

# A Comprehensive Blockchain-Based Risk Management Model for Construction Project Portfolios

Seyed Rasoul. Mohammadi<sup>1</sup>, Mohammad. Sediq Sabeti<sup>1\*</sup>, Adel. Fatemi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Civil Engineering, Sa.C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

\* Corresponding author email address: sabeti.ms@iausdj.ac.ir

### Article Info

#### Article type:

Original Research

#### How to cite this article:

Mohammadi, S. R., Sediq Sabeti, M., & Fatemi, A. (2026). A Comprehensive Blockchain-Based Risk Management Model for Construction Project Portfolios. *Journal of Technology in Entrepreneurship and Strategic Management*, 5(3), 1-24.



© 2026 the authors. Published by KMAN Publication Inc. (KMANPUB), Ontario, Canada. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

### ABSTRACT

This study aimed to develop and validate a comprehensive blockchain-based risk management model for construction project portfolios. This applied study used a descriptive field design and a mixed qualitative–quantitative approach. In the qualitative phase, data were collected through in-depth interviews with 25 experts familiar with project portfolio risk management and blockchain technology, selected based on theoretical saturation. The qualitative data were analyzed using thematic analysis to identify the main dimensions and subcomponents of the proposed model. In the quantitative phase, the statistical population consisted of construction project managers, from whom 267 participants were selected through simple random sampling based on Cochran's formula. Data were collected using a researcher-made questionnaire. Content validity was confirmed by expert judgment, and reliability was verified using Cronbach's alpha. Quantitative data were analyzed through exploratory factor analysis, structural equation modeling, and PLS software. Exploratory factor analysis identified 37 subcomponents classified into five main dimensions: human resource risk, technical risk, financial risk, strategic risk, and resource risk. These five factors explained 90.33% of the total variance. Cronbach's alpha, composite reliability, rho\_A, and average variance extracted exceeded the recommended thresholds for all constructs, confirming internal consistency and convergent validity. The HTMT values for human resource risk, technical risk, financial risk, strategic risk, and resource risk were 0.405, 0.233, 0.544, 0.234, and 0.449, respectively, and all paths were statistically significant. The coefficient of determination was 0.760, indicating that the identified components explained 76% of the variance in the blockchain-based risk management model. The redundancy index was 0.566, and the GOF value was 0.65, demonstrating strong overall model fit. Additional fit indices, including  $X^2/df = 1.34$ , RMSEA = 0.03, GFI = 0.94, AGFI = 0.91, CFI = 0.95, IFI = 0.93, NFI = 0.92, and NNFI = 0.96, confirmed the adequacy of the model. The findings indicate that blockchain technology can provide an effective foundation for construction project portfolio risk management by improving transparency, traceability, information reliability, resource integration, and the control of human, technical, financial, strategic, and resource-related risks.

**Keywords:** Risk management; Project portfolio; Construction projects; Blockchain technology; Structural equation modeling

## Extended Abstract

### Introduction

Risk management is a core function of project governance, particularly in construction project portfolios where uncertainty is intensified by interdependence among projects, resource constraints, multi-stakeholder arrangements, financial volatility, technical complexity, contractual disputes, and strategic alignment requirements. In project-oriented organizations, risk can no longer be interpreted only at the level of a single project, because decisions made for one project may affect resource availability, cost structure, scheduling, quality, stakeholder satisfaction, and strategic outcomes across the entire portfolio. The literature on project portfolio management has therefore emphasized the need to consider project interactions, interdependencies, and uncertainty as central features of portfolio-level decision-making (Bai et al., 2021; Pajares & Lopez, 2014; Zhang et al., 2022). Traditional project risk management frameworks provide a necessary foundation for identifying, analyzing, responding to, and monitoring uncertain events, yet portfolio-level risk management requires broader analytical capacity because risks may accumulate, transfer, or intensify through causal and temporal relationships among projects (Mican et al., 2020; Project Management, 2021; Zhang, 2024). In construction contexts, this challenge is even more critical because project portfolios are exposed to technical disruptions, financial instability, claims, supply chain fragmentation, stakeholder conflicts, and turbulent environmental conditions (Cevikbas et al., 2024; Ebekozien et al., 2024; Ghab, 2023). Prior studies have examined project portfolio selection, risk assessment, market risk ranking, investment risk, fuzzy expert systems, real-option valuation, multi-objective optimization, and multi-criteria decision-making approaches for improving portfolio decisions (Altuntas & Dereli, 2015; Alvarez-Garcia & Fernandez-Castro, 2018; Ghanbari et al., 2024; Huang et al., 2016; Komaki et al., 2024; Maier et al., 2018; Mirjalili et al., 2023; Relich & Pawlewski, 2017; Roland et al., 2016; Sharifi Qazvini et al., 2018; Zahedi et al., 2020). However, many existing models are primarily quantitative and often pay limited attention to the simultaneous integration of human, technical, financial, strategic, and resource-related risks in a technology-enabled portfolio risk management system. Recent developments also show that digital technologies, including blockchain and smart contracts, can improve transparency, traceability, accountability, trust, and information reliability in construction processes (Nada & Othman, 2025; Tamimi & Farhang, 2025). Blockchain technology is especially relevant because it can provide tamper-resistant records, shared data visibility, auditable transactions, and automated contractual mechanisms, thereby reducing information asymmetry and supporting more reliable risk monitoring. Moreover, effective portfolio risk management depends not only on technical tools but also on strategic orientation, organizational capabilities, communication, outsourcing performance, value creation, and dynamic evaluation of construction investment projects (De Bakker et al., 2011; Hofman et al., 2017; Khalil-Oliwa & Jonek-Kowalska, 2024; Motamedi & Darvish Motavalli, 2025; Rostami, 2023; Testorelli et al., 2024; Wu et al., 2019; Zhang et al., 2025). Accordingly, the present study aimed to develop and validate a comprehensive blockchain-based risk management model for construction project portfolios.

### Methods and Materials:

This study was applied in terms of purpose, descriptive and field-based in terms of data collection, and mixed-methods in terms of data analysis. The research was conducted in two qualitative and quantitative phases. In the qualitative phase, the participants consisted of experts familiar with project portfolio risk management, construction project management, and blockchain technology. The expert criteria included more than ten years of professional experience in project management, adequate

familiarity with risk management and blockchain concepts, and a postgraduate academic degree. The sample size in this phase was determined based on theoretical saturation, and 25 experts participated in in-depth interviews. The interview questions were developed based on the theoretical framework of the study and expert opinions. The qualitative data were analyzed using thematic analysis to extract concepts, subcomponents, and main dimensions of the initial model. In the quantitative phase, the statistical population consisted of managers of construction projects. Using simple random sampling and Cochran's formula, 267 participants were selected. The data collection instrument was a researcher-made questionnaire based on the qualitative findings. The questionnaire used a five-point Likert scale ranging from very low to very high. Content validity was confirmed through expert judgment, and reliability was assessed using Cronbach's alpha, which was reported as 0.87 for the overall instrument. Quantitative data were analyzed using exploratory factor analysis, structural equation modeling, and PLS software. Model quality was examined through reliability indices, convergent and discriminant validity, path coefficients, coefficient of determination, redundancy, model fit indices, and the overall goodness-of-fit criterion.

### Findings:

The qualitative findings led to the identification of 37 subcomponents classified into five main dimensions: human resource risk, technical risk, financial risk, strategic risk, and resource risk. Human resource risk included senior management support, change management, project team skills, communication, training, creativity, and stakeholder management. Technical risk included complex architecture, process reengineering, equipment, software alternatives, ease of use, standardization, information systems, and system development. Financial risk included budgeting, credit risk, cost management, investment, financial security, analysis, and economic value. Strategic risk included risk transfer, risk acceptance, risk assessment, risk planning, risk monitoring, new capabilities, uncertainty management, risk outlook, risk trend, risk objectives, and risk guidance. Resource risk included control and planning, resource integration, resource optimization, and resource support. The descriptive findings showed that most subcomponent means were above the midpoint of the five-point Likert scale, indicating that respondents generally evaluated the identified indicators as relevant to blockchain-based risk management. Exploratory factor analysis extracted five factors with eigenvalues greater than one, and these factors explained 90.33% of the total variance. All 37 subcomponents had acceptable factor loadings above 0.70. Reliability analysis showed that Cronbach's alpha coefficients were 0.965 for human resource risk, 0.960 for technical risk, 0.925 for financial risk, 0.862 for strategic risk, and 0.963 for resource risk. Composite reliability values were also above the acceptable threshold for all constructs. The rho\_A coefficients were higher than 0.70, confirming reliability through this criterion as well. Convergent validity was supported because the average variance extracted values were greater than 0.50 for all dimensions. Discriminant validity was also confirmed because all HTMT values were below one. The structural model results showed that all five dimensions had positive and significant effects on the blockchain-based risk management model. The path coefficients were 0.405 for human resource risk, 0.233 for technical risk, 0.544 for financial risk, 0.234 for strategic risk, and 0.449 for resource risk. The coefficient of determination was 0.760, indicating that the identified dimensions explained 76% of the variance in the model. The redundancy index was 0.566, showing acceptable predictive quality. The model fit indices also confirmed appropriate fit:  $X^2/df$  was 1.34, RMSEA was 0.03, GFI was 0.94, AGFI was

0.91, CFI was 0.95, IFI was 0.93, NFI was 0.92, and NNFI was 0.96. The GOF value was 0.65, indicating strong overall fit of the proposed model.

### **Discussion and Conclusion:**

The results indicate that blockchain-based risk management in construction project portfolios is a multidimensional phenomenon that cannot be reduced to a single technical or financial mechanism. The strongest path coefficient belonged to financial risk, suggesting that budgeting, cost control, investment, financial security, and economic value are central to portfolio-level risk management in construction projects. This finding is logically consistent with the capital-intensive nature of construction portfolios, where financial instability can spread quickly across projects and disrupt the entire portfolio. Resource risk was also highly influential, showing that resource planning, integration, optimization, and support are essential for preventing inter-project conflicts and reducing delays or inefficiencies caused by shared resource constraints. Human resource risk also played a major role, indicating that blockchain implementation depends heavily on managerial support, team skills, training, communication, creativity, stakeholder management, and change readiness. The significance of technical risk confirms that blockchain adoption requires appropriate infrastructure, information systems, standardization, system development, and process redesign. Strategic risk was also significant, demonstrating that blockchain-based risk management must be aligned with portfolio objectives, risk response policies, uncertainty management, and long-term organizational direction. Overall, the proposed model provides an integrated framework for identifying and managing risks in construction project portfolios through blockchain technology. The findings suggest that blockchain can strengthen risk management by improving transparency, traceability, information reliability, accountability, resource control, financial monitoring, and stakeholder trust. However, the effectiveness of blockchain depends on simultaneous attention to organizational, technical, financial, strategic, and resource-related conditions. Therefore, construction organizations should not treat blockchain as a purely technological solution, but as part of a broader governance and risk management architecture. The validated model can guide managers, contractors, consultants, investors, and policymakers in designing more transparent, data-driven, and integrated systems for managing construction project portfolios.

## ارائه الگوی جامع مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی مبتنی بر فناوری بلاکچین

سید رسول محمدی<sup>۱</sup>، محمد صدیق ثابتی<sup>۱\*</sup>، عادل فاطمی<sup>۱</sup>

۱. گروه مهندسی عمران، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

\*ایمیل نویسنده مسئول: sabeti.ms@iausdj.ac.ir

### چکیده

### اطلاعات مقاله

### نوع مقاله

پژوهشی اصیل

### نحوه استناد به این مقاله:

محمدی، سید رسول، صدیق ثابتی، محمد، و فاطمی، عادل. (۱۴۰۵). ارائه الگوی جامع مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی مبتنی بر فناوری بلاکچین. *تکنولوژی در کار آفرینی و مدیریت استراتژیک*، ۵(۳)، ۲۴-۱.



