Karafan

Quarterly Scientific Journal of National University of Skills

Summer 2025, Vol. 22, p. 310-343

Journal Homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/

10.48301/kssa.2026.536040.3269

Identifying and prioritizing the components which affect the future of financing infrastructure projects based on blockchain technology with a hybrid approach

Marzieh Fallahzadeh[1], Mahmoud Moeinuddin *[2], Akram Taftian [3]

1. PhD Student, Department of Accounting, Ya.C., Islamic Azad University, Yazd, Iran.
2. Professor, Department of Accounting, Ya.C., Islamic Azad University, Yazd, Iran (Corresponding Author).
3. Associate Professor, Department of Accounting, Ya.C., Islamic Azad University, Yazd, Iran.

ARTICLE INFO

Article Type:
Original Research

Received: 07.28.2025
Revised: 09.28.2025
Accepted: 11.23.2025

Keyword:
Infrastructure financing
blockchain technology
asset tokenization
best-worst method

***Corresponding Author:**
Mahmoud Moeinuddin
Email:
Mahmoudmoein1352@iau.ac.ir

ABSTRACT

Financing infrastructure projects in emerging markets and developing economies faces several challenges including limited financial resources, transparency issues, high financing costs, and inefficiencies in tracking project performance. The main objective of this study is to identify and prioritize the factors affecting the future of financing infrastructure projects based on blockchain, to examine the potential of blockchain technology in overcoming these challenges, and to improve the infrastructure financing process. This research is applied in terms of purpose, exploratory-analytical in nature, and mixed (quantitative-qualitative) in terms of data collection method. Accordingly, in the qualitative phase, by reviewing the literature and research background and expert approval, the components affecting the future of financing infrastructure projects based on blockchain technology were identified, and then, by applying the PEST framework and expert opinion, the influential components were categorized into ۴groups: political, economic, social, and technological. Finally, in the quantitative phase, by designing a Delphi questionnaire, the required data were extracted from ۱۳experts and prioritized by using Lingo software and the best-worst method. The results showed that economic factors with a weight of ۰,۶۱۷were recognized as the most important category of effective factors. Among the sub-criteria, "applicable in private and public projects" with a final weight of ۰,۳۸۰ranked first in importance. Also, "reducing financing costs" and "frequency of use in public projects" ranked second and third, respectively. Furthermore, the consistency ratio obtained from expert comparisons was 0.08, confirming the internal consistency and reliability of the pairwise judgments used in the BWM analysis.

©2024 the authors. Published by National University of Skills, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Infrastructure, including assets and services such as transportation networks, energy, communications, and urban facilities, forms the foundation of social progress and economic growth in communities. The importance of these infrastructures is particularly pronounced in emerging markets and developing economies, where infrastructure plays a vital role in poverty reduction, adapting to population growth, and managing pressures from increasing urbanization. Investment in infrastructure is considered a key driver for generating long-term growth and stimulating economies to recover from systemic crises like the COVID-19 pandemic.

Despite the significant potential of blockchain and tokenization in infrastructure finance, widespread and successful adoption of this technology requires understanding and managing a wide range of factors. Accordingly, this research aims to identify and prioritize these factors in broader dimensions, to complete and enrich the existing literature, and to provide a comprehensive and practical perspective in this field, by addressing the following questions:

- What are the factors affecting the future of financing infrastructure projects based on blockchain technology?
- What are the most important sub-criteria related to each of the main factors, and what is their weight?
- How are these factors prioritized in terms of relative importance?

Infrastructure projects financed based on blockchain tokenization technology are still in the early stages of development, and research, especially in our country, is very scarce. Since the application of emerging technologies such as blockchain-based tokenization and its integration with and use in infrastructure projects is new and requires more extensive research in various dimensions, the current research identifies and prioritizes the effective factors on the future of financing infrastructure projects based on blockchain technology with a hybrid approach, using the results from previous research .

Methodology

This research is applied in terms of its objective, exploratory-analytical in nature, and uses a mixed (quantitative-qualitative) approach for data collection.

In the qualitative section, the desired components were identified by using library studies (secondary) through a literature review of existing research and using a content analysis technique. Then, with the use of expert opinions, and by eliminating repetitive items and consolidating, the final components, including 23 components, were extracted and categorized into four groups: political, economic, social, and technological factors, in accordance with the classic PEST framework, which is frequently used in foresight studies. In this section, the statistical population consisted of 15 experts who were purposefully selected from university professors and industry managers.

In the quantitative section, a Delphi questionnaire with a Likert scale was designed and sent to 25 academic and industry experts, 13 of whom participated in two stages and answered

the questions. Finally, by using the BWM (Best-Worst Method), a multi-criteria decision-making method, the main components and sub-components were weighted and prioritized. To analyze the data, MAXQDA software was used for the qualitative section, and EXCEL and LINGO software were used for the quantitative section.

Results and Discussion

This research was conducted with the aim of identifying and prioritizing the factors affecting the future of financing infrastructure projects based on blockchain technology. For this purpose, in the qualitative phase, the required data was collected from the literature and research background and confirmed by experts. The results of the research findings in this section identified 23 components as effective factors on the future of financing infrastructure projects based on blockchain technology, which were categorized into four main groups: political, economic, social, and technological factors.

Also, the results extracted from the quantitative data analysis indicate that economic factors, with the highest criteria weight (0.617), play a central role in this field from the experts' point of view. This emphasizes the importance of the financial and economic aspects of infrastructure projects and their attractiveness to investors. Based on this, political, social, and technological factors are ranked second to fourth, respectively.

Additionally, within the economic factors category, the sub-criterion "applicable in private and public projects" was identified as the most vital factor, which indicates experts' preference for solutions that can be used in both the private and public sectors. The results of this research in identifying the effective factors on the future of infrastructure finance based on blockchain technology are consistent with previous findings. Mohammadi Fateh and Salarnejad (2022) consider the benefits of blockchain implementation to be increased transparency, reduced costs, improved security, increased efficiency, and greater trust, while its challenges include legal regulations, public adoption, and the use of new technologies such as the Internet of Things.

