J. Analysis of Structure and Earthquake
Volum 22, Issue 4, winter 2026
Issn: 2821-0999
وبگاه مجله: www.civil-strj.maragheh.iau.ir
آنالیز سازه - زلزله
فصلنامه علمی
دوره ۲۲، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴

Designing a Comprehensive Risk Management Model for Oil Pipeline Construction Projects

Meysam Sohrabi
Department of Civil Engineering, Sa.C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.
Heirsh Soltanpanah *
Department of Management, Sa.C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.
Amir Asad Nasrizar
Department of Civil Engineering, Sa.C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.
Mohammad Sedigh Sabeti
Department of Civil Engineering, Sa.C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.
heirsh@iau.ac.ir

Keywords:

Project Risk Management;

Oil Pipelines;

TOPSIS Method;

Delphi Method;

Iran.

Abstract

Oil pipeline construction projects are among the most complex and costly infrastructure projects, facing a wide range of managerial and operational risks due to their geographical extent, technical complexity, and environmental requirements. Despite the critical importance of risk management, previous research has primarily focused on the operational phase, while the construction phase has received limited systematic attention. This study aims to develop a comprehensive and context-specific risk management model for the construction phase of oil pipelines in Iran. Initially, 49 risk management models were identified and ranked based on 10 specialized criteria using the TOPSIS method. Subsequently, the key steps of the top-ranked models were refined and validated through a four-round Delphi process with the participation of 20 experts from the Iranian oil industry and academia. The outcome is an 11-step conceptual model encompassing risk management planning, context establishment, risk identification, qualitative analysis, quantitative analysis, response planning, assignment of responsible individuals, response implementation, monitoring, control and review, communication and consultation, and documentation of the project risk management process. The main contribution of this study lies in integrating quantitative and qualitative approaches, incorporating expert judgments, and localizing the model to fit the practical context of Iranian projects. The proposed model provides a practical, cyclical framework for reducing uncertainty, enhancing project success probability, and strengthening project management in high-risk oil pipeline construction projects.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

این نشریه تحت قانون بین‌المللی کپی‌رایت Creative Commons: BY-NC است.

* Corresponding Author

طراحی مدل جامع مدیریت ریسک پروژه‌های احداث خطوط لوله نفت

میثم سهرابی
گروه مهندسی عمران، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.
هیرش سلطان پناه*
گروه مدیریت، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.
امیر اسعد نصری زر
گروه مهندسی عمران، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.
محمد صدیق ثابتی
گروه مهندسی عمران، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.
heirsh@iau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۶ آذر ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: ۰۶ دی ۱۴۰۴

چکیده

پروژه‌های احداث خطوط لوله نفت از پیچیده‌ترین و پرهزینه‌ترین پروژه‌های زیرساختی هستند و به دلیل گستردگی جغرافیایی، پیچیدگی‌های فنی و الزامات محیط‌زیستی با انواع ریسک‌های مدیریتی و عملیاتی مواجه‌اند. باوجود اهمیت مدیریت ریسک، پژوهش‌های پیشین عمدتاً بر فاز بهره‌برداری تمرکز داشته و فاز احداث کمتر مورد بررسی نظام‌مند قرار گرفته است. این پژوهش باهدف توسعه یک مدل جامع و بومی مدیریت ریسک برای فاز احداث خطوط لوله نفت در ایران انجام شد. ابتدا ٤٩ مدل مدیریت ریسک شناسایی و بر اساس ۱۰ معیار تخصصی با روش TOPSIS رتبه‌بندی شدند. سپس گام‌های کلیدی مدل‌های برتر در چهار راند دلفی با مشارکت ۲۰ خبره صنعت نفت و دانشگاه پالایش و تأیید شد. نتیجه، یک مدل مفهومی ۱۱ مرحله‌ای است که شامل: برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، زمینه‌سازی، شناسایی ریسک‌ها، تحلیل کیفی، تحلیل کمی، برنامه‌ریزی پاسخ‌ها، تعیین افراد مسئول، پیاده‌سازی پاسخ‌ها، نظارت، کنترل و بازنگری، ارتباطات و مشاوره، و ثبت فرایند مدیریت ریسک پروژه است. نوآوری اصلی پژوهش در ترکیب روش‌های کمی و کیفی، تلفیق نظر خبرگان و بومی‌سازی مدل برای شرایط واقعی پروژه‌های ایران است. این مدل چارچوبی کاربردی و چرخه‌ای برای کاهش عدم قطعیت، افزایش احتمال موفقیت و تقویت مدیریت پروژه در پروژه‌های پرریسک فراهم می‌کند.

کلیدواژگان: مدیریت ریسک پروژه، خطوط لوله نفت، روش TOPSIS، روش دلفی، ایران.

*نویسنده مسئول

۱- مقدمه

در دنیای امروز، تمامی پروژه‌های ساخت با مجموعه‌ای از ریسک‌ها روبه‌رو هستند [۱]. این ریسک‌ها می‌توانند ناشی از پیچیدگی‌های فنی، محدودیت‌های محیطی یا فشارهای اقتصادی و مدیریتی باشند و در صورت عدم کنترل، منجر به تأخیر، افزایش هزینه یا کاهش کیفیت پروژه شوند. پروژه‌های احداث خطوط لوله نفت به‌دلیل گستردگی جغرافیایی، شرایط محیطی متغیر، ریسک‌های ایمنی، عملیاتی و فنی، و حضور ذی‌نفعان متعدد، با عدم‌قطعیت‌های قابل‌توجهی همراه هستند. این ویژگی‌ها می‌توانند منجر به تأخیر، افزایش هزینه و اختلال در کیفیت اجرای پروژه شوند و اهمیت مدیریت ریسک اثربخش را دوچندان کنند. بر همین اساس، انتخاب و به‌کارگیری مدل‌های مناسب مدیریت ریسک که با شرایط بومی پروژه‌های خطوط لوله در ایران سازگار باشند، از ضرورت‌های اساسی برنامه‌ریزی و اجرای موفق این پروژه‌ها محسوب می‌شوند [۲–۵]. در چنین شرایطی، مدیریت ریسک نه یک فعالیت تکمیلی، بلکه فرآیندی استراتژیک و ضروری برای افزایش احتمال موفقیت پروژه‌ها است [۶]. با وجود رشد ادبیات مدیریت ریسک، چند شکاف مهم در زمینه پروژه‌های احداث خطوط لوله نفت وجود دارد:

۱- اغلب پژوهش‌ها بر فاز بهره‌برداری متمرکز بوده و فاز احداث کمتر مورد بررسی قرار گرفته است [۲].

