فرآیندهای اجرایی و کاهش خطاهای مدیریتی را فراهم می‌آورد و موجب افزایش تاب‌آوری پروژه‌ها در مواجهه با چالش‌های فنی، مالی و عملیاتی می‌شود.

در این چارچوب، مدیریت دانش به صورت مستقیم شامل تحلیل کلان‌داده یا پیش‌بینی بازار نمی‌شود، بلکه با ایجاد بانک‌های دانش، ثبت تجربیات موفق و ناموفق و به اشتراک‌گذاری آن‌ها میان واحدهای مختلف، امکان اتخاذ تصمیمات آگاهانه و مبتنی بر تجربه فراهم می‌آید. برای مثال، اطلاعات و تجربیات مربوط به خرابی تجهیزات، تأمین مالی یا مشکلات لجستیکی می‌تواند به برنامه‌ریزی بهتر، پیشگیری از مشکلات تکراری و افزایش بهره‌وری کمک کند.

بنابراین، در حالی که ابزارهای داده‌کاوی و مدل‌های پیش‌بینی می‌توانند برای تحلیل روندهای بازار و ارزیابی احتمالات به کار روند، نقش مدیریت دانش در پروژه‌های پتروشیمی، عمدتاً بر جنبه‌های انسانی و سازمانی مانند یادگیری از تجربه، بهبود فرآیندها و اشتراک‌گذاری دانش متمرکز است. این رویکرد به مدیران پروژه امکان می‌دهد با استفاده از دانش جمع‌آوری‌شده، ریسک‌ها را به شکل مؤثرتری مدیریت کرده و تصمیمات عملیاتی و راهبردی بهتری اتخاذ نمایند.

در پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی، مدیریت دانش می‌تواند با اقدامات عملیاتی و ساختاری، ریسک‌ها را به شکل مؤثرتری کاهش دهد. ایجاد بانک‌های اطلاعاتی متمرکز برای ثبت و تحلیل خطاها، خرابی تجهیزات و تأخیرهای پیمانکاری امکان شناسایی علل ریشه‌ای مشکلات و پیشگیری از تکرار آن‌ها را فراهم می‌کند. همچنین مستندسازی تجربیات پیمانکاران و تأمین‌کنندگان و تحلیل قراردادها و زمان‌بندی‌ها، تصمیم‌گیری در انتخاب شرکای پروژه را بهبود می‌بخشد و ریسک‌های تأخیر در تأمین تجهیزات و مواد اولیه را کاهش می‌دهد. تدوین دستورالعمل‌ها و پروتکل‌های عملیاتی مبتنی بر دانش پروژه‌های گذشته، خطاهای انسانی را کاهش داده و هماهنگی بین تیم‌ها را افزایش می‌دهد. برقراری شبکه‌های انتقال دانش بین پروژه‌ای نیز می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و پیشگیری از ریسک‌های مشابه در پروژه‌های بعدی کمک کند. علاوه بر این، تعریف شاخص‌های عملکرد دانش مانند کاهش زمان توقف تجهیزات، کاهش تأخیر در تأمین، بهبود پیش‌بینی هزینه و افزایش هماهنگی تیم‌ها، اثربخشی اقدامات

دانش‌محور را به شکل کمی قابل سنجش می‌سازد. استفاده از شبیه‌سازی‌های سناریویی مبتنی بر اطلاعات تجربی، از جمله خرابی تجهیزات، نوسانات نرخ ارز یا تأخیر در تأمین مواد، نیز به تیم پروژه امکان می‌دهد استراتژی‌های واکنش سریع و عملیاتی را تدوین کند و عملکرد پروژه را در مواجهه با ریسک‌های داخلی و خارجی بهبود بخشد.

نتایج این پژوهش چندین درس عملی و سیاستی برای بهبود مدیریت پروژه‌های توسعه‌ای صنعت پتروشیمی ارائه می‌دهد:

۱. **تقویت مدیریت دانش سازمانی:** ایجاد بانک‌های اطلاعاتی مرکزی برای ثبت تجربیات موفق و ناموفق پروژه‌ها، تدوین دستورالعمل‌ها و استانداردهای عملیاتی و تسهیل انتقال دانش بین پروژه‌ها می‌تواند به کاهش خطاها و افزایش بهره‌وری کمک کند.