© ۱۴۰۵ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

هدف پژوهش حاضر ارائه و اعتبارسنجی الگوی جامع مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی مبتنی بر فناوری بلاکچین بود. این پژوهش از نظر هدف کاربردی، از نظر گردآوری داده‌ها توصیفی - میدانی، و از نظر رویکرد تحلیل داده‌ها آمیخته کیفی - کمی بود. در بخش کیفی، داده‌ها از طریق مصاحبه عمیق با ۲۵ نفر از خبرگان آشنا با مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه و فناوری بلاکچین گردآوری شد و با روش تحلیل مضمون تحلیل گردید. در بخش کمی، جامعه آماری شامل مدیران پروژه‌های عمرانی بود که ۲۶۷ نفر از آنان با روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و بر اساس فرمول کوکران انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه محقق ساخته بود که روایی آن بر اساس نظر خبرگان و پایایی آن با آلفای کرونباخ تأیید شد. داده‌های کمی با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی، مدل‌سازی معادلات ساختاری و نرم‌افزار PLS تحلیل شد. نتایج تحلیل عاملی اکتشافی نشان داد که الگوی مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی مبتنی بر بلاکچین شامل ۳۷ زیرمؤلفه در پنج بعد اصلی ریسک منابع انسانی، ریسک فنی، ریسک مالی، ریسک استراتژیک و ریسک منابع است که در مجموع ۹۰.۳۳ درصد از واریانس کل را تبیین کردند. ضرایب آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی،  $\rho_{A}$  و میانگین واریانس استخراجی در تمام سازه‌ها بالاتر از مقادیر ملاک بود و پایایی و روایی همگرا تأیید شد. شاخص HTMT نیز کمتر از یک بود و روایی واگرا را تأیید کرد. ضرایب مسیر برای ریسک منابع انسانی، ریسک فنی، ریسک مالی، ریسک استراتژیک و ریسک منابع به ترتیب ۰.۴۰۵، ۰.۲۳۳، ۰.۵۴۴، ۰.۲۳۴ و ۰.۴۴۹ بود و همه مسیرها معنادار گزارش شدند. مقدار ضریب تعیین مدل ۰.۷۶۰ و شاخص GOF برابر با ۰.۶۵ بود. شاخص‌های برازش نیز نشان‌دهنده برازش مطلوب مدل بودند. نتایج نشان داد که فناوری بلاکچین می‌تواند از طریق ارتقای شفافیت، قابلیت ردیابی، اعتمادپذیری اطلاعات، یکپارچگی منابع و کنترل ریسک‌های مالی، فنی، انسانی و راهبردی، مبنایی کارآمد برای مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی فراهم کند.

**کلیدواژگان:** مدیریت ریسک؛ پورتفولیوی پروژه؛ پروژه‌های عمرانی؛ فناوری بلاکچین؛ مدل‌سازی معادلات ساختاری

## مقدمه

مدیریت ریسک یکی از ارکان بنیادین مدیریت پروژه است و در پروژه‌های عمرانی، به دلیل ماهیت پیچیده، چندذی‌نفعی، سرمایه‌بر و وابسته به شرایط محیطی، اهمیت مضاعفی پیدا می‌کند. پروژه‌های عمرانی معمولاً در معرض طیفی از عدم قطعیت‌ها قرار دارند که می‌توانند از مرحله امکان‌سنجی و طراحی تا تأمین منابع، اجرا، تحویل، بهره‌برداری و حتی نگهداری امتداد یابند. افزایش پیچیدگی‌های فنی، نوسانات اقتصادی، محدودیت منابع، وابستگی میان پیمانکاران و تأمین‌کنندگان، تغییرات مقرراتی، ادعاها و اختلافات قراردادی، ضعف ارتباطات میان ذی‌نفعان و فشارهای زمانی و مالی، سبب شده است که رویکردهای سنتی مدیریت ریسک دیگر پاسخگوی نیازهای پروژه‌های عمرانی معاصر نباشند. از منظر مدیریت پروژه، ریسک به رویداد یا شرایطی نامطمئن اطلاق می‌شود که در صورت وقوع می‌تواند بر اهداف پروژه اثر مثبت یا منفی داشته باشد؛ از این‌رو، مدیریت ریسک فرآیندی نظام‌مند برای شناسایی، تحلیل، پاسخ‌گویی، پایش و کنترل ریسک‌هاست که هدف آن افزایش احتمال موفقیت پروژه و کاهش پیامدهای نامطلوب عدم قطعیت‌هاست (Project Management, 2021; Yazdi, 2014). در همین راستا، مطالعات مدیریت پروژه نشان داده‌اند که موفقیت پروژه‌ها صرفاً تابع برنامه‌ریزی فنی یا تخصیص منابع نیست، بلکه به ظرفیت سازمان در ایجاد ارتباطات مؤثر، انتقال دانش، واکنش به عدم قطعیت‌ها و یکپارچه‌سازی تصمیمات ریسک نیز وابسته است (De Bakker et al., 2011).

با توسعه سازمان‌های پروژه‌محور، مسئله مدیریت ریسک از سطح پروژه منفرد فراتر رفته و به سطح پورتفولیوی پروژه‌ها منتقل شده است. پورتفولیوی پروژه مجموعه‌ای از پروژه‌ها، برنامه‌ها و فعالیت‌هایی است که به‌صورت هماهنگ مدیریت می‌شوند تا اهداف راهبردی سازمان را محقق کنند. در چنین محیطی، مدیریت یک پروژه به‌تنهایی کافی نیست، زیرا تصمیم‌گیری درباره هر پروژه می‌تواند بر پروژه‌های دیگر، منابع مشترک، جریان نقدینگی، ظرفیت اجرایی و تحقق اهداف کلان سازمان اثر بگذارد. بنابراین، ریسک در سطح پورتفولیو ماهیتی تجمعی، تعاملی و شبکه‌ای دارد و نمی‌توان آن را صرفاً با جمع ساده ریسک‌های پروژه‌های منفرد توضیح داد. پژوهش‌های جدید در حوزه مدیریت ریسک پروژه نیز نشان می‌دهند که تمرکز پژوهش‌ها از تحلیل ریسک‌های منفرد به سمت بررسی ریسک‌های سیستمی، پاسخ‌های راهبردی، وابستگی‌های میان پروژه‌های و روش‌های تصمیم‌گیری پیشرفته حرکت کرده است (Mican et al., 2020; Zhang, 2024). از این‌رو، مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه نیازمند چارچوبی جامع است که بتواند هم ریسک‌های داخلی هر پروژه و هم ریسک‌های ناشی از تعامل، هم‌زمانی و وابستگی پروژه‌ها را شناسایی و کنترل کند.

یکی از ویژگی‌های اصلی پورتفولیوی پروژه، وجود وابستگی‌های متقابل میان پروژه‌هاست. این وابستگی‌ها می‌توانند در قالب اشتراک منابع انسانی، تجهیزات، منابع مالی، فناوری، پیمانکاران، دانش فنی، زمان‌بندی و حتی اهداف راهبردی ظاهر شوند. هنگامی که پروژه‌ها در یک پورتفولیو به یکدیگر وابسته‌اند، تأخیر یا شکست یک پروژه ممکن است به‌صورت زنجیره‌ای بر سایر پروژه‌ها اثر بگذارد و پیامدهای پیش‌بینی‌نشده‌ای ایجاد کند. از این‌رو، ارزیابی ریسک پورتفولیو بدون توجه به وابستگی‌های میان پروژه‌ای، تصویری ناقص و گاه گمراه‌کننده از وضعیت ریسک ارائه می‌دهد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که درک پدیده‌های منفی پورتفولیو، مانند تعارض منابع، اختلال در توازن پورتفولیو، کاهش همسویی راهبردی و افزایش فشارهای سازمانی، مستلزم تحلیل روابط علی و ساختاری میان پروژه‌هاست (Bai et al., 2021; Hofman et al., 2017). همچنین، انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک در طول چرخه عمر پورتفولیو باید با در نظر گرفتن وابستگی زمانی و علی ریسک‌ها انجام شود، زیرا پاسخ‌های جزیره‌ای و مستقل ممکن است آثار واقعی ریسک‌ها را کاهش ندهند و حتی باعث انتقال ریسک به سایر بخش‌های پورتفولیو شوند (Zhang et al., 2022).



در صنعت ساخت‌وساز، پیچیدگی مدیریت ریسک پورتفولیو بیشتر از بسیاری از حوزه‌های دیگر است؛ زیرا پروژه‌های عمرانی معمولاً بلندمدت، پرهزینه، وابسته به شرایط محیطی و مقرراتی، و متکی بر شبکه گسترده‌ای از ذی‌نفعان هستند. این پروژه‌ها با ریسک‌های فنی، مالی، قراردادی، منابع انسانی، راهبردی، ایمنی، حقوقی و زنجیره تأمین مواجه‌اند. افزون بر این، تغییرات قیمت مصالح، نوسانات نرخ ارز، محدودیت‌های اعتباری، تأخیر در پرداخت‌ها، کمبود نیروی متخصص، تغییرات طراحی، ادعاهای قراردادی و اختلالات محیطی می‌توانند مدیریت ریسک را دشوارتر سازند. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که در دوره‌های پرتلاطم، ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی نه تنها افزایش می‌یابند، بلکه به دلیل عدم قطعیت محیطی و شکنندگی زنجیره‌های تأمین، ماهیتی چندبعدی‌تر پیدا می‌کنند (Ebekozi et al., 2024). همچنین شناسایی و ارزیابی ریسک‌های مرتبط با ادعاها و اختلالات در پروژه‌های ساختمانی باید با رویکرد چرخه عمر انجام شود، زیرا بسیاری از ریسک‌ها در یک مرحله ایجاد می‌شوند اما آثار آن‌ها در مراحل بعدی ظاهر می‌گردد (Cevikbas et al., 2024). در همین چارچوب، پاسخ به ریسک در پروژه‌های ساختمانی باید به‌عنوان فعالیتی ضروری برای کاهش زیان‌ها، بهره‌برداری از فرصت‌ها و تحقق اهداف پروژه در نظر گرفته شود (Ghab, 2023).