۲- بسیاری از مدل‌های مدیریت ریسک موجود، عمومی بوده و ویژگی‌های خاص کشورهایی مانند ایران (از جمله محدودیت منابع، شرایط زمین‌شناسی متنوع، تحریم‌ها و پیچیدگی‌های مدیریتی) در آن‌ها لحاظ نشده است.

۳- تلفیق یکپارچه روش‌های کمی (تحلیل‌های تصمیم‌گیری، داده‌های مکانی، یادگیری ماشین) و روش‌های کیفی (نظر خبرگان، ذی‌نفعان) هنوز در حد مطلوب در پروژه‌های خطوط لوله صورت نگرفته است [۳]. با توجه به وضعیت ایران و اهمیت راهبردی خطوط لوله در اقتصاد انرژی، نیاز به یک مدل جامع، بومی‌شده و مبتنی بر روش‌های ترکیبی ضروری است. هدف پژوهش حاضر، طراحی یک مدل مدیریت ریسک جامع برای پروژه‌های احداث خطوط لوله نفت در ایران است؛ مدلی که بتواند با شناسایی، تحلیل، پاسخ و پایش مؤثر ریسک‌ها، عدم قطعیت پروژه را کاهش داده و کیفیت، زمان و هزینه اجرای پروژه را بهبود بخشد. انتظار می‌رود این مدل با تقویت تصمیم‌گیری مدیریتی و ارتقای ساز وکارهای حکمرانی پروژه، احتمال موفقیت پروژه‌های ملی خطوط لوله را افزایش دهد [۷و۸]. در راستای تحقق این هدف، پژوهش با رویکردی ترکیبی و متوالی (کمی- کیفی) انجام شده است. در فاز کمی، ۴۹ مدل مدیریت ریسک موجود از طریق مرور نظام‌مند شناسایی و بر اساس ۱۰ معیار تخصصی به روش TOPSIS رتبه‌بندی شدند. در فاز کیفی، مؤلفه‌های مدل‌های برتر با بهره‌گیری از فرآیند چهار مرحله‌ای دلفی و مشارکت ۲۰ خبره صنعت و دانشگاه پالایش و اعتبارسنجی شدند. خروجی این فرآیند یک مدل مفهومی ۱۱ مرحله‌ای است که می‌تواند به‌عنوان چارچوبی کاربردی برای هدایت مدیریت ریسک در پروژه‌های احداث خطوط لوله به‌کار گرفته شود و به کاهش عدم قطعیت، کنترل هزینه و زمان و افزایش احتمال موفقیت پروژه کمک کند. توضیحات کامل مربوط به مراحل محاسباتی روش TOPSIS و نیز فرآیند اجرای روش دلفی، به‌منظور جلوگیری از افزایش حجم متن اصلی، در بخش پیوست ارائه شده است.

۲- مروری بر ادبیات و مبانی نظری تحقیق

توانایی انتقال فرآورده‌های هیدروکربنی همواره یکی از عوامل حیاتی توسعه و پیشرفت در صنعت نفت و گاز در هر دو محیط ساحلی و فراساحلی بوده است. خط لوله‌ها از گذشته تاکنون متداول‌ترین وسیله برای انتقال نفت خام و گاز طبیعی بوده‌اند، اما علی‌رغم سادگی استفاده، مشکلات و ریسک‌های خاص خود را نیز دارند [۹]. پروژه‌های احداث خطوط لوله نفت، زیرساخت‌هایی حیاتی در صنعت انرژی هستند که با مجموعه‌ای از ریسک‌های فنی، مدیریتی، مالی، محیطی و اجتماعی مواجه‌اند. ویژگی‌هایی مانند طول زیاد مسیر، قرارگیری در مناطق دورافتاده و شرایط زمین‌شناسی نامطمئن، این پروژه‌ها را در مقایسه با سایر پروژه‌های ساخت‌وساز حساس‌تر می‌سازد [۳و۱۰]. مدیریت ریسک در چنین پروژه‌هایی بخشی بنیادی از مدیریت پروژه است و اجرای صحیح آن می‌تواند از تأخیر، افزایش هزینه، کاهش کیفیت و بروز حوادث زیست‌محیطی جلوگیری کند [۱۱و۱۲]. خطوط لوله نفت به دلیل ماهیت خطی، شرایط محیطی متغیر و نیاز به تجهیزات پیشرفته، در برابر ریسک‌های زمین‌شناسی، خوردگی، نشت، آتش‌سوزی، خطای انسانی و مخاطرات عملیاتی آسیب‌پذیر هستند [۵و۱۳]. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که عوامل طبیعی مانند نشست زمین، رانش، سیلاب و فرسایش نقش کلیدی در آسیب‌پذیری لوله‌ها دارند [۱۴و۱۵]. علاوه بر عوامل فنی، ضعف در نگهداری پیشگیرانه، کیفیت پایین اجرا و استفاده ناکافی از فناوری‌های پایش نیز ریسک‌ها را تشدید می‌کنند [۱۶و۱۷]. از نظر سازمانی، پیچیدگی زنجیره تأمین و مشکلات قراردادی از عوامل اصلی افزایش تأخیر و هزینه‌اند [۱۸و۸]. مطالعات در ایران نیز نشان می‌دهد که ریسک‌های مالی، تورم، تحریم‌ها، تغییرات مقرراتی و ضعف مدیریت مهندسی در پروژه‌های EPC بیشترین تأثیر را بر موفقیت پروژه دارند [۱۹و۲۰]. در حوزه محیط‌زیست، آلودگی خاک و آب، تخریب زمین‌های کشاورزی و خطرات اکولوژیکی در مرحله ساخت شایع‌اند و نیازمند شناسایی و اولویت‌بندی دقیق هستند [۲۱و۲۲]. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که ترکیب روش‌های کمی و کیفی (مانند منطق فازی، مونت‌کارلو، مدل‌های چندمعیاره و ادغام داده‌های مکانی با یادگیری ماشین) می‌تواند دقت ارزیابی ریسک را افزایش دهد [۲۳–۲۵]. با این حال، بررسی‌ها نشان می‌دهد که تمرکز پژوهش‌ها عمدتاً بر فاز بهره‌برداری بوده و مطالعات نظام‌مند در فاز احداث، به‌ویژه در ایران، محدود است [۲۶و۲۷]. بنابراین لزوم توسعه مدل‌های بومی و تلفیقی برای فاز