۲. **تمرکز بر تاب‌آوری زنجیره تأمین:** با توجه به اهمیت اختلالات لجستیکی و محدودیت‌های صادراتی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقل، تأمین منابع جایگزین و شبکه‌های تأمین مطمئن، اولویت سیاستی محسوب می‌شود.

۳. **مدیریت ریسک‌های مالی و ارزی:** نوسانات نرخ ارز و هزینه‌های تأمین مالی از مهم‌ترین ریسک‌ها هستند؛ ایجاد سیاست‌های حمایتی مالی و ارزی، ابزارهای پوشش ریسک و برنامه‌ریزی مالی هوشمندانه، می‌تواند پایداری پروژه‌ها را افزایش دهد.

۴. **توسعه توانمندی‌های فنی و انسانی:** کمبود نیروهای متخصص و خرابی تجهیزات ریسک‌های کلیدی پروژه هستند؛ تقویت آموزش‌های مهارتی، برنامه‌های نگهداری پیشگیرانه و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، اهمیت راهبردی دارد.

۵. **یکپارچگی سیاست‌های محیط‌زیستی و قانونی:** رعایت استانداردهای محیط‌زیستی و قوانین داخلی و بین‌المللی، همراه با شفاف‌سازی رویه‌های مجوزدهی و کاهش موانع قانونی، می‌تواند از تأخیرها و تحریم‌های احتمالی جلوگیری کند.

این درس‌آموخته‌ها می‌توانند به شکل سیاست‌های کلان و برنامه‌های اجرایی، مدیران پروژه و مسئولان کشور را در برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های پتروشیمی یاری دهند و تاب‌آوری صنعت را در مواجهه با ریسک‌های داخلی و جهانی افزایش دهند.

منابع

جباری، علی؛ صالحی، الله‌کرم و قانع، سعید (۱۴۰۳). مدل‌سازی ریسک‌های زنجیره تأمین صنایع نفتی-پتروشیمی و شیمیایی (رویکرد مدل‌های میانگین‌گیری بیزین و حداقل مربعات وزنی). *دانش سرمایه‌گذاری*، ۱۵(۵۷)، ۴۰۶-۳۸۱.

دهقانی فیل آبادی، علی؛ ناهیدتیتکانلو، حسین؛ فرهادی، علیرضا (۱۴۰۳). شناسایی و رتبه بندی ریسک های تعمیرات اساسی در صنعت پتروشیمی بااستفاده از روش ترکیبی دلفی و بهترین-بدترین فازی: مطالعه موردی شرکت پتروشیمی لردگان، *نشریه پژوهشهای مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید*، ۱۲(۲۵)، ۲۹-۱۹.

رشیدی‌نیا، مریم؛ کریمی، فرزاد؛ قربانی دینانی، حسن (۱۴۰۳). شناسایی و اولویت‌بندی فرصت‌های صادراتی محصولات پترو شیمی ایران در کشورهای اتحادیه اقتصادی اوراسیا: کاربرد مدل تلفیقی پشتیبان تصمیم-پیچیدگی اقتصادی، *مجله توسعه تکنولوژی صنعتی*، ۲۲(۵۷)، ۱۱۰-۸۵.

صابری، محمد جواد؛ شفیعی ناطق، محمد مبین؛ توحیدی، محمد؛ رشیدی، محمد امین (۱۴۰۲). شناسایی و تحلیل ریسک‌های راهبردی مالی در صنعت پتروشیمی جمهوری اسلامی ایران، *فصلنامه راهبرد اقتصادی*، ۱۱(۴۲)، ۱۳۷- ۱۷۲.

طالبی، علی نقی. (۱۴۰۲). مولفه‌های ریسک‌پذیر در زنجیره تأمین پروژه‌های تحقیقاتی صنایع پتروشیمی. نشریه مدیریت بحران، ۱۲(۲)، ۷۲–۸۲.