در ادبیات داخلی نیز مدیریت ریسک پروژه و پورتفولیوی پروژه از منظرهای مختلف بررسی شده است. برخی پژوهش‌ها بر ارزیابی ریسک در پورتفولیوی پروژه‌های ساختمانی با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تمرکز کرده‌اند و نشان داده‌اند که وزن‌دهی دقیق به شاخص‌های ریسک می‌تواند به انتخاب پاسخ مدیریتی مناسب کمک کند (Mirjalili et al., 2023). برخی دیگر به ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های بازار در پروژه‌های زیربنایی سرمایه‌گذاری پرداخته‌اند و بر اهمیت تحلیل هم‌زمان ریسک‌های مالی، بازار و اجرایی تأکید کرده‌اند (Komaki et al., 2024). همچنین مدیریت ریسک سرمایه‌گذاری در پروژه‌ها به‌عنوان یکی از حوزه‌های مهم تصمیم‌گیری مالی و اجرایی مطرح شده است، زیرا سرمایه‌گذاری پروژه‌ای در شرایط عدم قطعیت مستلزم تحلیل بازده، هزینه، احتمال شکست و پایداری منابع است (Rostami, 2023). از سوی دیگر، مدل‌سازی پویای ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری ساختمانی نشان می‌دهد که تصمیم‌گیری در این حوزه نیازمند توجه به روابط بازخوردی، تغییرات زمانی و پویایی متغیرهای اقتصادی و اجرایی است (Motamedi & Darvish Motavalli, 2025). یکی از چالش‌های مهم در مدیریت پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی، انتخاب و اولویت‌بندی پروژه‌ها در شرایط محدودیت منابع و عدم قطعیت است. انتخاب پورتفولیو باید علاوه بر معیارهای سودآوری و کارایی، ریسک، همسویی راهبردی، محدودیت‌های بودجه‌ای، تعامل میان پروژه‌ها و ظرفیت اجرایی سازمان را نیز در نظر گیرد. در سال‌های اخیر، روش‌های مختلف تصمیم‌گیری برای انتخاب پورتفولیو توسعه یافته‌اند؛ از جمله روش‌های مبتنی بر DEMATEL، تحلیل استنادی، میانگین - واریانس نامطمئن، راه‌حل‌های مصالحه‌ای چندخبره، میانگین وزنی فازی، الگوریتم‌های ژنتیک چندهدفه و مدل‌های برنامه‌ریزی عدد صحیح (Altuntas & Dereli, 2015; Huang et al., 2016; Relich, 2018; Sharifi Qazvini et al., 2018; Roland et al., 2016; Pawlewski, 2017). این رویکردها نشان داده‌اند که انتخاب پروژه در سطح پورتفولیو یک مسئله چندمعیاره و چندهدفه است و تصمیم‌گیرندگان باید میان کارایی، ریسک، هزینه، زمان، منابع و اهداف راهبردی تعادل برقرار کنند. با این حال، بسیاری از این مدل‌ها بیشتر بر بهینه‌سازی کمی یا رتبه‌بندی پروژه‌ها تمرکز دارند و کمتر به سازوکارهای فناورانه برای ثبت، پایش، ردیابی و کنترل ریسک در طول اجرای پورتفولیو توجه کرده‌اند.

مطالعات مربوط به تعاملات میان پروژه‌ها نیز نشان داده‌اند که ترکیب پورتفولیو در صورت لحاظ کردن اثرات متقابل میان پروژه‌ها به‌طور معناداری تغییر می‌کند. به بیان دیگر، پروژه‌ای که به‌صورت منفرد مطلوب به نظر می‌رسد، ممکن است در ترکیب با سایر پروژه‌ها موجب افزایش ریسک، فشار بر منابع یا کاهش ارزش کلی پورتفولیو شود. پژوهش‌های پیشین بر نقش تعاملات پروژه‌ها و پورتفولیوها تأکید کرده‌اند و نشان داده‌اند که رویکردهای رایج ارزیابی، مانند چک‌لیست‌ها و امتیازدهی ساده، برای تحلیل پیچیدگی‌های پورتفولیو کافی نیستند (Pajares, 2023).

(Lopez, 2014 &). همچنین در نظر گرفتن تعاملات چندگانه، از جمله تعاملات جفتی و سه‌گانه میان پروژه‌ها، می‌تواند نتایج متفاوت و دقیق‌تری در انتخاب پورتفولیو ایجاد کند (Nakhai Nejad & Momenshad, 2020). مدل‌های مبتنی بر گزینه‌های واقعی و برنامه‌ریزی تصادفی نیز نشان می‌دهند که ارزش پروژه‌ها در پورتفولیو تحت تأثیر عدم قطعیت‌ها و وابستگی‌های متقابل تغییر می‌کند و تصمیم‌گیری بهینه باید این روابط را در نظر گیرد (Maier et al., 2018). بر همین اساس، پژوهش‌هایی که به انتخاب پورتفولیوی پروژه‌های وابسته پرداخته‌اند، ضرورت استفاده از رویکردهای جامع‌تر و منعطف‌تر را برای تصمیم‌گیری در محیط‌های پیچیده تأیید کرده‌اند (Alvarez-Garcia & Fernandez-Castro, 2018).

در کنار توسعه مدل‌های تحلیلی و تصمیم‌گیری، یکی از مسیرهای نوظهور در مدیریت ریسک پورتفولیو، بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال است. فناوری‌های نوین می‌توانند با افزایش شفافیت، بهبود دسترسی به داده‌ها، کاهش عدم‌تقارن اطلاعاتی، تسهیل هماهنگی میان ذی‌نفعان و ایجاد سازوکارهای نظارتی دقیق‌تر، ظرفیت مدیریت ریسک را ارتقا دهند. در این میان، بلاکچین به‌عنوان یک فناوری دفترکل توزیع‌شده، غیرقابل تغییر و قابل ردیابی، قابلیت ویژه‌ای برای مدیریت ریسک در محیط‌های پروژه‌ای دارد. بلاکچین می‌تواند اطلاعات مربوط به قراردادهای، پرداخت‌ها، تغییرات، تأمین منابع، پیشرفت پروژه، مستندات فنی و تصمیمات کلیدی را به شکلی شفاف و قابل اعتبارسنجی ثبت کند و از دستکاری، ابهام، اختلاف و عدم اعتماد میان ذی‌نفعان بکاهد. در صنعت ساختمان، استفاده از قراردادهای هوشمند می‌تواند در کاهش اختلافات، تسهیل اجرای تعهدات و افزایش قطعیت در روابط قراردادی نقش‌آفرینی کند (Nada & Othman, 2025). همچنین توسعه سامانه‌های هوشمند ساختمانی و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر نشان می‌دهد که مدیریت ساخت‌وساز در حال حرکت به سوی الگوهای داده‌محور، هوشمند و فناورانه است؛ الگویی که می‌تواند با فناوری‌هایی مانند بلاکچین پیوند یابد و ظرفیت مدیریت یکپارچه اطلاعات پروژه را افزایش دهد (Tamimi & Farhang, 2025).

اهمیت بلاکچین در مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی از آنجا ناشی می‌شود که بسیاری از ریسک‌های این حوزه ریشه در فقدان شفافیت، ضعف ردیابی اطلاعات، تأخیر در تبادل داده‌ها، اختلاف میان ذی‌نفعان، نبود اعتماد، خطاهای مستندسازی و کنترل ناکافی منابع دارند. هنگامی که داده‌های پروژه به‌صورت پراکنده، غیرهمگن و غیرقابل اعتبارسنجی میان واحدهای مختلف توزیع می‌شود، احتمال خطا، دوباره‌کاری، ادعا، فساد، تأخیر و افزایش هزینه بیشتر می‌شود. بلاکچین با ایجاد بستر مشترک ثبت و اعتبارسنجی اطلاعات می‌تواند امکان پایش مستمر ریسک‌ها، شناسایی زودهنگام اختلالات، کنترل تغییرات، ثبت پاسخ‌های ریسک و هماهنگی میان پروژه‌های مختلف پورتفولیو را فراهم کند. از منظر ارزش‌آفرینی نیز مدیریت ریسک نباید صرفاً ابزاری برای اجتناب از زیان تلقی شود، بلکه می‌تواند از طریق افزایش شفافیت، بهبود تصمیم‌گیری، حمایت از اعتماد میان ذی‌نفعان و حفاظت از منافع اقتصادی و غیرمالی، به ایجاد ارزش در پروژه‌ها کمک کند (Testorelli et al., 2024). بر این اساس، پیوند مدیریت ریسک پورتفولیو با بلاکچین می‌تواند رویکردی راهبردی برای ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری، کنترل منابع و کاهش پیامدهای نامطلوب عدم قطعیت در پروژه‌های عمرانی باشد.

با وجود اهمیت مدیریت ریسک پورتفولیو، پژوهش‌های موجود هنوز با چند محدودیت اساسی مواجه‌اند. نخست، بخش قابل توجهی از مطالعات بر انتخاب پورتفولیو یا تحلیل کمی ریسک تمرکز کرده‌اند و کمتر به طراحی الگوی جامع مدیریت ریسک با در نظر گرفتن ابعاد انسانی، فنی، مالی، راهبردی و منابع پرداخته‌اند. دوم، بسیاری از مدل‌ها به مسئله فناوری اطلاعات و نقش فناوری‌های نوظهور در پایش و کنترل ریسک توجه کافی نکرده‌اند. سوم، ادبیات مدیریت ریسک پورتفولیو در صنعت ساخت‌وساز هنوز نیازمند مدل‌هایی است که هم از نظر مفهومی جامع باشند و هم قابلیت اعتبارسنجی تجربی داشته باشند. برای مثال، پژوهش‌های حوزه فین‌تک نشان داده‌اند که اثربخشی مدیریت ریسک پورتفولیو وابسته به همسویی راهبردی، مالکیت ریسک و فرایندهای کنترل ریسک است (Khalil-Oliwa & Jonek-Kowalska, ).



2024). همچنین مطالعات جدید در شرکت‌های هلدینگ ساختمانی نشان می‌دهند که انتخاب پورتفولیو باید با چارچوب‌های چندهدفه و تحلیل ریسک همراه باشد تا بتواند محدودیت‌های بودجه‌ای و تنوع پروژه‌ها را مدیریت کند (Ghanbari et al., 2024). در حوزه پروژه‌های انرژی نیز توجه به عدم قطعیت و تعاملات پروژه‌ها در سناریوهای راهبردی مختلف، ضرورت تصمیم‌گیری پورتفولیویی مبتنی بر ریسک را برجسته ساخته است (Wu et al., 2019). افزون بر این، عملکرد برون‌سپاری در پروژه‌های ساختمانی تحت تأثیر هزینه‌های مبادله، قابلیت‌ها و پیکربندی عوامل سازمانی قرار دارد؛ موضوعی که نشان می‌دهد مدیریت ریسک در پروژه‌های عمرانی نیازمند تحلیل هم‌زمان ساختارهای قراردادی، قابلیت‌های اجرایی و روابط میان کنشگران است (Zhang et al., 2025). از سوی دیگر، استفاده از سیستم‌های خبره فازی در مدیریت ریسک پورتفولیویی پروژه نشان داده است که ترکیب دانش خبرگان، روش‌های تصمیم‌گیری و مدل‌سازی می‌تواند به انتخاب بهتر راهبردهای پاسخ به ریسک کمک کند (Zahedi et al., 2020).

با توجه به آنچه بیان شد، ضرورت دارد الگویی جامع برای مدیریت ریسک پورتفولیویی پروژه‌های عمرانی تدوین شود که ضمن توجه به ماهیت چندبعدی ریسک، ظرفیت فناوری بلاکچین را در بهبود شفافیت، قابلیت ردیابی، اعتماد، یکپارچگی داده‌ها و کنترل فرآیندهای ریسک لحاظ کند. چنین الگویی می‌تواند به مدیران پروژه، شرکت‌های عمرانی، سازمان‌های کارفرمایی و سیاست‌گذاران کمک کند تا به‌جای مدیریت واکنشی و پراکنده ریسک‌ها، رویکردی پیش‌نگر، داده‌محور و یکپارچه اتخاذ کنند. اهمیت این موضوع زمانی بیشتر می‌شود که پروژه‌های عمرانی نه تنها از نظر اقتصادی و فنی، بلکه از نظر اجتماعی، زیست‌محیطی و حکمرانی نیز پیامدهای گسترده‌ای دارند و شکست یا تأخیر آن‌ها می‌تواند هزینه‌های سنگینی بر سازمان‌ها و جامعه تحمیل کند. بنابراین، هدف پژوهش حاضر ارائه الگوی جامع مدیریت ریسک پورتفولیویی پروژه‌های عمرانی مبتنی بر فناوری بلاکچین است.