احداث کاملاً محسوس است. همچنین، اکثر مدل‌های موجود بر اساس شرایط جهانی توسعه یافته و بومی‌سازی آن‌ها برای ایران با توجه به تحریم، نوسانات اقتصادی، تفاوت‌های اقلیمی و محدودیت‌های مالی، ضرورت دارد. با توجه به این خلأها، پژوهش حاضر تلاش می‌کند با بهره‌گیری از رویکردهای علمی معتبر و نظر خبرگان، مدلی جامع، بومی و قابل‌اجرا برای مدیریت ریسک پروژه‌های احداث خطوط لوله نفت در ایران طراحی کند. این مدل بر پایه تلفیق روش‌های کیفی (دلفی) و کمی (TOPSIS) بنا شده و هدف آن ارتقای دقت شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌ها و ارائه چارچوبی کاربردی برای مدیریت ریسک در چنین پروژه‌هایی است.

۲-۱ مدل‌های مطرح مدیریت ریسک

از سال ۱۹۹۰ میلادی به بعد، مدل‌های ریسک مختلفی با هدف افزایش موفقیت پروژه ها مطرح شد [۲۸]. در این بخش به معرفی برخی از مدل‌های مطرح در زمینه مدیریت ریسک خواهیم پرداخت (جدول ۱). این مدل‌ها در فواصل زمانی مختلف از سوی صاحب‌نظران و سازمان‌های ذی‌صلاح ارائه شده است. در این قسمت تنها به معرفی مدل‌ها اکتفا شده است. اما باید توجه داشت که تفاوت‌های قابل‌توجهی بین آن‌ها وجود دارد. برخی از این مدل‌ها به‌تفصیل به ریسک‌های پروژه می‌پردازند و با فازهای خود ریزترین مسائل را موردتوجه قرار می‌دهند، این در حالی است که برخی از این مدل‌ها نگاهی کلی بر فرآیند دارند و با تعداد فازهای کمتری که معادل فازهای ریزتر است فرآیند را مدیریت می‌کنند.

جدول ۱- برخی از مدل‌های مطرح در زمینه مدیریت ریسک

مدل	گام‌های اصلی	منبع
AIRMIC	ارزیابی، تجزیه‌وتحلیل، نمای ریسک، پاسخ به ریسک، بازنگری و پایش	[۲۹]
AS/NZS 4360	زمینه‌سازی، شناسایی ریسک‌ها، تجزیه‌وتحلیل ریسک‌ها، سنجش ریسک‌ها، درمان ریسک، نظارت و بازنگری، ثبت فرایند مدیریت ریسک، ارتباط و مشاوره	[۳۰]
Boehm	شناسایی ریسک، تجزیه‌وتحلیل ریسک، اولویت‌بندی ریسک، برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، رفع ریسک، نظارت بر ریسک	[۳۱]
Fairley	شناسایی، ارزیابی، توسعه استراتژی کاهش، پایش، برنامه‌های پیشامد، مدیریت بحران	[۳۲]
Kliem & Ludin	شناسایی، تجزیه‌وتحلیل، کنترل، گزارش‌دهی	[۳۳]
Leach	شناسایی رویداد، تخمین احتمال و اثر، شناسایی محرک، پیشگیری، برنامه کاهش، بیمه، پایش محرک‌ها	[۳۴]
PMBOK	برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک‌ها، انجام تحلیل کیفی ریسک، انجام تحلیل کمی ریسک، برنامه‌ریزی پاسخ‌های ریسک، اجرای پاسخ‌های ریسک، نظارت ریسک‌ها	[۳۵]
PRAM	تعریف پروژه، تمرکز بر پرام، شناسایی، ارزیابی، برنامه‌ریزی، مدیریت	[۳۶]
PRINCE2	شناسایی ریسک، ارزیابی ریسک، برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک، پیاده‌سازی پاسخ‌ها، برقراری ارتباط	[۳۷]
SHAMPU	تعریف پروژه، تمرکز بر فرایند، شناسایی مسائل، ساختار مسائل، تعیین مالکیت، برآورد تغییرات، ارزیابی کلی تفسیرها، کنترل برنامه و مدیریت پیاده‌سازی	[۳۸]
SEI	شناسایی، تحلیل، برنامه پاسخ، ردیابی، کنترل	[۳۹]
Wideman	شناسایی ریسک، ارزیابی، توسعه پاسخ به ریسک، مستندسازی ریسک	[۴۰]

۳- روش اجرای تحقیق

۳-۱- طرح کلی تحقیق

این پژوهش باهدف توسعه یک مدل جامع و بومی مدیریت ریسک برای احداث پروژه‌های خطوط لوله نفت در ایران، از رویکرد ترکیبی و متوالی استفاده کرده است. طراحی تحقیق شامل دوفاز مستقل اما مرتبط است که به شکل سامانمند داده‌های موجود و تجربه عملی خبرگان را تلفیق می‌کند:

۱- فاز کمی: شناسایی و اولویت‌بندی مدل‌های مدیریت ریسک موجود با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره TOPSIS. این فاز به ارزیابی کمّی و دقیق مدل‌ها بر اساس معیارهای تخصصی کمک می‌کند.