عفتی، مهدی؛ کارگر، امیر (۱۴۰۱). مزیت سنجی محصولات پلیمری در راستای مقاوم سازی صنعت پتروشیمی، نشریه مطالعات راهبردی بسیج، ۲۴(۹۳)، ۱۷۱-۱۳۷.

مرادی، بهنام. (۱۳۹۹). پیاده‌سازی و کاربرد روش بازرسی بر مبنای ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی. ماهنامه اکتشاف و تولید نفت و گاز، ۱۸۰، ۴۸–۵۸.

ملکی، محمدحسن؛ میرزایی، مونا؛ رحیمیان اصل، محمدمهدی (۱۴۰۱). سناریونگاری صنعت سیمان در ایران با رویکرد آمیخته، فصلنامه بهبود مدیریت، ۱۶(۵۷)، ۸۸-۶۰.

نادری، فخرالدین؛ منطقی، منوچهر؛ صفایی مقدم، علی (۱۳۹۳). شناسایی و تحلیل ریسک پروژه ساخت موتور نسل چهارم بر اساس استاندارد PMBOK، فصلنامه بهبود مدیریت، ۸(۲۳)، ۱۰۷.

نعیمی، فاطمه؛ ورهرامی، ویدا(۱۴۰۲). بررسی تاثیر خصوصی سازی بر عملکرد اقتصادی صنعت پتروشیمی ایران (مطالعه موردی: ده شرکت منتخب پتروشیمی)، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۹(۷۹)، ۱۲۱-۱۵۴.

Ahmadi, M., Rousta, A., Maleki, M. H., & Asayesh, F. (2022). Future Study of Marketing in the Banking Industry with a focus on Blockchain Technology. *Journal of System Management*, *8*(4), 133-146.

Al Qudah, S. M. A., Bargues, J. L. F., & Gisbert, P. F. (2024). The effect of COVID-19 on the research trends on project risk management and achievement of sustainable development goals. *Journal of the Knowledge Economy*, *15*(3), 14578-14596.

Amor, R. B., & Ghorbel, A. (2018). The risk in Petroleum Supply Chain: A review and typology. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, *9*(2), 141-163.

Arabi, S. H., Maleki, M. H., & Ansari, H. (2024). Future study of revenue sources in the social security organization with the scenario planning approach. *foresight*, *26*(2), 315-336.

Barraza de la Paz, J. V., Rodríguez-Picón, L. A., Morales-Rocha, V., & Torres-Argüelles, S. V. (2023). A systematic review of risk management methodologies for complex organizations in industry 4.0 and 5.0. *Systems*, *11*(5), 218.

Benmessaoud, T., Benazzouz, D., Benikhlef, T., Mazouz, L., & Saadi, S. (2016). Major industrial risks assessment in chemical/petrochemical facilities. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, *7*, 18-26.

Dalvand, H., Maleki, M. H., Jahangirnia, H., & Safa, M. (2023). Identifying and Prioritizing Investment Risks in Sports Projects. *Advances in Mathematical Finance and Applications*, *1*(1), 75.

Dehghani Filabadi, Ali; Nahidtitkanloo, Hossein; Farhadi, Alireza (2014). Identification and ranking of major repair risks in the petrochemical industry using the combined Delphi and best-worst fuzzy methods: A case study of Lordegan Petrochemical Company, Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems, 12(25), 19-29 (In Persian).

Ebadzadeh, F., Monavari, S. M., Jozi, S. A., Robati, M., & Rahimi, R. (2023). Combining the Bow-tie model and EFMEA method for environmental risk assessment in the petrochemical industry. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *20*(2), 1357-1368.

Effati, M., & Kargar, A. (2022). Advantage of polymer products to strengthen the petrochemical industry. *Basij Strategic Studies*, *24*(93), 137-171 (In Persian).

Elghamry, M. M. (2023). The Role of Raw Material Price Fluctuations on Organizations' Financial Performance.

Hermawan, D., Isvara, W., & Ichsan, M. (2024). Critical risk factors associated with schedule delays in gas processing facility projects: Case study in Indonesia. *Global Business & Finance Review (GBFR)*, *29*(6), 60-73.