Criterion	Criterion Weight	Sub-criterion	Relative Sub-criterion Weight	Final Sub-criterion Weight	Final Sub-criterion Rank
Political Factors	0.163	Regulatory and legal frameworks of most countries	0.456	0.0743	7
		International regulatory frameworks - global consensus to facilitate the tokenization process	0.13	0.0211	12
		Smart contract regulatory framework	0.121	0.0197	13
		Public and legal offerings for public infrastructure	0.24	0.0391	11

		Rule-based governance system	0.053	0.0086	21
Economic Factors	0.617	Applicable in private and public projects	0.05	0.38	1
		Frequency of use in public projects	0.215	0.1326	3
		Reduction of financing costs	0.379	0.233	2
		Cross-border transactions	0.083	0.0512	9
		Institutional investors	0.136	0.0839	5
		Blockchain-based digital currency	0.134	0.0826	6
		Investment liquidity	0.147	0.0906	4
Social Factors	0.1	Micro-transactions	0.446	0.0446	10
		Real-time access to information	0.123	0.0123	18
		Limited-scale and local projects	0.121	0.0121	19
		Social participation	0.117	0.0117	20
		Facilitating ESG investment	0.136	0.0136	16
		Higher frequency in developing and emerging countries	0.055	0.0055	23
Technological Factors	0.118	Standardized smart contract	0.52	0.0613	8
		Transparency	0.156	0.0184	14
		Permissible/unauthorized blockchain	0.106	0.0125	17
		Integration of the Internet of Things	0.15	0.0177	15
		Sufficient scale	0.067	0.0079	22

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه ملی مهارت
تابستان ۱۴۰۴، دوره ۲۲، ۳۴۳-۳۱۰
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
10.48301/kssa.2026.536040.3269

شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های اثرگذار بر آینده تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی مبتنی بر فناوری بلاک‌چین با رویکرد ترکیبی

مرضیه فلاح زاده [۱]، محمود معین الدین * [۲]، اکرم تفتیان [۳]

۱. دانشجوی دکتری،گروه حسابداری، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.
۲. استاد، گروه حسابداری، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.
۳. دانشیار، گروه حسابداری، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۰۶
بازنگری مقاله: ۱۴۰۴/۰۷/۰۶
پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۹/۰۲

کلید واژگان:
تأمین مالی زیرساخت
فناوری بلاک‌چین
توکن‌سازی دارایی‌ها
روش بهترین - بدترین

***نویسنده مسئول:** محمود معین الدین
پست الکترونیکی:
Mahmoudmoein1352@iau.ac.ir

چکیده

تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی، به‌ویژه در بازارهای نوظهور و اقتصادهای درحال‌توسعه، با چالش‌های متعددی از جمله محدودیت منابع مالی، مسائل مربوط به شفافیت، هزینه‌های بالای تأمین مالی و ناکارآمدی در ردیابی عملکرد پروژه‌ها مواجه است. هدف اصلی این مطالعه شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر آینده تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی مبتنی بر بلاک‌چین، بررسی پتانسیل فناوری بلاک‌چین در غلبه بر این چالش‌ها و بهبود فرایند تأمین مالی زیرساخت است. این پژوهش از نظر هدف: کاربردی، از نظر ماهیت: اکتشافی - تحلیلی: از نظر روش گردآوری داده‌ها ترکیبی (کمی - کیفی) است. براین‌اساس در فاز کیفی با مرور ادبیات و پیشینه پژوهش و تأییدیه خبرگان مؤلفه‌های مؤثر بر آینده تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی مبتنی بر فناوری بلاک‌چین شناسایی و سپس با به‌کارگیری چارچوب PEST و نظر خبرگان مؤلفه‌های اثرگذار در ۴ گروه سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فناوری دسته بندی شدند. در پایان در مرحله کمی با طراحی پرسشنامه دلفی، داده های مورد نیاز از ۱۳ خبره استخراج و با استفاده از نرم افزار لینگو و بکارگیری روش بهترین - بدترین اولویت بندی گردیدند. نتایج نشان داد که عوامل اقتصادی با وزن ۰،۶۱۷ به عنوان مهم‌ترین دسته از عوامل موثر شناخته شده‌اند. در میان زیرمعیارها، "قابل اجرا در پروژه‌های خصوصی و عمومی" با وزن نهایی ۰،۳۸۰ در رتبه اول اهمیت قرار گرفت. همچنین، "کاهش هزینه‌های تامین مالی" و "فراوانی کاربرد در پروژه‌های عمومی" به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. نرخ ناسازگاری محاسبه‌شده در روش بهترین–بدترین برابر با ۰،۰۸ بوده که نشان‌دهنده اعتبار و سازگاری مناسب قضاوت‌های خبرگان است.

شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

©2024 the authors. Published by National University of Skills, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