۲- فاز کیفی: استخراج، پالایش و اعتبارسنجی گام‌های کلیدی مدل‌های برتر با استفاده از روش دلفی و مشارکت خبرگان صنعت و دانشگاه. این فاز اعتبار علمی و عملیاتی مدل نهایی را تضمین می‌کند.

مسیر کلی تحقیق شامل مرور نظام‌مند ادبیات، شناسایی ۴۹ مدل مدیریت ریسک (پیوست ۱)، اولویت‌بندی با روش TOPSIS، انتخاب مدل‌های برتر، استخراج گام‌های مدل‌ها و طراحی مدل نهایی با روش دلفی است. تلفیق دو فاز کمی و کیفی مزیت این رویکرد را ایجاد می‌کند، زیرا هم تحلیل داده‌های موجود و هم تجربه عملی خبرگان در مدل منعکس می‌شود.

۳-۲- فاز کمی: اولویت‌بندی مدل‌های مدیریت ریسک با روش TOPSIS

در فاز کمی، ۴۹ مدل مدیریت ریسک موجود، بر اساس میزان کاربردی‌بودن در فاز احداث پروژه‌های خطوط لوله نفت در ایران بررسی شدند. داده‌ها از طریق پرسش‌نامه‌ای ساختاریافته و با

مشارکت ۹ خبره دارای حداقل ۱۰ سال سابقه کاری در صنعت نفت جمع‌آوری شد. معیارهای انتخاب خبرگان شامل تجربه عملی در پروژه‌های نفتی و دانش تخصصی در حوزه مدیریت ریسک بود. برای ارزیابی مدل‌ها، ۱۰ معیار تخصصی (پیوست ۲) در نظر گرفته شد تا میزان قابلیت عملیاتی آن‌ها در شرایط واقعی فاز احداث خطوط لوله نفت سنجیده شود. تحلیل داده‌ها بر اساس روش تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS و طی شش گام انجام شد. این گام‌ها شامل ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری، بی‌مقیاس‌سازی ماتریس، اعمال وزن‌ها، تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی، محاسبه فاصله هر مدل از ایده‌آل‌ها، و در نهایت محاسبه شاخص نزدیکی نسبی و رتبه‌بندی مدل‌ها بود [۴۱]. جزئیات معیارها، ماتریس تصمیم‌گیری و نتایج کامل رتبه‌بندی در پیوست ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که از میان ۴۹ مدل، ۸ مدل بالاترین مقادیر شاخص نزدیکی نسبی را کسب کرده‌اند. این مدل‌ها بیشترین تطابق را با نیازهای فاز احداث خطوط لوله نفت در ایران دارند. برای اطمینان از کیفیت داده‌های فاز کمی، روایی و پایایی ابزار پژوهش نیز بررسی شد. روایی محتوایی پرسشنامه با استفاده از نظرهای ۵ متخصص مدیریت پروژه و ریسک (که در مطالعه دلفی مشارکت نداشتند) تأیید شد. همچنین پایایی پرسشنامه با استفاده از روش آلفای کرونباخ و با تحلیل داده‌های اولیه جمع‌آوری شده از ۱۰ خبره محاسبه شد که مقدار ۰/۸۷ به دست آمد. این مقدار نشان‌دهنده پایایی مطلوب ابزار تحقیق است.

۳-۳- فاز کیفی: تحلیل و پالایش مدل با روش دلفی

روش دلفی برای نخستین‌بار توسط دالکی و هلمر در سال ۱۹۶۳ معرفی شد. این روش، یک شیوه پیمایشی است که بر اساس نظرهای کارشناسان طراحی شده و سه ویژگی اصلی دارد: ناشناس بودن پاسخ‌ها، امکان تکرار پرسش‌ها و ارائه بازخورد کنترل‌شده و در نهایت تحلیل آماری پاسخ‌های جمع‌آوری‌شده از گروه. به‌طورکلی، دلفی روشی سازمان‌یافته برای گردآوری و هماهنگی دیدگاه‌های تخصصی گروهی از متخصصان درباره یک سؤال یا موضوع مشخص است [۴۲]. هدف فاز کیفی، استخراج، پالایش و اعتبارسنجی گام‌های مدل نهایی بر اساس ۸ مدل برتر فاز کمی بود. تمامی گام‌های موجود در مدل‌های منتخب گردآوری شدند و برای ارزیابی و انتخاب گام‌هایی که در مدل جامع مدیریت ریسک پروژه‌های خطوط لوله نفت ایران درج خواهند شد، در فرآیند چهار مرحله‌ای دلفی با مشارکت ۲۰ خبره دانشگاهی و صنعتی قرار گرفتند. گام‌هایی با میانگین امتیاز کمتر از ۳ حذف شدند و پیشنهادات جدید خبرگان نیز به مجموعه اضافه شد. فرآیند پس از رسیدن به ضریب توافق کندال $\leq$ ۰/۷۵ خاتمه یافت. لیست گام‌های اولیه و روند دستیابی به اجماع نهایی در پیوست ۲ ارائه شده است. نتیجه این فاز، انتخاب و تأیید ۱۰ گام نهایی و اضافه شدن یک گام جدید تحت عنوان «تعیین افراد مسئول ریسک‌ها» بود که اهمیت ساختار حکمرانی شفاف و پاسخگویی در پروژه‌های پیچیده ایران را نشان می‌دهد. در فاز کیفی و روش دلفی، معیارهای روایی و پایایی به شرح زیر مورد توجه قرار گرفت:

روایی (اعتبار): برای تأمین روایی محتوایی، گام‌های اولیه مستقیماً از مدل‌های برتر شناخته‌شده بین‌المللی استخراج شد. روایی ظاهری نیز از طریق ارائه چارچوب نظرسنجی به خبرگان و اعمال نظرات آنان حاصل شد. همچنین، با تلفیق نظر خبرگان دانشگاهی و صنعتی، روایی سازه مدل تضمین گردید.

پایایی (قابلیت اعتماد): مهم‌ترین شاخص پایایی در روش دلفی، اجماع نظر خبرگان است که در این پژوهش با ضریب توافق کندال ۰/۷۵ محقق شد. ثبات در پاسخ‌ها نیز در دورهای مختلف دلفی مشاهده و تأیید گردید.