## روش پژوهش

تحقیق حاضر با توجه به اهدافی که دارد جزء تحقیقات کاربردی است و از نظر فرایند گردآوری داده‌ها جزء تحقیقات توصیفی و میدانی می‌باشد. در بخش کیفی از روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی جهت گردآوری داده استفاده می‌گردد و ابزار گردآوری داده‌ها نیز مصاحبه عمیق است، سئوالات مصاحبه عمیق از چارچوب نظری تحقیق و با توجه به نظرات خبرگان استخراج می‌گردد. در بخش کمی از روش پیمایشی جهت گردآوری داده‌ها استفاده خواهد شد و ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه محقق ساخته است که روایی با نظرات خبرگان تایید و پایایی با آلفای کرونباخ ۰.۸۷ بدست آمد. طیف پاسخگوئی به سئوالات مصاحبه لیکرت ۵ نقطه‌ای است که به صورت (خیلی کم=۱، کم=۲، متوسط=۳، زیاد=۴ و خیلی زیاد=۵) است.

در بخش کیفی مشارکت کنندگان خبرگان آشنا به موضوع مدیریت ریسک پرتفوی پروژه و فناوری بلاکچین هستند که با روش اشباع نظری حجم نمونه ۲۵ نفر تعیین شد. معیارهای خبرگی شامل داشتن سابقه کار بالای ۱۰ سال در مدیریت پروژه، آشنایی کامل به مباحث مدیریت ریسک و بلاکچین و داشتن مدرک تحصیلی فوق لیسانس و به بالا است. در بخش کمی جامعه آماری مدیران پروژه‌های عمرانی هستند که با روش تصادفی ساده و فرمول کوکران حجم نمونه ۲۶۷ تعیین شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها در بخش کیفی از روش تحلیل مضمون و در بخش کمی از روش معادلات ساختاری و نرم افزار pls استفاده شد.

## یافته‌ها

## یافته‌های کیفی

همانطور که گفته شد جهت بدست آوردن ابعاد مدل اولیه از رویکرد تحلیل تم استفاده شد که طی مصاحبه‌های انجام شده با خبرگان و ادبیات تحقیق مقوله‌ها، زیر مقوله‌های هر یک شناسایی شدند. در این خصوص می‌توان بیان داشت که با توجه به جدول فوق هر یک از مفاهیم باز ابتدا تدوین و در نهایت با توجه به مفهوم اصلی عبارت، کد محوری شناسایی شده که همان زیر مقوله هر طبقه از مقولات تعیین شده هستند و در مقوله مربوط خود قرار گرفتند که می‌توانند بر مدل موثر واقع گردند. در ادامه به توجه به کدهای شناسایی شده در مرحله قبلی کدهای انتخابی دسته بندی شدند که در پنج دسته در جدول ۱ ارائه شدند.

## جدول ۱

یافته‌های کیفی

| عوامل                   | ریسک منابع انسانی | ریسک فنی | ریسک مالی | ریسک استراتژیک | ریسک منابع |
|-------------------------|-------------------|----------|-----------|----------------|------------|
| زیر مولفه ها            |                   |          |           |                |            |
| پشتیبانی مدیریت ارشد    |                   |          |           |                |            |
| مدیریت تغییر            |                   |          |           |                |            |
| مهارت اعضای تیم پروژه   |                   |          |           |                |            |
| ارتباطات                |                   |          |           |                |            |
| آموزش                   |                   |          |           |                |            |
| خلاقیت                  |                   |          |           |                |            |
| مدیریت ذینفعان          |                   |          |           |                |            |
| معماری پیچیده           |                   |          |           |                |            |
| بازمهندسی مجدد فرایندها |                   |          |           |                |            |
| تجهیزات                 |                   |          |           |                |            |
| جایگزین‌های نرم‌افزاری  |                   |          |           |                |            |
| سهولت کاربرد            |                   |          |           |                |            |
| استانداردسازی           |                   |          |           |                |            |
| سیستم‌های اطلاعاتی      |                   |          |           |                |            |
| توسعه سیستم             |                   |          |           |                |            |
| بودجه بندی              |                   |          |           |                |            |
| ریسک اعتباری            |                   |          |           |                |            |
| مدیریت هزینه ها         |                   |          |           |                |            |
| سرمایه گذاری            |                   |          |           |                |            |
| امنیت مالی              |                   |          |           |                |            |
| تجزیه و تحلیل           |                   |          |           |                |            |
| ارزش اقتصادی            |                   |          |           |                |            |
| انتقال ریسک             |                   |          |           |                |            |
| پذیرش ریسک              |                   |          |           |                |            |
| ارزیابی ریسک            |                   |          |           |                |            |
| برنامه ریزی ریسک        |                   |          |           |                |            |
| پایش ریسک               |                   |          |           |                |            |

|                     |
|---------------------|
| قابلیت‌های جدید     |
| مدیریت نااطمینانی   |
| چشم انداز ریسک      |
| روند ریسک           |
| اهداف ریسک          |
| هدایت ریسک          |
| کنترل و برنامه‌ریزی |
| یکپارچگی منابع      |
| بهینه سازی منابع    |
| پشتیبانی منابع      |

## یافته‌های بخش کمی

### یافته‌های توصیفی

در این بخش به بررسی یافته‌های توصیفی زیر مولفه‌های مدل پرداخته می‌شود که با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان داشت با توجه به اینکه زیر مولفه‌ها با طیف ۵ نقطه‌ای لیکرت سنجیده شده بودند، بررسی جدول ۲ نشان می‌دهد که همه میانگین‌های زیر مولفه‌ها بیشتر از نقطه برش (برش طیف) طیف ۵ نقطه‌ای لیکرت (۳) می‌باشد و با عنایت به اینکه این میانگین نیز از نقطه برش طیف بیشتر است لذا ایراد خاصی ایجاد نمی‌کند. نتایج فوق نشان می‌دهد که پاسخگویان نسبت به سوالات تحقیق همسو با اهداف تحقیق جواب داده اند و داده‌ها با انحراف معیار متناسب اطراف میانگین پراکندگی دارند و نتایج بدست آمده از تحلیل میانگین و انحراف معیار در جدول زیر قابل مشاهده است.

### جدول ۲

یافته‌های توصیفی زیر مولفه ها

| زیر مولفه ها            | میانگین | انحراف معیار |
|-------------------------|---------|--------------|
| پشتیبانی مدیریت ارشد    | ۳.۴۵    | ۰.۴۳۵        |
| مدیریت تغییر            | ۳.۲۱    | ۰.۶۵۴        |
| مهارت اعضای تیم پروژه   | ۳.۶۵    | ۰.۳۲۴        |
| ارتباطات                | ۳.۳۲    | ۰.۶۵۷        |
| آموزش                   | ۳.۲۵    | ۰.۶۱۱        |
| خلاقیت                  | ۳.۰۴    | ۰.۵۴۳        |
| مدیریت ذینفعان          | ۲.۹۷    | ۰.۵۷۷        |
| معماری پیچیده           | ۳.۷۸    | ۰.۷۶۵        |
| بازمهندسی مجدد فرایندها | ۳.۹۴    | ۰.۴۳۲        |
| تجهیزات                 | ۳.۱۱    | ۰.۶۵۴        |
| جایگزین‌های نرم‌افزاری  | ۳.۶۷    | ۰.۶۱۰        |
| سهولت کاربرد            | ۳.۴۴    | ۰.۶۵۶        |
| استانداردسازی           | ۳.۵۶    | ۰.۷۳۲        |
| سیستم‌های اطلاعاتی      | ۳.۴۱    | ۰.۵۴۶        |
| توسعه سیستم             | ۴.۰۱    | ۰.۷۵۶        |

|                     |      |       |
|---------------------|------|-------|
| بودجه بندی          | ۴.۵۳ | ۰.۸۷۵ |
| ریسک اعتباری        | ۳.۶۷ | ۰.۶۳۳ |
| مدیریت هزینه ها     | ۳.۲۳ | ۰.۳۸۲ |
| سرمایه گذاری        | ۳.۱۷ | ۰.۳۶۵ |
| امنیت مالی          | ۳.۷۷ | ۰.۴۳۵ |
| تجزیه و تحلیل       | ۳.۵۴ | ۰.۴۶۱ |
| ارزش اقتصادی        | ۳.۰۹ | ۰.۵۴۷ |
| انتقال ریسک         | ۳.۴۴ | ۰.۶۳۲ |
| پذیرش ریسک          | ۳.۸۷ | ۰.۶۱۶ |
| ارزیابی ریسک        | ۳.۵۲ | ۰.۷۳۴ |
| برنامه ریزی ریسک    | ۳.۶۷ | ۰.۴۵۳ |
| پایش ریسک           | ۳.۵۴ | ۰.۴۲۲ |
| قابلیت‌های جدید     | ۳.۹۸ | ۰.۴۳۲ |
| مدیریت ناطمینانی    | ۳.۴۳ | ۰.۲۶۵ |
| چشم انداز ریسک      | ۳.۶۵ | ۰.۴۳۵ |
| روند ریسک           | ۳.۲۵ | ۰.۴۶۵ |
| اهداف ریسک          | ۳.۹۰ | ۰.۵۳۴ |
| هدایت ریسک          | ۳.۴۵ | ۰.۶۵۶ |
| کنترل و برنامه‌ریزی | ۳.۶۷ | ۰.۵۴۴ |
| یکپارچگی منابع      | ۳.۶۵ | ۰.۶۵۶ |
| بهینه سازی منابع    | ۳.۴۶ | ۰.۶۳۲ |
| پشتیبانی منابع      | ۳.۹۸ | ۰.۵۸۱ |

### تحلیل عاملی اکتشافی

جهت انجام تحلیل عاملی اکتشافی از روش تحلیل مولفه‌های اصلی و چرخش واریماکس استفاده شده که تعداد ۵ بعد به عنوان ابعاد مدل و به همراه زیر مولفه‌ها استخراج شده بودند در این بخش مورد بررسی قرار گرفتند. این ۵ بعد به طور کلی ۹۰/۳۳٪ از واریانس کل را تبیین می‌نمایند. معیار انتخاب زیر مولفه‌ها، به عنوان یک شاخص برای عوامل، دارا بودن ارزش ویژه بالاتر از یک و همچنین بار عاملی ۰/۷۰ و بالاتر به شرطی که در دیگر عوامل کمتر از این مقدار ظاهر شود بوده است و در نهایت ۳۷ زیر مولفه مورد نظر انتخاب گردید. هر یک از این شاخص‌ها، عوامل مربوطه و میزان بار عاملی آن‌ها در جدول ۳ نمایش داده شده است.