مقدمه

زیرساخت‌ها، شامل دارایی‌ها و خدماتی نظیر شبکه‌های حمل و نقل، انرژی، ارتباطات و تاسیسات شهری، شالوده پیشرفت اجتماعی و رشد اقتصادی جوامع را تشکیل می دهند (سابهانیج و لین[۱]، ۲۰۱۸). اهمیت این زیرساخت‌ها به ویژه در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه برجسته است، تا جایی که زیرساخت برای کاهش فقر، تطبیق با رشد جمعیت و مدیریت فشارهای ناشی از افزایش شهرنشینی، نقشی حیاتی ایفا می‌کند (استراب[۲]، ۲۰۰۸). سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها به عنوان یکی از محرک‌های کلیدی برای ایجاد رشد بلندمدت و تحریک اقتصادها برای خروج از رکود پس از بحران‌های سیستماتیک مانند همه‌گیری کووید-۱۹ در نظر گرفته می‌شود (وود[۳]، ۲۰۲۰). تأمین مالی زیرساخت در EMDEs[۴] با چالش‌های چندوجهی مواجه است. این چالش ها شامل فشار ناشی از افزایش کسری بودجه دولت، مسائل مربوط به شفافیت و حاکمیت، هزینه‌های بالای تأمین مالی و ناکارآمدی در ردیابی عملکرد پروژه‌ها در سیستم مالی کنونی است (تیان و همکاران[۵]،۲۰۲۰). این عوامل همگی به ایجاد یک "شکاف زیرساختی" قابل توجه منجر شده‌اند، به طوری که بین نیاز فزاینده به زیرساخت‌های مقاوم‌تر و منابع مالی موجود در سطح جهانی، ناهماهنگی فزاینده‌ای وجود دارد (راکیکی و استپنیاک[۶]،۲۰۱۸). به‌عنوان‌مثال، مؤسسه جهانی مک کینزی پیش‌بینی کرده است که جهان برای تسریع رشد اقتصادی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار، نیاز به سرمایه‌گذاری سالانه ۳,۷ تریلیون دلار در زیرساخت‌ها تا سال ۲۰۳۵ خواهد داشت (وتزل و همکاران[۷]، ۲۰۱۷). در این راستا، فناوری بلاک چین به عنوان یک راهکار نوظهور با پتانسیل تحول‌آفرین در حوزه تأمین مالی زیرساخت، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. بلاک چین، با ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود نظیر شفافیت، امنیت، تغییرناپذیری و قابلیت خودکارسازی از طریق قراردادهای هوشمند، این توانایی را دارد که بسیاری از چالش‌های موجود در تأمین مالی سنتی زیرساخت را برطرف نماید. توکن‌سازی دارایی‌ها، به عنوان یکی از برجسته‌ترین کاربردهای بلاک چین، می‌تواند اعتماد و اشتیاق بخش خصوصی را از طریق بهبود نقدینگی دارایی‌های زیرساختی، تسهیل دسترسی به پروژه‌ها برای سرمایه‌گذاران کوچک و بزرگ و افزایش گستره مشارکت‌کنندگان در توسعه زیرساخت‌هایEMDEs ، افزایش دهد. از منظر دولت‌هایEMDEs ، توکن‌سازی مبتنی بر بلاک چین می‌تواند منجر به افزایش کارایی اداری و مالی از طریق حسابرسی خودکار، بهبود نظارت بر پروژه‌ها و کاهش هزینه‌های تأمین مالی شود. این امر به ویژه در شرایطی که دولت‌های EMDEs با محدودیت‌های بودجه عمومی و فشار برای جذب سرمایه خصوصی مواجه هستند، از اهمیت بالایی برخوردار است (تیان و همکاران،۲۰۲۰). باوجود پتانسیل قابل‌توجه بلاک‌چین و توکن‌سازی در حوزه تأمین مالی زیرساخت، پذیرش گسترده و موفقیت‌آمیز این فناوری مستلزم درک و مدیریت طیف وسیعی از عوامل است. اگرچه مطالعات پیشین به مزایا و چالش‌های فنی بلاکچین پرداخته‌اند، اما ابعاد کلان تأمین مالی، به‌ویژه نقش نهادهای دولتی، سیاست‌های حمایتی و موانع قانونی، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این خلأ در ادبیات نظری، ضرورت پژوهش حاضر را

---

[۱] Subhanij, T. and D. Lin

[۲] Straub

[۳] Wood

[۴] Emerging Market and Developing Economies

[۵] Tian et all

[۶] Rokicki, B. and M. Stępniak

[۷] Woetzel et all

برجسته می سازد. نوآوری اصلی این پژوهش در ترکیب چارچوب PEST با روش بهترین–بدترین (BWM) است که امکان تحلیل جامع ابعاد سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فناورانه را فراهم می‌آورد. این رویکرد ارزش افزوده‌ای نسبت به پژوهش‌های پیشین دارد که عمدتاً بر جنبه‌های فنی یا مالی خرد متمرکز بوده‌اند .براین‌اساس این پژوهش باهدف شناسایی و اولویت‌بندی این عوامل در ابعاد گسترده‌تر، تکمیل و غنی‌سازی ادبیات موجود و ارائه یک دیدگاه جامع و کاربردی در این زمینه، درصدد پاسخگویی به پرسش‌های زیر است:

۱. عوامل مؤثر بر آینده تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی مبتنی بر فناوری بلاک‌چین کدام‌اند؟
۲. مهم‌ترین زیرمعیارهای مربوط به هر یک از عوامل اصلی کدام‌اند و چه وزنی دارند؟
۳. اولویت‌بندی این عوامل از نظر اهمیت نسبی چگونه است؟

مبانی نظری

تأمین مالی زیرساخت در بازارهای نوظهور و اقتصادهای درحال‌توسعه(EMDEs)