۳-٤- طراحی مدل نهایی

مدل نهایی مدیریت ریسک پروژه‌های احداث خطوط لوله نفت شامل ۱۱ گام ساختاریافته است که تلفیقی از یافته‌های کمی و کیفی بوده و به شکل یک‌چرخه پویا طراحی شده است. این مدل مراحل زیر را شامل می‌شود: برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، زمینه‌سازی، شناسایی ریسک‌ها، تحلیل کیفی ریسک‌ها، تحلیل کمی ریسک‌ها، برنامه‌ریزی پاسخ‌های ریسک، تعیین افراد مسئول ریسک‌ها، پیاده‌سازی پاسخ‌های ریسک، نظارت، کنترل و بازنگری ریسک‌ها، ارتباطات و مشاوره و ثبت فرایند مدیریت ریسک پروژه. طراحی چرخه‌ای مدل امکان بازنگری، اصلاح و یادگیری سازمانی مستمر را فراهم می‌کند، ترکیب روش‌های کمی و کیفی اعتبار علمی و عملیاتی آن را تضمین می‌کند و گام‌های بومی‌سازی شده مانند «تعیین افراد مسئول ریسک‌ها» وجه تمایز آن نسبت به چارچوب‌های جهانی را نشان می‌دهد. باتوجه‌به شرایط فنی، اقتصادی و مدیریتی ایران، این مدل قادر است عدم قطعیت را کاهش داده و احتمال موفقیت پروژه‌ها را افزایش دهد.

٤- نتایج و تحلیل:

٤-۱- نتایج فاز کمی (روش TOPSIS)

در این فاز، ۴۹ مدل مدیریت ریسک شناسایی‌شده، با استفاده از روش TOPSIS و بر اساس ۱۰ معیار تخصصی مانند قابلیت اجرا در فاز احداث، انعطاف‌پذیری، توجه به ریسک‌های بومی و هزینه اجرا مورد ارزیابی قرار گرفتند. داده‌های لازم از طریق پرسش‌نامه‌ای ساختاریافته که روایی و پایایی آن پیش‌تر تأیید شده بود، از ۹ خبره صنعت نفت گردآوری شد. پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و نرمال‌سازی داده‌ها، وزن معیارها تعیین شد و ایده‌آل‌های مثبت و منفی محاسبه گردید. سپس شاخص نزدیکی نسبی (Ci) برای هر مدل محاسبه شد [۴۳ و ۴۴]. نتایج تحلیل

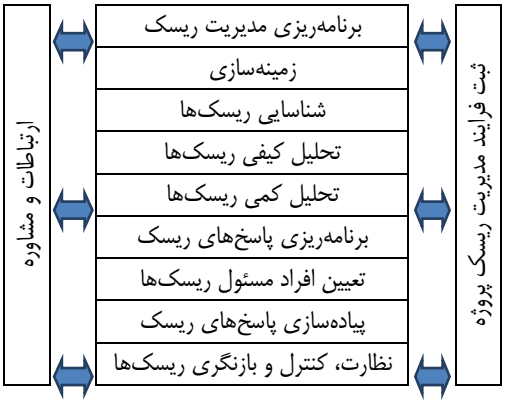
نشان داد که ۸ مدل دارای شاخص نزدیکی نسبی بالاتر از ۰/۷ هستند. دامنه شاخص نزدیکی برای این مدل‌های برتر بین ۰/۷۱۶۲ تا ۰/۸۷۹۳ به دست آمد که بیانگر تطابق بالای آن‌ها با نیازهای پیچیده فاز احداث خطوط لوله نفت در ایران است. انتخاب این ۸ مدل، مبنای محکمی برای ورود به فاز کیفی پژوهش و استخراج گام‌های کلیدی فراهم آورد.

٤-۲- نتایج فاز کیفی (روش دلفی)

از ۸ مدل برتر فاز کمی، در مجموع ۱۸ گام اولیه استخراج شد. این گام‌ها در قالب پرسش‌نامه‌ای در اختیار پانل ۲۰ نفره از خبرگان صنعت و دانشگاه قرار گرفت و فرآیند دلفی در چهار دور متوالی انجام پذیرفت. دور اول: در این دور، از خبرگان خواسته شد تا گام‌های استخراج شده را از نظر اهمیت و کاربردی بودن در مقیاس لیکرت ارزیابی کنند. گام‌هایی که میانگین امتیاز آن‌ها کمتر از ۳ بود، حذف گردیدند. همچنین، از خبرگان دعوت شد تا در صورت لزوم، گام‌های جدیدی را پیشنهاد دهند. دور دوم و سوم: نتایج دور اول (شامل میانگین امتیازات و نظرات کیفی) در اختیار خبرگان قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد مجدداً ارزیابی خود را با در نظر گرفتن نظرات سایر اعضای پانل انجام دهند. در این دورها، همگرایی قابل توجهی در نظرات ایجاد شد و گام‌های پراکنده در گروه‌های مفهومی بزرگتر ادغام شدند. یک دستاورد مهم، اجماع بر افزودن گام جدید «تعیین افراد مسئول ریسک‌ها» بود. این گام به عنوان پاسخی به یکی از چالش‌های اصلی صنعت نفت ایران، یعنی عدم شفافیت در مسئولیت‌پذیری، مطرح گردید. دور چهارم: در این دور نهایی، ضریب توافق کندال به ۰/۷۸ رسید که نشان‌دهنده اجماع قوی و پایایی مطلوب در نظرسنجی است. در نهایت، پس از چهار دور، ۱۱ گام نهایی (شامل ۱۰ گام از مدل‌های اولیه و یک گام جدید) مورد تأیید نهایی همه خبرگان قرار گرفت.