### جدول ۳

نتایج حاصل از انجام تحلیل عاملی اکتشافی

| عوامل                 | ریسک منابع انسانی | ریسک فنی | ریسک مالی | ریسک استراتژیک | ریسک منابع |
|-----------------------|-------------------|----------|-----------|----------------|------------|
| زیر مولفه ها          |                   |          |           |                |            |
| پشتیبانی مدیریت ارشد  | ۰.۷۶۴             |          |           |                |            |
| مدیریت تغییر          | ۰.۷۳۵             |          |           |                |            |
| مهارت اعضای تیم پروژه | ۰.۷۹۳             |          |           |                |            |
| ارتباطات              | ۰.۷۴۴             |          |           |                |            |
| آموزش                 | ۰.۷۸۴             |          |           |                |            |
| خلاقیت                | ۰.۷۵۵             |          |           |                |            |

|                         |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| مدیریت ذینفعان          | ۰.۸۷۶ |       |       |       |
| معماری پیچیده           | ۰.۷۶۵ |       |       |       |
| بازمهندسی مجدد فرایندها | ۰.۷۱۱ |       |       |       |
| تجهیزات                 | ۰.۷۴۴ |       |       |       |
| جایگزین‌های نرم‌افزاری  | ۰.۷۹۰ |       |       |       |
| سهولت کاربرد            | ۰.۷۷۳ |       |       |       |
| استانداردسازی           | ۰.۸۶۵ |       |       |       |
| سیستم‌های اطلاعاتی      | ۰.۸۴۳ |       |       |       |
| توسعه سیستم             | ۰.۷۱۲ |       |       |       |
| بودجه بندی              | ۰.۷۶۴ |       |       |       |
| ریسک اعتباری            | ۰.۷۷۷ |       |       |       |
| مدیریت هزینه ها         | ۰.۷۰۵ |       |       |       |
| سرمایه گذاری            | ۰.۸۱۵ |       |       |       |
| امنیت مالی              | ۰.۷۹۰ |       |       |       |
| تجزیه و تحلیل           | ۰.۷۹۲ |       |       |       |
| ارزش اقتصادی            | ۰.۷۹۸ |       |       |       |
| انتقال ریسک             | ۰.۷۶۶ |       |       |       |
| پذیرش ریسک              | ۰.۷۴۳ |       |       |       |
| ارزیابی ریسک            | ۰.۷۴۴ |       |       |       |
| برنامه ریزی ریسک        | ۰.۸۳۳ |       |       |       |
| پایش ریسک               | ۰.۷۳۲ |       |       |       |
| قابلیت‌های جدید         | ۰.۷۶۲ |       |       |       |
| مدیریت نااطمینانی       | ۰.۷۶۹ |       |       |       |
| چشم انداز ریسک          | ۰.۷۵۵ |       |       |       |
| روند ریسک               | ۰.۸۱۱ |       |       |       |
| اهداف ریسک              | ۰.۸۶۵ |       |       |       |
| هدایت ریسک              | ۰.۷۶۲ |       |       |       |
| کنترل و برنامه ریزی     | ۰.۸۳۳ |       |       |       |
| یکپارچگی منابع          | ۰.۷۸۷ |       |       |       |
| بهینه سازی منابع        | ۰.۷۱۱ |       |       |       |
| پشتیبانی منابع          | ۰.۸۰۳ |       |       |       |
| مقادیر ویژه اولیه کل    | ۱.۲۴  | ۲.۱۶  | ۳.۹۰  | ۵.۳۴  |
| درصد واریانس            | ۱۲.۶۵ | ۲۱.۷۸ | ۳۴.۶۹ | ۵۴.۸۴ |
| درصد تراکمی واریانس     | ۱۲.۶۵ | ۳۶.۵۶ | ۴۷.۶۷ | ۵۴.۸۴ |

## بررسی کیفیت مدل

برای بررسی کیفیت مدل از شاخص بررسی افزونگی و ضریب تعیین استفاده می‌شود. اعداد مثبت نشانگر کیفیت مناسب مدل هستند. معیار اصلی ارزیابی مدل ساختاری، ضریب تعیین می‌باشد. این شاخص نشان می‌دهد چند درصد از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل صورت می‌گیرد. جدول ۴ نشان می‌دهد که ۷۶ درصد از تغییرات مدل توسط زیر مولفه‌های شناسایی شده مدل پیش بینی می‌شود. اگر شاخص افزونگی بیشتر از صفر باشد مقادیر مشاهده شده خوب بازسازی شده و مدل توانایی پیش بینی دارد. در این تحقیق این شاخص برای مدل بالای صفر می‌باشد.

## جدول ۴

شاخص‌های بررسی کیفیت مدل

| مدل                          | ضریب تعیین | افزونگی |
|------------------------------|------------|---------|
| مدیریت ریسک مبتنی بر بلاکچین | ۰/۷۶۰      | ۰/۵۶۶   |

## آزمون‌های پایایی مدل

## آزمون آلفای کرونباخ

معیاری کلاسیک برای سنجش پایایی و سنجش‌های مناسب برای ارزیابی پایداری درونی (سازگاری درونی) محسوب می‌شود. در مورد پایایی درونی باید گفت که یکی از مواردی که برای سنجش پایایی در روش مدلسازی معادلات ساختاری به کار می‌رود، پایایی درونی مدل‌های اندازه‌گیری با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ است. آلفای کرونباخ به معنای همبستگی درونی سؤالات یک متغیر در خارج از مدل است. درواقع پایایی درونی نشانگر میزان همبستگی بین یک سازه و شاخص‌های مربوط به آن است که میزان آن بالاتر از ۰/۷ گزارش شده است.

## جدول ۵

نتایج ضرایب آلفای کرونباخ

| شاخص‌ها           | ضریب آلفای کرونباخ |
|-------------------|--------------------|
| ریسک منابع انسانی | ۰/۹۶۵              |
| ریسک فنی          | ۰/۹۶۰              |
| ریسک مالی         | ۰/۹۲۵              |
| ریسک استراتژیک    | ۰/۸۶۲              |
| ریسک منابع        | ۰/۹۶۳              |

کلیه ضرایب آلفای کرونباخ متغیرهای پژوهش بزرگتر از ۰/۷ است بنابراین پایایی از نقطه نظر این آزمون مورد تأیید قرار می‌گیرد.

## پایایی ترکیبی

از آنجایی که معیار آلفای کرونباخ یک معیار سنتی برای تعیین پایایی سازه‌ها می‌باشد، روش حداقل مربعات جزئی معیار مدرنتری به نام پایایی ترکیبی به کار می‌برد. این معیار توسط ورتس و همکاران (۱۹۷۴) معرفی شد. در صورتی که مقدار آن برای هر سازه بالای ۰/۷۰ (نونالی، ۱۹۷۸) شود، نشان از پایداری درونی مناسب برای مدل‌های اندازه‌گیری دارد. شایان ذکر است که معیار پایایی ترکیبی در مدل‌سازی معادلات ساختاری معیار بهتری از آلفای کرونباخ به شمار می‌رود (وینزی و همکاران، ۲۰۱۰). با عنایت به موارد فوق و با توجه به جدول شماره ۶ مقدار پایایی ترکیبی تمامی متغیرها بیش از ۰/۷۰ هستند، برازش مناسب مدل‌های اندازه‌گیری تأیید می‌شود.



## جدول ۶

نتایج پایایی ترکیبی

| شاخص‌ها           | مقدار پایایی ترکیبی |
|-------------------|---------------------|
| ریسک منابع انسانی | ۰/۸۳۴               |
| ریسک فنی          | ۰/۸۸۵               |
| ریسک مالی         | ۰/۹۰۷               |
| ریسک استراتژیک    | ۰/۸۹۶               |
| ریسک منابع        | ۰/۸۴۵               |

با توجه به نتایج جدول ۷ کلیه ضرایب پایایی ترکیبی (CR) بالای ۰/۷ است بنابراین پایایی سؤالات در درون مدل نیز که بیانگر واقعیت تبیین شده است تأیید می‌شود.

### آزمون rho\_A

آزمون rho\_A در حقیقت همان همبستگی اسپیرمن بین سؤالات یک متغیر است. آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی نیز به همبستگی سؤالات در داخل و خارج از مدل اشاره دارد اما بسیاری از صاحب‌نظران آماری معتقدند که طیف لیکرت ترکیبی است بنابراین نمی‌توان برای آن ضریب همبستگی پیرسون محاسبه نمود. لذا بجای همبستگی پیرسون بین سؤالات، همبستگی اسپیرمن که در حقیقت آزمونی ناپارامتریک است بین سؤالات محاسبه می‌شود. مقدار این آزمون نیز مانند آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی باید بالای ۰/۷ باشد تا جوابی به بعضی از منتقدان و صاحب‌نظران آمار که معتقد هستند. طیف لیکرت یک طیف کمی یا Scale می‌باشد داده شود.

## جدول ۷

نتایج آزمون rho\_A

| شاخص‌ها           | ضریب همبستگی اسپیرمن |
|-------------------|----------------------|
| ریسک منابع انسانی | ۰/۷۸۵                |
| ریسک فنی          | ۰/۷۳۶                |
| ریسک مالی         | ۰/۸۵۴                |
| ریسک استراتژیک    | ۰/۷۹۶                |
| ریسک منابع        | ۰/۷۴۵                |

لذا با توجه به یافته‌ها کلیه ضرایب آزمون rho\_A یا همان همبستگی اسپیرمن بین سؤالات بالای ۰/۷ است بنابراین پایایی توسط این آزمون نیز تأیید می‌شود.

## آزمون‌های مدل بیرونی

### آزمون‌های روایی همگرا (روایی سازه)

روایی هم را دومین معیاری است که برای برازش مدتهای اندازه‌گیری در روش PLS به کار برده می‌شود. AVE میزان همبستگی یک سازه با شاخص‌های خود را نشان می‌دهد که هرچه این همبستگی بیشتر باشد، برازش نیز بیشتر است (داوری و رضازاده، ۱۳۹۳). مقدار ملاک برای سطح قبولی AVE، این است که ضریب روایی هم را بیشتر از ۰/۵ باشد (مگنر و همکاران، ۱۹۹۶)

## جدول ۸

نتایج آزمون میانگین واریانس استخراجی

| شاخص‌ها           | میانگین واریانس استخراجی |
|-------------------|--------------------------|
| ریسک منابع انسانی | ۰/۵۶۸                    |
| ریسک فنی          | ۰/۵۷۸                    |
| ریسک مالی         | ۰/۶۸۴                    |
| ریسک استراتژیک    | ۰/۶۹۶                    |
| ریسک منابع        | ۰/۵۴۵                    |

لذا کلیه ضرایب روایی هم را در این قسمت پژوهش بزرگتر از ۰/۵ گزارش شده است. بنابراین روایی هم روایی پژوهش توسط این آزمون نیز تأیید می‌شود.

### آزمون چند روش و چند خصیصه یا (HTMT)

آزمون HTMT در سات ۲۰۱۵ توسط هنسلر برای اینکه تمام ویژگی‌های آزمون بارهای عرضی را داشته باشد ارائه شد. در این روش هر متغیر یک خصیصه و هر سؤال یک روش برای اندازه‌گیری خصیصه است. ماتریسی از خصیصه‌ها و روش‌ها ایجاد و در طی محاسباتی شاخص HTMT به دست می‌آید. این شاخص اگر کمتر از ۰/۸ باشد وضعیت بسیار عالی است و اگر کمتر از ۱ باشد قابل قبول است. در این روش متغیرها جفت جفت و دوبه‌دو بارشان HTMT محاسبه می‌شود و کلیه HTMT ها باید کوچکتر از ۱ باشد.