زیر ساخت عبارت است از امکانات، سیستم ها و بناهایی که به یک شهر یا کشور خدمت رسانی می کنند، مانند راه ها، مدارس و زیرساخت های آموزشی. این واژه در زمینه های متفاوت معانی گوناگونی می دهد و ممکن است اشاره به زیرساخت نرم یا سخت باشد. اما واژه زیرساخت بیشتر جهت اشاره به زیرساخت شهری مانند جاده ها، پل ها، شبکه آب و فاضلاب دارد. این سازه های گوناگون معمولا زیرساخت عمومی نامیده می شوند، اگرچه ممکن است به عنوان بخش خصوصی یا تشکیلات اقتصادی دولتی گسترش یافته و اداره شوند. ممکن است در دیگر موارد کاربردی، زیرساخت جهت اشاره به تکنولوژی اطلاعات، کانال های غیررسمی و رسمی ارتباطات، ابزارهای گسترش نرم افزاری، شبکه های سیاسی و اجتماعی، یا اعتقادات مشترکی که اعضای گروه های خاص حفظ کرده اند به کار رود (علی بیگی،۲۰۲۲). زیرساخت ها مانند جاده ها، راه آهن، بنادر، فرودگاه ها، برق و ارتباطات نقش حیاتی در توسعه اجتماعی ایفا کرده، همچنین مردم، مشاغل و جوامع را برای حمایت از رشد اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی به هم متصل می کنند. اگر چه وضعیت سیستم زیرساختی یک کشور نقش مهمی در شکوفایی اقتصادی، رفاه اجتماعی و امنیت ملی آن کشور ایفا می کند، اما عدم تطابق بین نیاز به زیرساخت بیشتر و بهتر و تامین مالی موجود همچنان رو به افزایش است. بعنوان یک طبقه دارایی، زیرساخت با شدت سرمایه بالا، بازده طولانی مدت سرمایه گذاری، عدم نقد شوندگی، پیچیدگی و اثرات سرریز اجتماعی قابل توجه مشخص می شود. شکاف مالی زیر ساخت پیامدهای طولانی برای توسعه اقتصادی و اجتماعی دارد. باتوجه به راندمان پایین، هزینه های بالا و زمان طولانی تراکنش، ابزارهای تامین مالی متعارف به عنوان عوامل اصلی در افزایش عدم تطابق بین نیاز به توسعه زیرساخت و تامین مالی موجود در نظر گرفته می شوند (تیان و همکاران،۲۰۲۰). زیرساخت‌های بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه(EMDEs) به طور سنتی توسط بخش عمومی تأمین مالی، ارائه و مدیریت می‌شوند. تأمین مالی عمومی از طریق کمک‌های مستقیم، یارانه‌ها و وام‌های با بهره پایین حدود هفتاد درصد از کل سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های این کشورها را تشکیل می‌دهد سهم بخش خصوصی تقریباً بیست درصد است و ده درصد باقی‌مانده نیز از طریق بانک‌های توسعه چندجانبه تأمین می‌شود (کیم،[۱] ۲۰۱۶). محدودیت‌های بودجه عمومی، قوانین مالی سختگیرانه، کاهش وام‌های بلندمدت بانکی، منابع سنتی سرمایه را برای حمایت از زیرساخت‌ها کاهش داده است. این وضعیت دولت‌های EMDEs را ترغیب می‌کند تا با استفاده از مشارکت‌های عمومی و خصوصی(PPP)[۲] ، سرمایه‌گذاری‌های خصوصی را آزاد کنند و به این ترتیب شکاف تأمین مالی رو به

[۱] kim

[۲] public-private partnerships

گسترش را پر کنند. در حالی که مشارکت‌های خصوصی کنونی در زیرساخت‌ها به‌دلیل عدم تطابق بین پروفیل‌های ریسک-بازده پروژه‌ها و سرمایه‌های موجود محدود است، اما فرصت‌های رشد واضح است. تنها حدود یک درصد از دارایی‌های سرمایه‌گذاران نهادی به سرمایه‌گذاری‌های مستقیم زیرساختی در سطح جهانی تخصیص می‌یابد (ایندرست[۱]، ۲۰۱۳). این تخصیص در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه(EMDEs) حتی کمتر است. بزرگ‌ترین مانع برای افزایش سرمایه‌گذاری‌های خصوصی در زیرساخت، کمبود منابع مالی نیست. سرمایه‌ها به دنبال بازده‌های بلندمدت، با ریسک پایین و تنظیم‌شده بر اساس تورم هستند، که می‌تواند توسط سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها تحت شرایط نرخ بهره‌ی پایین تأمین شود. مسئله بیشتر این است که چگونه می‌توان عرضه فراوان سرمایه خصوصی را با تقاضا برای زیرساخت منطبق کرد. تامین مالی زیرساخت‌های متعارف با محدودیت‌هایی مواجه است که امکان انجام معاملات فرامرزی با ریسک‌های تنظیم‌شده، تولید داده‌های جامع عملکرد عملیاتی و تأمین مالی پروژه‌های کوچک و متوسط را فراهم نمی‌کند (والتر[۲]،۲۰۱۶). علاوه بر این تأمین مالی سنتی مشارکت سرمایه‌گذاران فردی را مستثنی می‌کند که این امر مانع از دستیابی تأمین مالی عمومی به پتانسیل کامل خود می‌شود و مشارکت خصوصی در توسعه زیرساخت‌های بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه(EMDEs) را مختل می‌سازد. اینجاست که تفکر پیشگام و ابزارهای مالی پیشگامانه برای بهبود مشارکت بخش عمومی، تقویت حکمرانی پروژه، بهبود کارایی مالی عمومی و بسیج منابع خصوصی گسترده تر برای پر کردن شکاف زیرساختی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه مورد نیاز است(تیان و همکاران، ۲۰۲۰).

فناوری بلاک‌چین و کاربردهای آن در تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی

بلاک‌چین از اولین ارز دیجیتال، بیت‌کوین منشأ می‌گیرد. بلاک‌چین یک دفتر کل باز و توزیع‌شده است که می‌تواند معاملات بین دو طرف را به‌صورت کارآمد و به‌صورت قابل‌تأیید و دائمی ثبت و داده‌های غیرقابل‌تغییر را به‌صورت تاریخی بدون نیاز به مقامات مرکزی ذخیره می‌کند. با پیشرفت‌های اخیر در بلاک‌چین، می‌توان یک سیستم غیرمتمرکز، غیرقابل‌تغییر و قابل‌اعتماد ساخت.گزارشی از انجمن جهانی اقتصاد نشان داده است که ۱۰ درصد از تولید ناخالص داخلی جهانی، یا تقریباً ۱۲ هزار میلیارد دلار، تا سال ۲۰۲۵ از طریق بلاک‌چین منتقل خواهد شد (هرویجر و همکاران[۳]، ۲۰۱۸). از زمان ظهور فناوری بلاک‌چین، کاربرد آن برای حل مشکلات صنایع در بخش‌های مختلف به سرعت رشد کرده است (شارما و همکاران[۴]، ۲۰۱۹). توکن‌سازی دارایی، یکی از مهم‌ترین موارد استفاده بلاک‌چین، پتانسیل بسیار بالایی برای غلبه بر محدودیت‌های فعلی در تأمین مالی عمومی و خصوصی از خود نشان داده است. توکن‌سازی، نمایش دیجیتال دارایی‌ها در دفتر کل توزیع‌شده یا صدور اوراق بهادار را به صورت توکن‌شده امکان پذیر می سازد(هایلمن و راوچ[۵]، ۲۰۱۷). این فرایند امکان تبدیل ارزش اقتصادی و حقوق مالکیت ناشی از دارایی‌های اساسی در دنیای واقعی خارج از زنجیره را به توکن‌های دیجیتال در بلاک‌چین فراهم می‌آورد (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۰). با توجه به انتقال روزافزون زیرساخت‌ها به سیستم‌های هوشمند و تمایل به ایجاد تأمین مالی مؤثر، توکن‌سازی مبتنی بر بلاک‌چین می‌تواند به حمایت از مدل‌های تأمین مالی جایگزین برای غلبه بر موانع در توسعه زیرساخت کشورهای در حال توسعه و نوظهور کمک کند. دلیل این موضوع

---

۱ Inderst

۲ Walter

۳ Herweijer et all

۴ Sharma et all

۵ Hileman, G., and M. Rauchs

این است که داده‌های ناشی از استفاده و عملکرد زیرساخت نه تنها منجر به کشف کارایی‌های عملیاتی می‌شود، بلکه توانایی ایجاد جریان‌های درآمدی جدید برای اشخاص ثالثی که قصد دارند خدمات جدیدی بسازند را نیز دارد و فرصت‌های افزایش سرمایه را از طریق شناسایی ارزش‌های غیرملموس مانند ردیابی اهداف توسعه پایدار تسهیل می‌کند. هر سه منبع ارزش می‌توانند در توافقات قراردادی خودکار معامله و گنجانده شوند. توکن‌های دیجیتال که بر پایه دارایی‌های زیرساختی پشتیبانی می‌شوند، از طریق یک قرارداد هوشمند مدیریت و اجرا می‌شوند. این قرارداد هوشمند به‌صورت خودکار و خوداجرا عمل می‌کند و شرایط توافق‌نامه میان طرفین در قالب کدهایی نوشته شده است که در شبکه بلاک‌چین وجود دارد. با استفاده از یک قرارداد هوشمند، توکن‌ها می‌توانند به سرمایه‌گذاران منتقل شوند بدون نیاز به مداخله واسطه‌ها، به شرطی که شرایط قرارداد (مانند معیارهای عملکرد مبتنی بر مجموعه های ارزش) برآورده شود. اطلاعات مالی مرتبط به‌طور همزمان به‌صورت غیرقابل تغییر بر روی بلاک‌چین ثبت می‌شود. شرایط قراردادی و داده‌های تاریخی در قراردادهای هوشمند قابل دسترسی و مشاهده هستند که این امر شفافیت، دقت و کارایی را برای طرف‌های درگیر به ارمغان می‌آورد (تیان و همکاران، ۲۰۲۰). با ادغام استیبل‌کوین‌ها (مانند ارز دیجیتال مصنوعی بانک مرکزی) که به‌عنوان وسیله‌ای برای پرداخت و ذخیره ارزش عمل می‌کنند، به جای ارز فیات، در فرآیند تراکنش و مدیریت توکن‌های دیجیتال، کارایی ناشی از توکن‌سازی به‌طور قابل توجهی افزایش خواهد یافت، زیرا استیبل‌کوین‌ها و توکن‌ها در یک اکوسیستم بلاک‌چین مشترک قرار دارند (شیرا[۱]، ۲۰۱۹).

توکن‌سازی مبتنی بر بلاک‌چین در سرمایه‌گذاری و توسعه زیرساخت

توکنیزه کردن دارایی‌های زیرساخت به فرایند تبدیل دارایی‌های فیزیکی و مالی به توکن‌های دیجیتال اشاره دارد. این فرایند شامل اعطای حق دسترسی به ارزش یا عملکرد سهام ثبت‌شده شرکت‌های زیرساخت یا صندوق‌ها، سهام خصوصی و نهاد واسط مالک تسهیلات زیرساختی هستند، و همچنین بدهی‌ها (وام‌ها و اوراق‌قرضه) است که توسط حامیان پروژه صادر می‌شوند. توکن‌هایی که نمایانگر منافع مالکیت در دارایی‌های زیرساختی هستند، به‌عنوان اوراق بهادار دیجیتال محسوب می‌شوند و مشمول مقررات مربوط به اوراق بهادار هستند. سرمایه‌گذاران می‌توانند شامل نهادهای سرمایه‌گذاری (سازمان‌های بزرگ مالی) یا سرمایه‌گذاران خرده‌فروشی (افراد) باشند، یا ترکیبی از هر دو، همان‌طور که در پلتفرم همگرایی که هدف آن تسهیل ترکیب تأمین مالی برای پروژه‌های زیرساختی است، ذکر شده است (هرویجر و همکاران[۲]،۲۰۱۸). به طور معمول، اولین گام در راستای توکن‌سازی زیرساخت، قیمت‌گذاری و حسابرسی دارایی‌های زیرین است. انتظارات ریسک و بازگشت سرمایه از سرمایه‌گذاری در تأسیسات باید به خوبی درک شود، همان‌طور که پتانسیل جریان‌های درآمدی و عدم قطعیت‌های جریان نقدی نیز باید فهمیده شود. قراردادهای هوشمند برای پاسخگویی به الزامات و مقررات تولید می‌شوند. پس از ایجاد ساختارهای قانونی و معاملاتی برای توکن‌سازی دارایی، تأمین‌کنندگان خدمات انتشار توکن‌های دارایی (توکن‌های امنیتی)، فروشندگان آشنایی با مشتری/ مبارزه با پولشویی، نگهدارندگان و بازارهای اولیه/ثانویه تعیین و تأیید می‌شوند. مدیریت نهادهای واسط برای تسهیلات ، قیمت‌ها را تعیین و ارزش‌ها را برای توکن‌های دارایی فعال می‌کند. سرمایه‌گذاران بالقوه باید از مراحل عبور کنند تا قبل از سرمایه‌گذاری معتبر شوند. هنگامی که تمامی فرآیندهای فوق‌الذکر تکمیل می‌شود، توکن‌های تازه ضرب شده به کیف‌پول‌های سرمایه‌گذاران معتبر منتقل می‌شوند یا در بورس‌های عمومی فهرست می‌شوند. سرمایه‌گذاران معتبر قادرند توکن‌های خود را به سرمایه‌گذاران