٤-۳- مدل مفهومی نهایی

مدل نهایی ارائه‌شده در این پژوهش، شامل ۱۱ گام ساختاریافته است که تلفیقی از یافته‌های کمی و کیفی را در بر می‌گیرد (شکل ۱). این مدل به‌عنوان یک‌چرخه پویای مدیریت ریسک طراحی شده که امکان بازنگری، اصلاح و یادگیری سازمانی مستمر را فراهم می‌سازد. تلفیق روش‌های کمی و کیفی و همچنین بومی‌سازی گام‌های مدل، موجب تقویت اعتبار علمی و قابلیت اجرایی آن شده و آن را با شرایط فنی، اقتصادی و مدیریتی خاص پروژه‌های ایران همسو می‌کند. از جمله نقاط قوت روش‌شناختی این مدل، ترکیب روش‌های TOPSIS و دلفی است که ضمن افزایش اتکاپذیری علمی و عملیاتی نتایج، قضاوت‌ها و تصمیم‌گیری‌های سلیقه‌ای را به حداقل می‌رساند. از منظر کاربردی، این چارچوب به‌عنوان ابزاری عملیاتی در اختیار مدیران پروژه قرار می‌گیرد تا فرایند شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌ها را به شکلی نظام‌مند مدیریت نمایند. یکی از وجوه نوآوری و بومی‌سازی مدل، گام «تعیین افراد مسئول برای هر ریسک» است که تطبیق آن را با الزامات و واقعیات صنعت نفت ایران ممکن ساخته است. افزون بر این، ساختار چرخه‌ای مدل، بستری برای پویایی و ارتقای مستمر فراهم می‌آورد که از طریق مستندسازی فرایندها، دریافت بازخورد دائمی و تکامل تدریجی مدل بر پایه تجارب عینی پروژه‌ها محقق می‌شود.



شکل ۱- مدل مفهومی مدیریت ریسک پروژه‌های احداث خطوط لوله نفت در ایران

۵- نتیجه‌گیری، محدودیت‌ها و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر باهدف پر کردن شکاف موجود در مدیریت ریسک پروژه‌های احداث خطوط لوله نفت در ایران، یک مدل جامع، بومی و کاربردی ارائه کرده است. مدل نهایی که در بخش ۴-۳ تشریح شد، شامل ۱۱ گام ساختاریافته و چرخه‌ای است و می‌تواند به‌عنوان چارچوبی نظام‌مند برای شناسایی، تحلیل، پاسخ و پایش ریسک‌ها در فاز احداث خطوط لوله نفت مورد استفاده قرار گیرد. نوآوری اصلی مدل در ترکیب روش‌های کمی و کیفی با مشارکت خبرگان داخلی و بومی‌سازی گام‌ها برای شرایط واقعی پروژه‌های ایران است. به‌ویژه افزودن گام «تعیین افراد مسئول ریسک‌ها» نشان‌دهنده اهمیت ساختار حکمرانی شفاف، پاسخگویی و تقویت مدیریت پروژه‌های پیچیده در ایران است. مدل ارائه شده با ساختار چرخه‌ای خود امکان بازنگری، اصلاح و یادگیری مستمر سازمانی را فراهم می‌کند و می‌تواند به کاهش عدم قطعیت، افزایش شانس موفقیت پروژه‌های پرریسک و ارتقای فرهنگ مدیریت ریسک سازمانی کمک کند. علاوه بر این، مدل ارائه شده توانایی عملیاتی بالایی دارد و می‌تواند به مدیران پروژه و ذی‌نفعان امکان دهد تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد و داده‌های معتبر انجام دهند، از تأثیر سلیقه شخصی در ارزیابی ریسک‌ها جلوگیری کند و اجرای گام‌های مدیریت ریسک را در محیط‌های پیچیده و پرچالش صنعتی تسهیل کند. این ویژگی‌ها، مدل را از چارچوب‌های جهانی

مشابه متمایز کرده و آن را برای شرایط خاص صنعت نفت ایران سازگار می‌سازد. اجرای مدل همچنین می‌تواند سهم ملموسی در کاهش هزینه‌ها، افزایش تاب‌آوری و ارتقای موفقیت پروژه‌های ملی احداث خطوط لوله نفت داشته باشد.

۵-۲- محدودیت‌های پژوهش

علی‌رغم دستاوردهای قابل‌توجه، این پژوهش در معرض محدودیت‌هایی است که باید در تعمیم‌دهی و تفسیر نتایج موردتوجه قرار گیرند:

۱- محدودیت جامعه آماری: نمونه‌گیری خبرگان منحصراً از میان متخصصان داخلی صورت گرفت. اگرچه این امر به بومی‌سازی مدل کمک شایانی کرد، اما تعمیم‌پذیری یافته‌ها به زمینه‌های بین‌المللی نیازمند مطالعات گسترده‌تر با مشارکت خبرگان جهانی است.

۲- محدودیت در دامنه مطالعه موردی: اگرچه مدل پیشنهادی در قالب یک مطالعه موردی روی یک پروژه احداث خط لوله اعتبارسنجی اولیه شد، اما این ارزیابی عمدتاً بر مراحل کیفی (مانند شناسایی و تحلیل کیفی ریسک‌ها) متمرکز بود. ارزیابی کمی و سنجش عملی اثربخشی تمامی گام‌های یازده‌گانه مدل در مقیاس بزرگ‌تر و در چندین پروژه متفاوت، برای پژوهش‌های آینده قابل‌بررسی است.

۵-۳- پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی

با اتکا بر یافته‌های این پژوهش و باهدف تکمیل و توسعه آن، محورهای زیر برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد:

۱- تکمیل مطالعه موردی و اعتبارسنجی تجربی کامل: انجام یک مطالعه موردی عمیق‌تر که تمامی گام‌های یازده‌گانه مدل، به‌ویژه تحلیل کمی، پیاده‌سازی پاسخ‌ها و پایش نتایج را در بر گیرد و تأثیر آن بر شاخص‌های کلان عملکرد پروژه (هزینه، زمان، کیفیت و ایمنی) به‌صورت کمی اندازه‌گیری شود.