Hu, L., Zhou, J., Zhang, J. Z., & Behl, A. (2024). Blockchain technology adaptation and organizational inertia: moderating role between knowledge management processes and supply chain resilience. *Kybernetes*, *53*(2), 515-542.

Imeni, M., Puška, A., Edalatpanah, S. A., & Karimi, H. (2024). Managing financial risks in the petrochemical industry: A corporate social responsibility approach to sustainable development. *Oppor Chall. Sustain*, *3*(4), 208-222.

Iqbal, S., Choudhry, R. M., Holschemacher, K., Ali, A., & Tamošaitienė, J. (2015). Risk management in construction projects. *Technological and economic development of economy*, *21*(1), 65-78.

Jabbari, A., Salehi, A. K., & Ghane, S. (2024). Modeling the Supply Chain Risks of Oil-Petrochemical and Chemical Industries (Bayesian Models Averaging and weighted least squares approach). *Journal of Investment Knowledge*, *15*(57), 381-406 (In Persian).

Karami, M., Samimi, A., & Jafari, M. (2020). The necessity of risk management evaluations in petrochemical industries. *Advanced Journal of Chemistry-Section B*, *2*(3), 151-8.

Kim, L. S., Yoon, C., Lee, D., Shin, G., & Jung, S. (2024). A Study on the Sustainability of Petrochemical Industrial Complexes Through Accident Data Analysis. *Processes*, *12*(12).

Larsen, M., & Tilsted, J. P. (2024). The future of fossil fuels, chemicals, and feedstocks: Outlining a research agenda on the role of China in the global petrochemical industry. *Energy Research & Social Science*, *118*, 103750.

Li, G., Hong, B., Hu, H., Shao, B., Jiang, W., Li, C., & Guo, J. (2022). Risk management of island petrochemical park: Accident early warning model based on artificial neural network. *Energies*, *15*(9), 3278.

Li, T., You, J., Aktas, E., Dong, Y., & Yang, M. (2025). Risk assessment for digital transformation projects in construction Enterprises: An enhanced FMEA model. *Expert Systems with Applications*, 126991.

Liu, Z. (2024). An operational risk assessment method for petrochemical plants based on deep learning. *Frontiers in Energy Research*, *12*, 1455276.

Maleki, M. H., Mirzaie, M., & Rahimian Asl, M. M. (2022). Scenario planning of the cement industry in Iran with a mixed approach. *Journal of Improvement Management*, *16*(3), 60-88 (In Persian).

Moradi, Behnam. (2010). Implementation and application of risk-based inspection method in oil, gas and petrochemical industries. Monthly Journal of Oil and Gas Exploration and Production, 180, 48–58 (In Persian).

Naderi, F., Manteghi, M., & Safaei Moghaddam, A. (2014). Identification and Analysis of 4th Generation Engine Manufacturing Project's Risks Based on PMBOK Practice Standard. *Journal of Improvement Management*, *8*(1), 107-128 (In Persian).

Naimi, Fatemeh; Varahrami, Vida (2013). Studying the impact of privatization on the economic performance of Iran's petrochemical industry (Case study: ten selected petrochemical companies), *Quarterly Journal of Energy Economics Studies*, 19(79), 121-154 (In Persian).

Rashidinia, M., Karimi, F., & Ghorbani Dinani, H. (2024). Identifying and prioritizing the export opportunities of Iranian petrochemical products in the countries of the Eurasian Economic Union: the application of an integrated decision support model-economic complexity. *Quarterly journal of Industrial Technology Development*, *22*(57), 85-110 (In Persian).

Saberi, M. J., Shafie Nategh, M. M., Tohidi, M., & Rashidi, M. A. (2022). Identification and analysis of strategic financial risks in the petrochemical industry of the Islamic Republic of Iran. *Economic Strategy*, *11*(42), 137-172 (In Persian).

Talebi, A. N. (2024). Supply Chain Management for Research and Industrial Development Projects. *Emergency Management*, *12*(2), 72-82 (In Persian).