[۱] Shirai

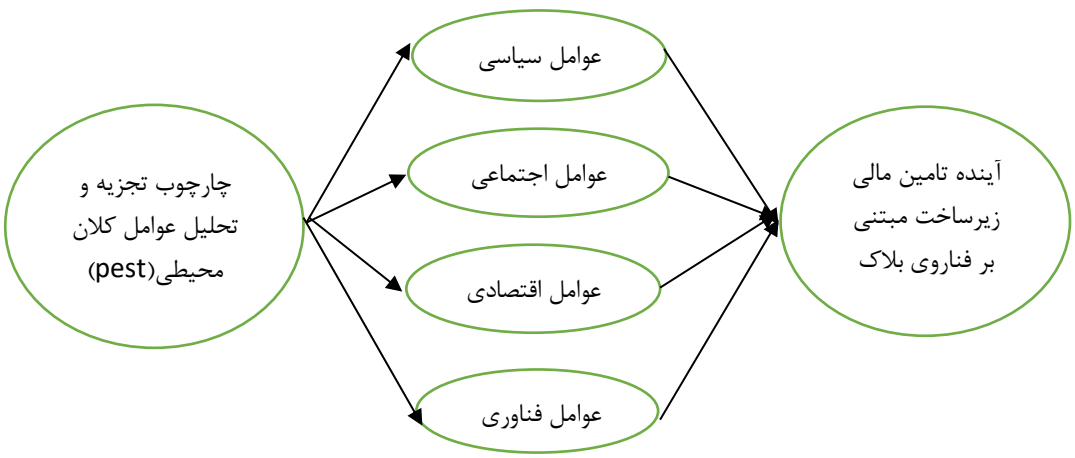
[۲] Herweijer

معتبر دیگر منتقل کنند یا این توکن‌ها را در بازارهای ثانویه معامله کنند. سودهای آتی و پرداخت‌های بهره‌ای که از دارایی‌های توکن‌شده تولید می‌شوند، به کیف‌پول‌های مالکان توکن به صورت ارزهای دیجیتال یا معادل‌های ارزی منتقل می‌شوند(تیان و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول شماره ۱. فرآیند توکنیزه کردن دارایی های زیرساختی

مرحله پردازش	شرح فرایند
شروع	بررسی دقیق ساختار معامله - تعیین شرایط و ضوابط توکن دیجیتال پشتیبانی شده توسط دارایی‌های زیرساختی - تبدیل الزامات قانونی و مقرراتی به قراردادهای هوشمند - تهیه مدارک و مستندات
دیجیتالی‌سازی	ارزیابی دارایی‌های زیرساختی - تأسیس نهاد واسط - انتخاب پلتفرم فناوری برنامه‌نویسی قراردادهای هوشمند - انتقال اطلاعات تراکنشی به بلاک‌چین
توزیع	ارزیابی سرمایه‌گذاران مبارزه با پول‌شویی/شناسایی مشتری - قیمت‌گذاری توکن‌ها - توزیع توکن‌ها به سرمایه‌گذاران اولیه در ازای سرمایه سرمایه‌گذاری - ذخیره خودکار اطلاعات تراکنشی در بلاک‌چین بدون دخالت واسطه‌ها
تبادل	مدیریت لیست سفید - معامله در بازارهای ثانویه (صرافی توکن یا بازارهای سنتی سرمایه)- انتقال همتابه‌همتا
مدیریت پس از توکنیزه‌سازی	توزیع سود سهام - فعال‌سازی رأی‌گیری سهام‌داران - گزارش‌دهی - مالیات‌بندی - حسابداری

مدل مفهومی تحقیق



پیشینه تحقیق

به‌منظور بررسی پیشینه در حیطه ادبیات پژوهش، کتب، مقالات و منابع متعددی بررسی شدند، در جدول شماره ۲ به صورت مختصر به بررسی برخی از مهمترین مطالعات خارجی و داخلی صورت گرفته پرداخته شده است:

جدول شماره 2- پیشینه پژوهش

ردیف	عنوان پژوهش	نویسنده یا نویسندگان	سال	خلاصه پژوهش /یافته‌ها
۱	گستره فناوری بلاک‌چین: یک مطالعه فراترکیب از کاربردها، مزایا، چالش‌ها و فناوری‌های مرتبط.	محمدی فاتح و سالار نژاد	۲۰۲۲	این پژوهش، دیدگاهی جامع از پتانسیل و محدودیت‌های بلاک‌چین ارائه می‌دهد. یافته‌های این مطالعه در چهار دسته اصلی طبقه‌بندی شده‌اند: ۱. حوزه‌های کاربرد بلاک‌چین ۲. مزایای بلاک‌چین ۳. چالش‌های بلاک‌چین ۴. فناوری‌های مرتبط با بلاک‌چین
۲	نقش فناوری بلاک‌چین در افزایش شفافیت و امنیت در معاملات مالی کارآفرینی.	احتشامی نژاد و پاکزاد	۲۰۲۳	این مطالعه نشان می‌دهد که بلاک‌چین می‌تواند با ایجاد یک سیستم ثبت غیرمتمرکز و تغییرناپذیر، اعتماد بین طرفین معامله را افزایش داده و احتمال تقلب و دست‌کاری را کاهش دهد. این موضوع برای تأمین مالی زیرساخت که نیازمند شفافیت بالا و اعتماد سرمایه‌گذاران است، بسیار حائز اهمیت است.
۳	بررسی و شناسایی مؤلفه‌های پذیرش الگوهای جدید فناوری اطلاعات بامطالعه موردی بلاک‌چین.	شفیعی بهنمیری	۲۰۲۲	این پژوهش باهدف شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر پذیرش بلاک چین انجام شده است. نویسنده با استفاده از روش تحقیق توصیفی - پیمایشی، به بررسی دیدگاه‌ها و نگرش‌های افراد نسبت به این فناوری پرداخته است. نتیجه حاکی از آن است که درک عوامل مؤثر بر پذیرش بلاک‌چین توسط ذی‌نفعان (دولت، سرمایه‌گذاران، شرکت‌های ساخت‌وساز و غیره) برای پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز سیستم‌های تأمین مالی زیرساخت مبتنی بر این فناوری ضروری است.
۴	تأمین مالی پروژه‌های	تیان و همکاران	۲۰۲۲	این پژوهش نشان می‌دهد که ادغام توکن‌سازی با تأمین مالی پروژه‌های PPP (مشارکت عمومی -

	زیرساختی مشارکت عمومی - خصوصی از طریق تأمین مالی پروژه مبتنی بر توکنیزاسیون بر روی بلاک‌چین.			خصوصی) دارای مزایای بالقوه‌ای در سه دسته است: بهبود مدیریت پروژه از طریق ثبت خودکار و تغییرناپذیر اطلاعات در بلاک‌چین، بهبود قابلیت تأمین مالی از طریق قراردادهای هوشمند و کاهش هزینه‌ها، و افزایش شمولیت با امکان‌پذیر ساختن سرمایه‌گذاری در پروژه‌های کوچک و ارائه دسترسی مالی به افراد و شرکت‌های کوچک و متوسط.
۵	توکنیزه کردن زیرساخت‌ها: راهکاری مبتنی بر بلاک‌چین برای تأمین مالی زیرساخت‌های پایدار.	ازسوکی[۱]	۲۰۱۹	این مطالعه نشان می‌دهد که توکنیزه کردن می‌تواند با کاهش هزینه‌های تراکنش از طریق حذف واسطه‌ها، افزایش شفافیت با بهبود نظارت بر عملکرد مالی، عملیاتی، اجتماعی و زیست‌محیطی، و افزایش نقدینگی از طریق ایجاد بازارهای ثانویه، به طور قابل‌توجهی تأمین مالی زیرساخت‌ها را بهبود بخشد. علاوه بر این، توکنیزه کردن امکان دسترسی به منابع سرمایه جایگزین، کاهش ریسک طرف مقابل از طریق عدم تمرکز و افزایش کارایی تراکنش را فراهم می‌کند.
۶	یک ابزار نوآورانه تأمین مالی زیرساخت: توکنیزاسیون مبتنی بر بلاک‌چین.	تیان و همکاران	۲۰۲۰	این مقاله موانع اصلی تأمین مالی کارآمد پروژه‌های زیرساختی، مانند ناکارآمدی ابزارهای مالی سنتی، را برجسته می‌کند. نویسندگان استدلال می‌کنند که توکنیزه کردن مشتق شده از فناوری بلاک‌چین، می‌تواند به طور قابل‌توجهی تأمین مالی زیرساخت‌ها را با بهبود شفافیت، افزایش دسترسی به منابع سرمایه جایگزین، نقدینگی، و کاهش ریسک طرف مقابل از طریق غیرمتمرکز کردن سیستم مالی پروژه زیرساختی، بهبود بخشد. این پژوهش با بررسی ادبیات موجود، مزایای بالقوه و موانع توکنیزه کردن زیرساخت‌ها را روشن می‌کند. یک چارچوب مفهومی از توکنیزه کردن زیرساخت‌ها برای بهبود کارایی تأمین مالی زیرساخت‌ها پیشنهاد شده است.
۷	چارچوبی برای یک سیستم تأمین مالی پروژه زیرساختی	ژانگ و همکاران[۲]	۲۰۲۱	این چارچوب بر استفاده از اوراق‌قرضه پشتیبانی شده با دارایی‌های توکن شده برای جذب سرمایه‌گذاران

[۱] Uzsoki

[۲] Zhang

	مبتنی بر بلاک‌چین.			خرد تأکید دارد. بلاک‌چین به‌روزرسانی وضعیت مالکیت اوراق و افزایش شفافیت را تضمین می‌کند.
8	توکن‌سازی دارایی‌ها: یک راهکار بلاک‌چین برای تأمین مالی زیرساخت‌ها در بازارهای نوظهور و اقتصادهای درحال‌توسعه.	تیان و همکاران	۲۰۲۰	توکن‌سازی با افزایش شفافیت و قابلیت پیگیری عملکرد پروژه، به جلب‌اعتماد سرمایه‌گذاران خصوصی در EMDEs کمک می‌کند و به‌عنوان راهکاری برای غلبه بر کسری بودجه دولتی مطرح است.
۹	فناوری بلاک‌چین: چالش‌ها و فرصت‌ها در تأمین مالی عمومی.	لوپز و همکاران	۲۰۲۴	تحلیل فرصت‌ها و چالش‌های کاربرد بلاک‌چین در بخش مالی عمومی، فرصت‌هایی مانند افزایش کارایی، کاهش فساد و بهبود شفافیت در هزینه‌کرد بودجه عمومی را برجسته می‌کند و چالش‌ها عمدتاً شامل موانع قانونی و نظارتی هستند.