۲- اجرای مدل در پروژه‌های متعدد و مقایسه‌ای: به‌کارگیری مدل در چندین پروژه مختلف خطوط لوله به‌منظور سنجش قابلیت تعمیم و انعطاف‌پذیری آن و شناسایی عوامل زمینه‌ای مؤثر بر موفقیت مدل.

۳- توسعه ابزار نرم‌افزاری: طراحی و توسعه یک پلتفرم نرم‌افزاری بر مبنای این مدل، به‌منظور کاربرپسند کردن و تسهیل فرایند مدیریت ریسک برای مدیران پروژه.

۴- تطبیق و بسط مدل: بررسی امکان تطبیق این چارچوب با سایر انواع پروژه‌های بزرگ صنعتی و زیرساختی در ایران (مانند پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها و پروژه‌های پتروشیمی).

٦- منابع

[1] Poornamazian H A, Izadinia M. Risk Management in FRP-Strengthened Concrete Beams. Analysis of Structure and Earthquake. 2023;19(4):57–71. https://doi.org/10.30495/civil.2023.699954

[2] Al-Gahtani K, Shafaay M, Ahmed O, Alawshan M, Alsanabani N, Aljadhai S. Risk factors for time and cost overruns of pipeline projects in Saudi Arabia. Advances in Civil Engineering. 2023;2023:9497451. https://doi.org/10.1155/2023/9497451

[3] Bi A, Huang S, Sun X. Risk assessment of oil and gas pipeline based on vague set–weighted set pair analysis method. Mathematics, 2023; 11(2):349.https://doi.org/10.3390/math11020349

[4] Smith C E. Pipeline materials' cost increases lift overall construction price. Oil & Gas Journal. 2022;120(10):31–41.

[5] Hernández-Báez Á, Torres E S, Amaya-Gómez R, Pradilla D. Oil onshore pipeline quantitative risk assessment under fire and explosion scenarios. Processes. 2023;11(2):557. https://doi.org/10.3390/pr11020557

[6] Dehdasht G, Zin R M, Keyvanfar A. Risk classification and barrier of implementing risk management in oil and gas construction companies. Jurnal Teknologi. 2015;77(16). https://doi.org/10.11113/jt.v77.6413

[7] Khalilzadeh M, Banihashemi S A, Heidari A, Orazani S M H, Taebi P. Risk management in the production phase of oil and gas projects: evaluating risk responses and their impact on safety and damage reduction. Discover Civil Engineering. 2025;2(1):91. https://doi.org/10.1007/s44290-025-00250-8

[8] Kassem M A. Risk management assessment in oil and gas construction projects using structural equation modeling (PLS-SEM). Gases. 2022;2(2):33–60. https://doi.org/10.3390/gases2020003

[۹] صیدی, جمال, & قیطاسی. (۲۰۰۹). بررسی پاسخ بالارانش خط لوله‌های مدفون در ماسه با استفاده از روش اجزاء محدود (مصالح با قانون جریان متحد). آنالیز سازه–زلزله, ۵(۶), ۲۵–۳۰.

[10] Vanitha C N, Easwaramoorthy S V, Krishna S A, Cho J. Efficient qualitative risk assessment of pipelines using relative risk score based on

machine learning. Scientific Reports. 2023;13:14918. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38950-9

[11] Malinowska A, Cui X, Salmi E F, Hejmanowski R. A novel fuzzy approach to gas pipeline risk assessment under influence of ground movement. International Journal of Coal Science & Technology. 2022;9(1):47. https://doi.org/10.1007/s40789-022-00511-2

[12] Pourdostmohammadi S, Ansari R Developing a Scenario-Based Optimization Model for Planning Risks in Construction Projects by Integrating a Decision Support System with Bayesian Belief Network Analysis Approach: A Case Study in High-Rise Buildings. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering. 2024:1–23. https://doi.org/10.1007/s40996-024-01590-8.

[13] Chis T, Radulescu R, Stoianovici D, Vlădescu R. A new model of oil pipeline risk assessment. International Journal of Safety & Security Engineering. 2023;13(1). https://doi.org/10.18280/ijsse.130120

[14] Ren J, Zhao Y, Sun Z, Liu S. Risk mapping for oil–gas pipeline under mining-induced subsidence through analytical methods. International Journal of Coal Science & Technology. 2025;12(1):53. https://doi.org/10.1007/s40789-025-00788-z

[15] Woldesellasse H, Tesfamariam S. Risk assessment of gas pipeline using an integrated Bayesian belief network and GIS: Using Bayesian neural networks for external pitting corrosion modelling. Canadian Journal of Chemical Engineering. 2025;103(1):98–109. https://doi.org/10.1002/cjce.25393

[16] Casas E, Ramos L, Romero C, Rivas-Echeverría F, Cerpa D, Hernández P, et al. An end-to-end platform for managing third-party risks in oil pipelines. IEEE Access. 2024;12:77831–77851. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3406604

[17] Li X, Han Z, Yazdi M, Chen G. A CRITIC-VIKOR based robust approach to support risk management of subsea pipelines. Applied Ocean Research. 2022 Jul;124:1-10. 103187. https://doi.org/10.1016/j.apor.2022.103187

[18] Durrani O, Zeeshan Q. Assessment of risks in oil and gas construction projects in Pakistan. J Eng Manag Syst Eng. 2023;2(3):180–195. https://doi.org/10.56578/jemse020305

[۱۹] خادم وطنی, عسگر, شکوهی, محمدرضا, نعامی, فاطمه. شناسایی و الویت‌بندی ریسک پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت (EPC) مطالعه موردی: شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون. چشم‌انداز مدیریت صنعتی, ۱۴۰۳; ۱۴(۴): ۲۵۷-۲۹۲.
https://doi.org/ 10.48308/jimp.14.4.257

[۲۰] عسکری محمدمهدی، صادقی شاهدانی مهدی، سیفلو سجاد. شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های بالادستی نفت و گاز در ایران با استفاده از قالب ساختار شکست ریسک (RBS) و تکنیک تاپسیس (TOPSIS). فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی. ۱۳۹۵; ۲۴ (۷۸): ۵۷-۹۶

[۲۱] احمدزاده شهاب، رباطی مریم، نیکومرام هانیه. ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی احداث خط لوله گاز، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه تلفیقی (مطالعه موردی: گچساران به بید بلند). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. ۱۳۹۹;۲۲(۸):۵۹-۷۴.