## جدول ۹

نتایج آزمون چند روش و چند خصیصه

| ابعاد             | ۱     | ۲     | ۳     | ۴     | ۵ |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|---|
| ریسک منابع انسانی |       |       |       |       |   |
| ریسک فنی          | ۰.۸۸۵ |       |       |       |   |
| ریسک مالی         | ۰.۵۶۹ | ۰.۶۶۲ |       |       |   |
| ریسک استراتژیک    | ۰.۵۰۱ | ۰.۳۷۱ | ۰.۳۳۵ |       |   |
| ریسک منابع        | ۰.۸۰۵ | ۰.۷۹۵ | ۰.۶۱۸ | ۰.۵۳۹ |   |

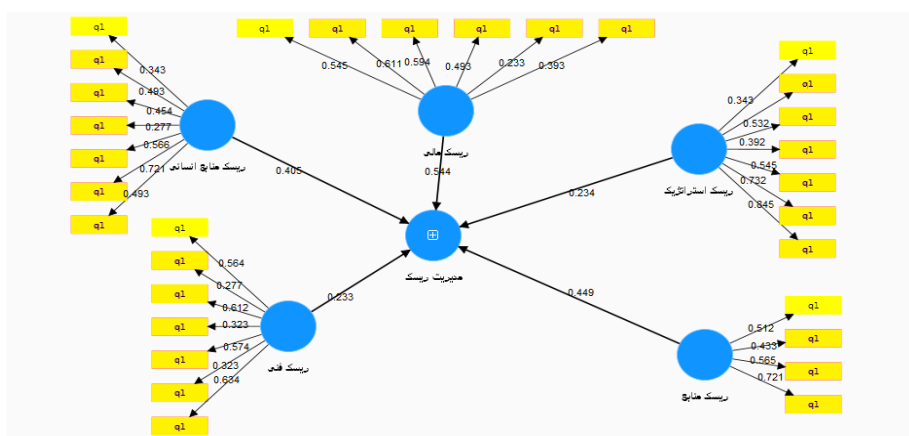
کلیه ضرایب HTMT کمتر از ۱ هستند. بنابراین با توجه به دو آزمون قبل با قدرت میتوان ادعا نمود که روایی واگرا برقرار است و همینطور با توجه به برقراری روایی همگرا می‌توان ادعا نمود که مدت ارزیابی شده بر آمده از داده‌های پرسشنامه روایی سازه دارد. یعنی محقق همان چیزی را سنجیده که قرار بوده سنجیده شود.

### کمی سازی مدل

در این بخش با توجه به اینکه مشخص شد ابعاد مدل چگونه بوده، میزان حجم نمونه مناسب است و کلیه ابعاد شناسایی شده بر روی مدل مورد نظر موثر هستند با استفاده از تکنیک مربعات جزئی و آزمون  $\chi^2$  بوت استرپینگ به کمی سازی مدل پرداخته شد.

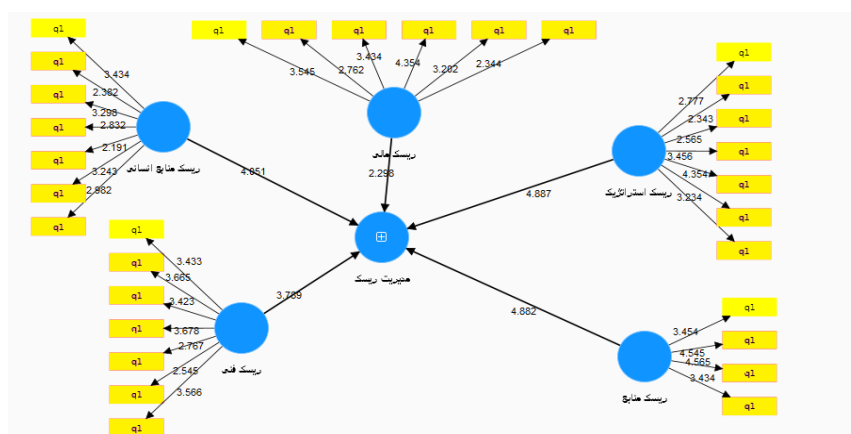
شکل ۱

مدل در حالت استاندارد



شکل ۲

مدل در حالت معناداری



نتایج به شرح جدول ۱۰ می‌باشند. نتایج فوق نشان می‌دهد که کلیه ضرایب بدست آمده برای ابعاد مدل مثبت بوده که می‌توان نتیجه گرفت مدل در معنادار بوده و می‌توان به نتایج بدست آمده استناد نمود.

## جدول ۱۰

ضرایب مسیر

| ضرایب مسیر        | ضرایب | مقدار t | سطح معناداری |
|-------------------|-------|---------|--------------|
| ریسک منابع انسانی | ۰.۴۰۵ | ۴.۰۵۱   | ۰.۰۰۰        |
| ریسک فنی          | ۰.۲۳۳ | ۳.۷۸۹   | ۰.۰۰۰        |
| ریسک مالی         | ۰.۵۴۴ | ۲.۲۹۸   | ۰.۰۰۰        |
| ریسک استراتژیک    | ۰.۲۳۴ | ۴.۸۷۷   | ۰.۰۰۰        |
| ریسک منابع        | ۰.۴۴۹ | ۴.۸۸۲   | ۰.۰۰۰        |

## برازش مدل

در ادامه جهت برازش مدل از شاخص‌های نیکویی برازش شامل: GFI، AGFI و RMSEA استفاده شده است، مقادیر بدست آمده در جدول ۱۱ نشان می‌دهند که نتایج مدل قابل اعتماد است. چرا که شاخص‌های GFI و AGFI، هر دو بیش‌تر از حد مورد نظر برآورد شده‌اند که این آماره بزرگتر از حد ملاک ۰/۹۰ بوده است. همچنین، نسبت مربع کای به درجه آزادی ( $X^2/df$ ) مقدار مناسبی را نشان داده است. همچنین معیار خطای RMSEA نیز برابر با ۰/۰۳ برآورد شده که این مقدار کوچکتر از حد مجاز ۰/۰۸ بوده است. بر اساس برآوردهای ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که مدل تست شده در جامعه مورد نظر از برازش نسبتاً خوب و قابل قبولی برخوردار بوده است. بنابراین، نتایج مدل تحقیق نشان می‌دهد که مدل مورد استفاده تحقیق حاضر از برازش مناسبی برخوردار بود.

## جدول ۱۱

آماره‌های مربوط به نیکویی برازش مدل

| نتیجه برازش | مقادیر پژوهش | ملاک        | نماد           | شاخص‌های برازش                  |
|-------------|--------------|-------------|----------------|---------------------------------|
| برازش خوب   | ۱.۳۴         | $\leq 3$    | $X^2/df$       | تقسیم کای-مربع بر درجه آزادی    |
| برازش خوب   | ۰.۰۳         | $\leq 0.08$ | RMSEA          | ریشه میانگین مربعات خطای برآورد |
| برازش خوب   | ۰/۹۴         | $\geq 0.9$  | GFI            | شاخص نیکویی برازش               |
| برازش خوب   | ۰/۹۱         | $\geq 0.9$  | AGFI           | شاخص نیکویی برازش تعدیل شده     |
| برازش خوب   | ۰/۹۵         | $\geq 0.9$  | CFI            | شاخص برازش مقایسه ای            |
| برازش خوب   | ۰/۹۳         | $\geq 0.9$  | IFI            | شاخص برازش افزایشی              |
| برازش خوب   | ۰/۹۲         | $\geq 0.9$  | NFI            | شاخص برازش نرم                  |
| برازش خوب   | ۰/۹۶         | $\geq 0.9$  | NNFI           | شاخص برازش غیر نرم              |
| برازش خوب   | ۰/۷۶         | $\geq 0.67$ | R <sup>2</sup> | ضریب تعیین                      |

پس از بررسی برازش بخش اندازه گیری و بخش ساختاری مدل، برازش کلی مدل از طریق معیار GOF که شاخصی برای بررسی برازش مدل جهت پیش بینی متغیرهای درون زا می‌باشد، استفاده می‌شود. که مقدار آن بین صفر تا یک قرار دارد. و مقادیر نزدیک به یک نشانگر کیفیت مناسب مدل هستند. و توانایی پیش بینی کلی مدل را مورد بررسی قرار می‌دهد. و مدل آزمون شده پیش بینی متغیرهای مکنون درون زا را دارد. این معیار از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Gof = \sqrt{\text{communalities} \times R^2} =$$

به طوری که Communalities نشانه میانگین مقادیر اشتراکی هر سازه هست  $R^2$  نیز مقدار میانگین مقادیر  $R^2$  Squares R سازه‌های درون زای مدل است. بر اساس جدول ۱۱ مقادیر ضریب تعیین  $R^2$  به دست آمده است. همچنین مقدار اشتراکی برابر است با ۰.۷۶ و با توجه به سه مقدار ۰.۰۱، ۰.۲۵ و ۰.۳۶ که به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF معرفی شده است، حاصل شدن مقدار ۰.۶۵ برای GOF نشان از برازش قوی کلی مدل پژوهش دارد. از آنجایی که مقدار محاسبه شده GOF بزرگتر از ۰.۳۶ بدست آمده، نشان از برازش مناسب مدل پژوهش دارد. بنابراین می‌توان گفت برازش کلی مدل پژوهش بسیار مناسب و مورد تایید می‌باشد.

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر ارائه الگوی جامع مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی مبتنی بر فناوری بلاکچین بود. نتایج بخش کیفی نشان داد که الگوی پیشنهادی شامل ۳۷ زیرمؤلفه در پنج بعد اصلی ریسک منابع انسانی، ریسک فنی، ریسک مالی، ریسک استراتژیک و ریسک منابع است. این یافته نشان می‌دهد که مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی پدیده‌ای چندبعدی است و نمی‌توان آن را صرفاً به ریسک‌های مالی یا فنی محدود کرد. درواقع، پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی به دلیل وابستگی میان پروژه‌ها، اشتراک منابع، هم‌زمانی فعالیت‌ها، پیچیدگی زنجیره تأمین، تنوع ذی‌نفعان و تغییرپذیری محیط اجرایی، به الگویی نیاز دارد که بتواند ریسک‌ها را در سطحی فراتر از پروژه منفرد شناسایی و مدیریت کند. این نتیجه با دیدگاه مدیریت پروژه همسو است که ریسک را رویداد یا شرایطی نامطمئن می‌داند که می‌تواند بر اهداف پروژه اثرگذار باشد و مدیریت آن نیازمند شناسایی، تحلیل، پاسخ‌گویی و پایش مستمر است ( Yazdi, 2021; Project Management, 2014). همچنین یافته حاضر با مطالعاتی همخوان است که بر ضرورت گذار از مدیریت ریسک پروژه منفرد به مدیریت ریسک پورتفولیو، به‌ویژه در محیط‌های پیچیده و چندپروژه‌ای، تأکید کرده‌اند (Mican et al., 2020; Zhang, 2024).

نتایج تحلیل عاملی اکتشافی نشان داد که پنج بعد استخراج‌شده توانستند ۹۰.۳۳ درصد از واریانس کل را تبیین کنند و تمامی ۳۷ زیرمؤلفه دارای بار عاملی قابل قبول بودند. این یافته نشان‌دهنده کفایت ساختار عاملی مدل و انسجام مفهومی ابعاد شناسایی‌شده است. از منظر نظری، چنین نتیجه‌ای بیانگر آن است که ریسک در پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی دارای ساختاری منظم، قابل شناسایی و قابل طبقه‌بندی است و می‌توان آن را در قالب ابعاد اصلی انسانی، فنی، مالی، استراتژیک و منابع صورت‌بندی کرد. اهمیت این طبقه‌بندی زمانی بیشتر می‌شود که در پورتفولیوی پروژه، ریسک‌ها تنها از ماهیت داخلی پروژه‌ها ناشی نمی‌شوند، بلکه از تعامل میان پروژه‌ها، رقابت بر سر منابع، وابستگی‌های زمانی و روابط میان ذی‌نفعان نیز پدید می‌آیند. این نتیجه با پژوهش‌هایی همسو است که نشان داده‌اند تعاملات و وابستگی‌های میان پروژه‌ها می‌توانند ترکیب پورتفولیو، سطح ریسک و پیامدهای تصمیم‌گیری را تغییر دهند (Bai et al., 2021; Pajares & Lopez, 2014). همچنین یافته پژوهش حاضر با نتایج مطالعاتی که بر اثر تعاملات جفتی و چندگانه میان پروژه‌ها در انتخاب پورتفولیو تأکید داشته‌اند، هم‌راستا است (Maier et al., 2018; Nakhai Nejad & Momenshad, 2020).