[۲۲] قویدل دارستانی آرش, شمس کیا ناصر. تحلیل ریسک در پروژه‌های خطوط لوله انتقال گاز استان گیلان با رویکرد حفاظت و اثرات زیست‌محیطی. مدیریت بحران, ۱۳۹۹; ۹ (ویژه‌نامه پدافند غیرعامل): ۵۷-۶۶.

[23] Liang X, Ma W, Ren J, Dang W, Wang K, Nie H, et al. An Integrated Risk Assessment Methodology Based on Fuzzy TOPSIS and Cloud Inference for Urban Polyethylene Gas Pipelines. Journal of Cleaner Production. 2022;376:134332. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134332

[24] Rodhi N N, Wiguna I P A, Anwar N. Fuzzy Logic Method To Manage The Risks Of Oil And Gas Pipeline Projects To The Environment. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2023;1233:012017. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1233/1/012017

[25] Kuleshov V V, Aygumov T G, Zolkin A L, Saradzheva O V. Assessing and managing risks in the oil and gas industry with machine learning and digital technologies. E3S Web of Conferences. 2024;474:02011. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447402011

[26] Sohrabi H, Noorzai E. Risk assessment in Iranian oil and gas construction industry: a

[38] Chapman C, Ward S. Project risk management: process, techniques and insights. Chichester (UK): Wiley; 1997.

[39] Dorofee AJ, Walker JA, Albert CJ, Higuera RP, Murphy RL, Williams RS. Continuous Risk Management Guidebook. Pittsburgh (PA): Carnegie Mellon University; 1996.

[40] Wideman MR. Project and Program Risk Management: A Guide to Managing Project Risks & Opportunities. Project Management Institute; 1992.

[41] Hwang C L, Yoon K. Multiple attribute decision making: methods and applications. New York: Springer; 1981. https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9

[42] Pratama GA, Latief Y, Sihombing LB. A NOVEL ROUGH FUZZY BASED DELPHI METHOD FOR HIGHWAY PROJECTS RISK ANALYSIS: THE SOE ASSIGNMENT SCHEME CASE STUDY. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATE [Internet]. 2022, 23(100):110-7. https://geomatejournal.com/geomate/article/view/3752

[43] Behzadian M, Otaghsara S K, Yazdani M, Ignatius J. A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. Expert Systems With Applications. 2012;39(17):13051–13069. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056

[44] Turoff M, Linstone H A. The Delphi Method: Techniques and Applications. Reading MA: Addison-Wesley 1975. https://doi.org/10.2307/3150755

[45] Yoon K. A reconciliation among discrete compromise solutions. J Oper Res Soc. 1987;38(3):277–286. https://doi.org/10.1057/jors.1987.44

[46] Hwang C L, Lai Y J, Liu T Y. A new approach for multiple objective decision making. Computers & Operations Research. 1993; 20(8):889–899. https://doi.org/10.1016/0305-0548(93)90109-V

[47] PMI. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK). Pennsylvania: Project Management Institute; 2013.

process approach. Int J Qual Reliab Manag. 2023;40(1):124–147. https://doi.org/ 10.1108/ijqrm-03-2021-0069

[۲۷] سهرابی, میثم, سلطان پناه, هیرش, نصری زر, امیراسعد, ثابتی, محمدصدیق. بررسی مدیریت ریسک در مرحله احداث با روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (مطالعه موردی: پروژه احداث خط لوله نفت یزد–نائین). نشریه مهندسی عمران امیرکبیر, ۱۴۰۲; ۵۵(۴): ۸۳۳–۸۴۸ . https://doi.org/ 10.22060/ceej.2023.21184.7643

[28] Cooper D. Project risk management guidelines. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Inc.; 2005.

[29] AIRMIC, ALARM, Institute of Risk Management (IRM). A Risk Management Standard. London: Institute of Risk Management; 2002

[30] Australia S. Handbook: Risk management guidelines, companion to AS/NZS 4360: 2004. Sydney: Standards Australia Internal Ltd; 2004.

[31] Boehm BW. Software risk management: principles and practices. IEEE Software. 1991;8(1):32–41. https://doi.org/10.1109/52.62930

[32] Fairley R. Risk management for software project. IEEE Software. 1994;57–67. https://doi.org/10.1109/52.281716

[33] Kliem R L, Ludin I S. Reducing Project Risks. Gower; 1997. https://doi.org/10.4324/9781315245089

[34] Leach LP. Critical chain project management. Boston: Artech House; 2000.

[35] Project Management Institute (PMI). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Newtown Square (PA): PMI; 2017.

[36] Ward J. Assessing and managing important risks. International Journal of Project Management. 1999. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00051-9

[37] Office of Government Commerce (OGC). Managing successful projects with PRINCE2. London: The Stationery Office; 2009.

[48] Hillson D. Effective Opportunity Management for Projects: Exploiting Positive Risk. CRC Press; 2003. https://doi.org/10.1201/9780203913246

[49] Tiwari V, Jain P K, Tandon P. An integrated Shannon entropy and TOPSIS for product design concept evaluation based on bijective soft set. J Intell Manuf. 2019;30(4):1645–1658. https://doi.org/10.1007/s10845-017-1346-y

[50] Suib A F, Ghazali P L, Alias N, Mohamed M A, Halim B A. An Approach of Fuzzy Delphi Method (FDM) to Develop the Risk Management Index in Special Education Mathematics. Contemporary Mathematics. 2024:2913–2925. https://doi.org/10.37256/cm.5320243545

[51] Almashhour R, Qazi A, Al-Mhdawi M K S, Daghfous A, Ayyub B M, O'Connor A. Analyzing Barriers to Sustainable Enterprise Risk Management in the Construction Sector: A Delphi Method and Interpretive Structural Modeling Approach. Sustainability, 2025;17(21):1–28. https://doi.org/10.3390/su17219498