از نظر پایایی و روایی، نتایج نشان داد که ضرایب آلفای کرونباخ برای ابعاد مدل در دامنه ۰.۸۶۲ تا ۰.۹۶۵ قرار داشتند و پایایی ترکیبی،  $\rho_A$  و میانگین واریانس استخراجی نیز بالاتر از مقادیر ملاک بودند. همچنین شاخص HTMT برای روابط میان سازه‌ها کمتر از یک گزارش شد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ابزار سنجش از پایایی درونی، روایی همگرا و روایی واگرایی قابل قبول برخوردار بوده و سازه‌های مدل از یکدیگر تمایز مفهومی کافی دارند. تأیید پایایی و روایی سازه‌ها بیانگر آن است که ابعاد شناسایی‌شده صرفاً مجموعه‌ای از شاخص‌های

پراکنده نیستند، بلکه هر بعد دارای انسجام نظری و تجربی است. این نتیجه با رویکردهایی همسو است که بر لزوم طراحی مدل‌های معتبر و چندمعیاره برای تحلیل ریسک و انتخاب پورتفولیوی پروژه تأکید دارند (Altuntas & Dereli, 2015; Relich & Pawlewski, 2017; Roland et al., 2016). همچنین با پژوهش‌هایی که از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، سیستم‌های خبره و مدل‌سازی برای ارزیابی ریسک پورتفولیوی پروژه استفاده کرده‌اند، همخوانی دارد (Komaki et al., 2024; Mirjalili et al., 2023; Zahedi et al., 2020).

نتایج مدل ساختاری نشان داد که هر پنج بعد شناسایی‌شده اثر مثبت و معناداری بر مدیریت ریسک مبتنی بر بلاکچین دارند. در میان ابعاد، ریسک مالی با ضریب مسیر ۰.۵۴۴ بیشترین اثر را نشان داد. این یافته بیانگر آن است که در پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی، کنترل و مدیریت ریسک‌های مالی از جمله بودجه‌بندی، مدیریت هزینه‌ها، امنیت مالی، سرمایه‌گذاری، ریسک اعتباری و تحلیل ارزش اقتصادی، نقشی محوری در شکل‌گیری الگوی مدیریت ریسک دارد. این نتیجه قابل تبیین است؛ زیرا پروژه‌های عمرانی معمولاً سرمایه‌بر، زمان‌بر و وابسته به جریان‌های مالی پایدار هستند و هرگونه اختلال در تأمین مالی، افزایش هزینه، تأخیر در پرداخت یا ضعف در کنترل مالی می‌تواند به صورت زنجیره‌ای بر کل پورتفولیو اثر بگذارد. این یافته با مطالعاتی همسو است که مدیریت ریسک سرمایه‌گذاری و تحلیل ریسک مالی را از مؤلفه‌های کلیدی تصمیم‌گیری پروژه‌ای دانسته‌اند (Motamedi & Darvish Motavalli, 2025; Rostami, 2023). همچنین پژوهش‌هایی که بر انتخاب پورتفولیو با در نظر گرفتن عدم قطعیت، محدودیت بودجه و تعامل میان پروژه‌ها تأکید کرده‌اند، اهمیت بعد مالی را تأیید می‌کنند (Ghanbari et al., 2024; Huang et al., 2016; Wu et al., 2019).

بعد ریسک منابع نیز با ضریب مسیر ۰.۴۴۹ اثر مثبت و معناداری بر مدل داشت. این نتیجه نشان می‌دهد که کنترل و برنامه‌ریزی منابع، یکپارچگی منابع، بهینه‌سازی منابع و پشتیبانی منابع در مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی اهمیت اساسی دارند. در محیط پورتفولیو، منابع به‌طور معمول میان چند پروژه توزیع می‌شوند و محدودیت یا تخصیص نامناسب آن‌ها می‌تواند باعث تأخیر، افزایش هزینه، کاهش کیفیت و بروز تعارض میان پروژه‌ها شود. بنابراین، مدیریت منابع در سطح پورتفولیو صرفاً یک فعالیت اجرایی نیست، بلکه یک سازوکار راهبردی برای کاهش ریسک‌های تعاملی و جلوگیری از سرایت مشکلات از یک پروژه به پروژه دیگر است. این یافته با پژوهش‌هایی همخوان است که نشان داده‌اند مشکلات در دسترس بودن منابع، تعارضات سازمانی و ناهماهنگی در تراز پورتفولیو از پدیده‌های اصلی مدیریت ریسک پورتفولیو هستند (Hofman et al., 2017). همچنین با مطالعاتی سازگار است که بر ضرورت تحلیل تعاملات پروژه‌ها، محدودیت منابع و سازگاری اهداف در انتخاب پورتفولیو تأکید داشته‌اند (Alvarez-Garcia & Fernandez-Castro, 2018; Sharifi Qazvini et al., 2018).

بعد ریسک منابع انسانی با ضریب مسیر ۰.۴۰۵ نیز اثر مثبت و معناداری بر مدیریت ریسک مبتنی بر بلاکچین داشت. این یافته نشان می‌دهد که عواملی مانند پشتیبانی مدیریت ارشد، مدیریت تغییر، مهارت اعضای تیم پروژه، ارتباطات، آموزش، خلاقیت و مدیریت ذی‌نفعان در موفقیت الگوی مدیریت ریسک نقش مهمی دارند. این نتیجه از آن جهت اهمیت دارد که اجرای فناوری بلاکچین در پروژه‌های عمرانی صرفاً یک مسئله فنی نیست، بلکه مستلزم پذیرش سازمانی، تغییر فرآیندها، توانمندسازی نیروی انسانی، آموزش کاربران و ایجاد ارتباطات مؤثر میان ذی‌نفعان است. در صورت نبود پشتیبانی مدیریتی، ضعف مهارت‌های انسانی یا مقاومت در برابر تغییر، حتی پیشرفته‌ترین فناوری‌ها نیز نمی‌توانند به بهبود واقعی مدیریت ریسک منجر شوند. این یافته با مطالعه‌ای همسو است که نشان داد مدیریت ریسک از طریق کنش ارتباطی و تعامل مؤثر می‌تواند بر موفقیت پروژه‌های فناوری اطلاعات اثر بگذارد (De Bakker et al., 2011). همچنین با پژوهش‌های مربوط به عملکرد برون‌سپاری در پروژه‌های ساختمانی همخوانی دارد که بر نقش قابلیت‌ها، هزینه‌های مبادله و پی‌کرندگی روابط سازمانی در موفقیت پروژه تأکید کرده‌اند (Zhang et al., 2025).

بعد ریسک استراتژیک با ضریب مسیر ۰.۲۳۴ و بعد ریسک فنی با ضریب مسیر ۰.۲۳۳ نیز اثر مثبت و معناداری بر مدل داشتند. اگرچه ضرایب این دو بعد نسبت به ریسک مالی و منابع کمتر بود، اما معناداری آن‌ها نشان می‌دهد که ابعاد راهبردی و فنی همچنان برای مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی مبتنی بر بلاکچین ضروری هستند. ریسک استراتژیک شامل مؤلفه‌هایی مانند انتقال ریسک، پذیرش ریسک، ارزیابی ریسک، برنامه‌ریزی ریسک، پایش ریسک، مدیریت نااطمینانی، چشم‌انداز ریسک، روند ریسک، اهداف ریسک و هدایت ریسک است. این مؤلفه‌ها نشان می‌دهند که مدیریت ریسک پورتفولیو باید با اهداف بلندمدت سازمان، سیاست‌های پاسخ به ریسک و جهت‌گیری راهبردی پورتفولیو همسو باشد. این نتیجه با پژوهش‌هایی سازگار است که اثربخشی مدیریت ریسک پورتفولیو را وابسته به همسویی راهبردی، مالکیت ریسک و فرآیندهای کنترل ریسک دانسته‌اند (Khalil-Oliwa & Jonek-Kowalska, 2024; Zhang et al., 2022). از سوی دیگر، ریسک فنی شامل معماری پیچیده، بازمهندسی فرآیندها، تجهیزات، جایگزین‌های نرم‌افزاری، سهولت کاربرد، استانداردسازی، سیستم‌های اطلاعاتی و توسعه سیستم است. معناداری این بعد نشان می‌دهد که پیاده‌سازی بلاکچین در پروژه‌های عمرانی نیازمند زیرساخت فنی، معماری مناسب، استانداردسازی داده‌ها و بازطراحی فرآیندهاست. این یافته با مطالعاتی همسو است که بر نقش فناوری‌های هوشمند، قراردادهای هوشمند و سامانه‌های نوین در کاهش اختلافات و بهبود مدیریت ساخت‌وساز تأکید کرده‌اند (Nada & Othman, 2025; Tamimi & Farhang, 2025).

برازش مدل نیز نشان داد که الگوی پیشنهادی از کیفیت مطلوبی برخوردار است. مقدار ضریب تعیین مدل برابر با ۰.۷۶۰ بود؛ یعنی ۷۶ درصد از تغییرات مدیریت ریسک مبتنی بر بلاکچین توسط ابعاد شناسایی‌شده تبیین می‌شود. همچنین شاخص افزونگی برابر با ۰.۵۶۶ و مقدار GOF برابر با ۰.۶۵ گزارش شد که نشان‌دهنده توان پیش‌بینی و برازش کلی مناسب مدل است. افزون بر این، شاخص‌های برازش از جمله  $X^2/df$  برابر با ۱.۳۴، RMSEA برابر با ۰.۰۳، GFI برابر با ۰.۹۴، AGFI برابر با ۰.۹۱، CFI برابر با ۰.۹۵، IFI برابر با ۰.۹۳، NFI برابر با ۰.۹۲ و NNFI برابر با ۰.۹۶ نشان دادند که مدل آزمون‌شده با داده‌های تجربی سازگاری مطلوبی دارد. این یافته‌ها بیانگر آن است که الگوی پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان چارچوبی معتبر برای شناسایی، تحلیل و مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی مبتنی بر فناوری بلاکچین مورد استفاده قرار گیرد. این نتیجه با رویکردهای جدید مدیریت ریسک همسو است که مدیریت ریسک را نه تنها ابزاری برای کاهش زیان، بلکه سازوکاری برای ایجاد ارزش، افزایش شفافیت، بهبود تصمیم‌گیری و حفاظت از منافع ذی‌نفعان می‌دانند (Testorelli et al., 2024). همچنین با مطالعات حوزه ساخت‌وساز همخوان است که در شرایط پرتلاطم و چرخه عمر پروژه، مدیریت فعال ریسک را برای کنترل اختلالات، ادعاها و عدم قطعیت‌ها ضروری می‌دانند (Cevikbas et al., 2024; Ebekozen et al., 2024; Ghab, 2023).

در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که فناوری بلاکچین می‌تواند نقش پشتیبان و توانمندساز در مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی ایفا کند. بلاکچین از طریق ثبت شفاف، غیرقابل تغییر و قابل ردیابی اطلاعات می‌تواند امکان کنترل بهتر منابع، پایش دقیق‌تر هزینه‌ها، کاهش اختلافات قراردادی، ارتقای اعتماد میان ذی‌نفعان، بهبود پاسخ‌گویی و افزایش قابلیت حساسی را فراهم سازد. با این حال، اثربخشی این فناوری زمانی محقق می‌شود که ابعاد انسانی، فنی، مالی، راهبردی و منابع به‌صورت هم‌زمان در مدل مدیریت ریسک دیده شوند. بنابراین، نوآوری اصلی پژوهش حاضر در آن است که مدیریت ریسک پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی را در پیوند با فناوری بلاکچین و در قالب الگویی چندبعدی تبیین کرده است؛ الگویی که هم با ادبیات تصمیم‌گیری پورتفولیویی و هم با رویکردهای نوین مدیریت ریسک و تحول دیجیتال در صنعت ساخت‌وساز همسو است.

پژوهش حاضر با وجود برخورداری از طراحی آمیخته و استفاده از داده‌های کیفی و کمی، با چند محدودیت همراه بود. نخست آنکه داده‌های کمی از طریق پرسشنامه گردآوری شد و بنابراین امکان وجود سوگیری پاسخ‌دهندگان، برداشت ذهنی متفاوت از گویه‌ها و تمایل به

پاسخ‌های اجتماعی مطلوب وجود دارد. دوم آنکه جامعه آماری پژوهش به مدیران پروژه‌های عمرانی محدود بود و دیدگاه سایر ذی‌نفعان مانند کارفرمایان، پیمانکاران جزء، مشاوران، تأمین‌کنندگان، کارشناسان فناوری اطلاعات و نهادهای نظارتی به‌صورت مستقل بررسی نشد. سوم آنکه پژوهش حاضر ماهیتی مقطعی داشت و پویایی ریسک‌ها در طول زمان، به‌ویژه در مراحل مختلف چرخه عمر پروژه و پورتفولیو، به‌صورت طولی ارزیابی نشد. همچنین، سطح آمادگی واقعی سازمان‌های عمرانی برای پیاده‌سازی بلاکچین، از نظر زیرساخت فنی، حقوقی، مالی و فرهنگی، به‌صورت عملیاتی و میدانی در پروژه‌های اجراشده سنجیده نشد.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، الگوی ارائه‌شده در صنایع مختلف، انواع پروژه‌های عمرانی و سازمان‌های پروژه‌محور با اندازه‌ها و ساختارهای متفاوت آزمون و مقایسه شود. همچنین انجام مطالعات طولی می‌تواند نشان دهد که اثر هر یک از ابعاد مدل در مراحل مختلف چرخه عمر پورتفولیو چگونه تغییر می‌کند. پیشنهاد می‌شود پژوهشگران از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدل‌سازی پویایی سیستم، تحلیل شبکه، مدل‌سازی مبتنی بر سناریو و روش‌های فازی برای رتبه‌بندی ابعاد و زیرمؤلفه‌های مدل استفاده کنند. علاوه بر این، بررسی آمادگی سازمانی برای استقرار بلاکچین، تحلیل موانع حقوقی و قراردادی، ارزیابی هزینه - فایده پیاده‌سازی فناوری، و مقایسه بلاکچین با سایر فناوری‌های دیجیتال مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و سامانه‌های مدیریت پروژه می‌تواند مسیر توسعه نظری و کاربردی این حوزه را تکمیل کند.

بر اساس نتایج پژوهش، پیشنهاد می‌شود سازمان‌های فعال در پروژه‌های عمرانی پیش از استقرار بلاکچین، نقشه راه مدیریت ریسک پورتفولیو را تدوین و ابعاد انسانی، فنی، مالی، راهبردی و منابع را به‌صورت یکپارچه در آن لحاظ کنند. مدیران ارشد باید از طریق حمایت سازمانی، تأمین منابع، آموزش کارکنان و ایجاد فرهنگ شفافیت، زمینه پذیرش فناوری را فراهم سازند. همچنین لازم است سامانه‌های اطلاعاتی پروژه‌ها استانداردسازی شوند تا داده‌های مالی، قراردادی، فنی و منابع قابلیت ثبت، ردیابی و اعتبارسنجی داشته باشند. ایجاد واحد تخصصی مدیریت ریسک دیجیتال، استفاده آزمایشی از بلاکچین در پروژه‌های منتخب، طراحی قراردادهای هوشمند برای پرداخت‌ها و تعهدات، و اتصال داده‌های بلاکچین به فرآیندهای پایش و کنترل پروژه می‌تواند به کاهش اختلافات، افزایش شفافیت و بهبود تصمیم‌گیری در پورتفولیوی پروژه‌های عمرانی کمک کند.

## تقدیر و تشکر

از تمامی کسانی که در انجام این مطالعه همراهی نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

## تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

## مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

## موازن اخلاقی

در پژوهش حاضر تمامی موازن اخلاقی رعایت گردیده است.



## شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

## حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

## References

- Altuntas, S., & Dereli, T. (2015). A novel approach based on DEMATEL method and patent citation analysis for prioritizing a portfolio of investment projects. *Expert Systems with Applications*, 42(3), 1003-1012. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.09.018>
- Alvarez-Garcia, B., & Fernandez-Castro, A. (2018). A comprehensive approach for the selection of a portfolio of interdependent projects: An application to subsidized projects in Spain. *Computers & Industrial Engineering*, 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.02.025>
- Bai, L. B., Shi, H. J., Kang, S. Y., & Zhang, B. B. (2021). Project portfolio risk analysis with the consideration of project interdependencies. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-06-2021-0555>
- Cevikbas, M., Okudan, O., & Isik, Z. (2024). Identification and assessment of disruption claim management risks in construction projects: A life cycle-based approach. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 31(1), 1-27. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2022-0470>
- De Bakker, K., Boonstra, A., & Wortmann, H. (2011). Risk management affecting IS/IT project success through communicative action. *Project Management Journal*, 42, 75-90. <https://doi.org/10.1002/pmj.20242>
- Ebekozien, A., Aigbavboa, C., Samsurijan, M. S., Ahmed, M. A. H., Akinradewo, O., & Omoh-Paul, I. (2024). Managing construction project risks in turbulent times: A stakeholders perspective. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 42(7), 35-54. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-01-2024-0003>
- Ghab, M. (2023). Risk response in construction project: A review study. *Journal of Engineering*, 29(08), 121-137. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2023.08.09>
- Ghanbari, M., Olaihan, A. A. J., & Skitmore, M. (2024). Enhancing project portfolio selection for construction holding firms: A multi-objective optimization framework with risk analysis. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 1-24. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2023-0532>
- Hofman, M., Spalek, S., & Grela, G. (2017). Shedding new light on project portfolio risk management. *Sustainability*, 9, 1798. <https://doi.org/10.3390/su9101798>
- Huang, X., Zhao, T., & Kudratova, S. (2016). Uncertain mean-variance and mean-semivariance models for optimal project selection and scheduling. *Knowledge-Based Systems*, 93, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.10.030>
- Khalil-Oliwa, O., & Jonek-Kowalska, I. (2024). Determinants of the effectiveness of risk management in the project portfolio in the FinTech industry. *Risks*, 12, 111. <https://doi.org/10.3390/risks12070111>
- Komaki, F., Fallahnejad, R., Hosseinzadeh Lotfi, F., & Rostami Malkhalifeh, M. (2024). Evaluation and ranking of market risks in infrastructure investment projects using a hybrid DEA/AHP technique. *Investment Knowledge*, 13(51), 119-136.
- Maier, S., Polak, J., & Gann, D. (2018). Valuing portfolios of interdependent real options using influence diagrams and simulation-and-regression: A multi-stage stochastic integer programming approach. *Computers and Operations Research*, 000(1), 1-14.
- Mican, C., Fernandes, G., & Araujo, M. (2020). Project portfolio risk management: A structured literature review with future directions for research. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 8(3). <https://doi.org/10.12821/ijispm080304>
- Mirjalili, S., Lorak, A., & Aminnejad, B. (2023). Risk assessment in construction project portfolio management using the CRITIC multi-criteria decision-making method. *Structural Engineering and Construction*, 10(12), 5-17.
- Motamedi, M., & Darvish Motavalli, M. H. (2025). Designing a Dynamic Model for Evaluating Construction Investment Projects Using a System Dynamics Approach. *Economic Research (Sustainable Growth and Development)*, 25(1), 291-318. <https://mcej.modares.ac.ir/article-18-74581-en.html>
- Nada, N., & Othman, A. A. E. (2025). *Smart Contracts Towards Reducing Disputes in Construction Projects in Egypt* IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,
- Nakhai Nejad, M., & Momenshad, N. (2020). Project portfolio selection based on triple interactions among projects. *Research in Production and Operations Management*, 11(1), 1-22.

- Pajares, J., & Lopez, A. (2014). New methodological approaches to project portfolio management: The role of interactions within projects and portfolios. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 645-652. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.072>
- Project Management, I. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
- Relich, M., & Pawlewski, P. (2017). A fuzzy weighted average approach for selection portfolio of new product development projects. *Neurocomputing*, 231, 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.05.104>
- Roland, J., Figueira, J. R., & De Smet, Y. (2016). Finding compromise solutions in project portfolio selection with multiple experts by inverse optimization. *Computers & Operations Research*, 66, 19-22. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2015.07.006>
- Rostami, Z. (2023). Investment risk management in projects. *Civil Engineering and Project Journal*, 5(3), 60-69.
- Sharifi Qazvini, M., Ghazavati, V., Makoui, A., & Raeisi, S. (2018). Presenting a conceptual model for optimal project portfolio selection using a hybrid efficiency-risk approach based on the non-dominated sorting multi-objective genetic algorithm. *Research in Production and Operations Management*, 9(2), 139-157.
- Tamimi, S., & Farhang. (2025). Management of Construction and Creation of an Intelligent Energy Production System for Buildings Utilizing Available Renewable Resources. *Pars Project Management*, 1(1), 124-150. [https://jpm.pu.ac.ir/article\\_721751.html](https://jpm.pu.ac.ir/article_721751.html)
- Testorelli, R., Tiso, A., & Verbano, C. (2024). Value creation with project risk management: A holistic framework. *Sustainability*, 16, 753. <https://doi.org/10.3390/su16020753>
- Wu, Y., Xu, C., Ke, Y., Li, X., & Li, L. (2019). Portfolio selection of distributed energy generation projects considering uncertainty and project interaction under different enterprise strategic scenarios. *Applied Energy*, 236, 444-464. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.12.009>
- Yazdi, M. (2014). *Risk Management with a Multi-Criteria Decision-Making Approach: Expert Judgment and Fuzzy Logic*. Fanavaran Publishing.
- Zahedi, M., Khalilzadeh, M., & Javanshir, H. (2020). Presenting a novel fuzzy expert system for project portfolio risk management: Case study of a Mobile Telecommunication Company of Iran holding. *Innovation Management and Operational Strategies*, 1(4), 403-421.
- Zhang, B., Bai, L., & Kang, S. (2022). Risk response strategies selection over the life cycle of project portfolio. *Buildings*, 12, 2191. <https://doi.org/10.3390/buildings12122191>
- Zhang, R., Fu, Y., Chen, Y., Du, B., & Ma, D. (2025). Configurations for High Outsourcing Performance in Construction Projects: An Integrated Perspective of Transaction Costs and Capabilities. *International Journal of Managing Projects in Business*, 18(1), 209-240. <https://doi.org/10.1108/ijmpb-07-2024-0163>
- Zhang, X. (2024). Analysis on research hotspots of project risk management based on CiteSpace. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 106, 478-486. <https://doi.org/10.54097/8kcsr694>