با بررسی ادبیات تحقیق و سوابق پژوهش‌های اندک انجام شده در این زمینه، نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که روش‌های سنتی تأمین مالی زیرساخت، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، با محدودیت‌هایی نظیر عدم تطابق پروفایل ریسک - بازده، موانع معاملات فرامرزی و عدم تأمین مالی پروژه‌های کوچک و متوسط مواجه هستند، فناوری بلاک‌چین و توکن‌سازی دارایی‌ها، به‌عنوان راهکارهای نوآورانه، پتانسیل غلبه بر این محدودیت‌ها و بهبود تأمین مالی زیرساخت‌ها را ارائه می‌دهند، توکن‌سازی با مزایایی همچون افزایش شفافیت، بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها، افزایش نقدینگی و دسترسی به منابع سرمایه جایگزین، می‌تواند به طور قابل‌توجهی تأمین مالی زیرساخت‌ها را بهبود بخشد، بااین‌حال، پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین در این حوزه با چالش‌هایی نظیر عدم قطعیت نظارتی، چالش‌های فنی و خطرات امنیتی نیز همراه است. به طور خلاصه، ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که بلاک‌چین و توکن‌سازی پتانسیل ایجاد تحول در تأمین مالی زیرساخت را دارند، اما پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز آن‌ها نیازمند مدیریت چالش‌ها و درنظرگرفتن عوامل گوناگون است.

پروژه‌های زیرساختی که بر اساس فناوری توکن‌سازی بلاک‌چین تأمین مالی می‌شوند هنوز در مرحله توسعه اولیه هستند و تحقیقات انجام شده بالاخص در کشور ما بسیار ناچیز و کمیاب است. ازآنجائی‌که به‌کارگیری فناوری‌های نوظهور مانند توکن‌سازی مبتنی بر بلاک‌چین و ادغام و به‌کارگیری آن با سرمایه‌گذاری در پروژه‌های زیر ساختی تازگی دارد و نیاز به تحقیقات بیشتر، گسترده‌تر و در ابعاد مختلف در این زمینه وجود دارد در پژوهش حاضر با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از سوابق پژوهش‌های قبل، به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر آینده تأمین مالی پروژه‌های زیر ساختی مبتنی بر فناوری بلاک‌چین با رویکرد ترکیبی می‌پردازیم. در حیطه روش تحقیق، پژوهش اکرمی(۲۰۲۴) متکی بر تحلیل عاملی تاییدی و آزمون‌هایی مانند فریدمن، هرچند به اعتبارسنجی مدل‌های مفهومی کمک می‌کنند، اما اطلاعاتی در مورد روابط علّی و معلولی یا وابستگی‌های پیچیده بین متغیرها

ارائه نمی‌دهند. در سال‌های اخیر، روند نوآورانه‌ای در تحقیقات علمی به سمت استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) مانند فرآیند تحلیل شبکه(ANP) ، روش دیمتل (DEMATEL) و روش بهترین-بدترین (BWM)مشاهده می‌شود. این رویکردها، که اغلب با منطق فازی ترکیب می‌شوند تا عدم قطعیت را مدیریت کنند، قابلیت‌های تحلیلی بسیار پیشرفته‌تری را ارائه می‌دهند. به عنوان مثال عبدی جمایران و همکاران(۲۰۲۳) در مطالعه‌ای در حوزه تاب‌آوری کارآفرینانه، از روش FuzzyANP برای مدل‌سازی و اولویت‌بندی عوامل وابسته به یکدیگر در میان گروه کوچکی از کارآفرینان استفاده نموده اند.

شمسی گوشکی و همکاران(۲۰۲۳) پژوهشی در حوزه چابکی زنجیره تأمین دارد که از دیمتل فازی برای شناسایی روابط علّی و معلولی میان عوامل استفاده شده است. این قابلیت، یک نوآوری حیاتی است، زیرا به مدیران امکان می‌دهد تا به جای تمرکز بر عوامل معلول، بر روی عوامل ریشه‌ای (علّت) سرمایه‌گذاری کنند تا بیشترین تأثیر را بر سیستم داشته باشند. این رویکرد تحلیلی، نتایج کاربردی و استراتژیک‌تری نسبت به یک رتبه‌بندی ساده فراهم می‌آورد. در نهایت با توجه به این روند ، پژوهش حاضر در حوزه تأمین مالی زیرساخت با استفاده از روش ترکیبی پیشرفته‌ای که تکنیک‌های دلفی و BWM[1] را ادغام می‌کند، یک نمونه برجسته از نوآوری روش‌شناختی است. روش BWM با کاهش تعداد مقایسه‌های زوجی مورد نیاز از خبرگان، به طور هوشمندانه نقاط ضعف روش‌های قدیمی‌ترMCDM را برطرف می‌کند و قابلیت اتکای قضاوت‌های ذهنی را به شدت افزایش می‌دهد. طراحی چند مرحله ای این پژوهش که مرور نظام مند ادبیات، تکنیک اجماع سازی دلفی و تکنیک اولویت بندی پیشرفته BWMرا ترکیب می کند، یک چارچوب روش شناختی بسیار قدرتمند و به روز برای حل مسائل پیچیده و آینده نگرانه است.

روش‌شناسی

این پژوهش از نظر هدف: کاربردی، از نظر ماهیت: اکتشافی - تحلیلی، از نظر گردآوری داده‌ها: ترکیبی (کمی - کیفی) است. در بخش کیفی: با به‌کارگیری روش مطالعات کتابخانه‌ای (ثانویه) با مرور ادبیات و پژوهش‌های انجام شده و استفاده از تکنیک تحلیل محتوا مؤلفه‌های موردنظر شناسایی گردید. سپس با استفاده از نظر خبرگان با حذف موارد تکراری و تجمیع، مؤلفه‌های نهایی شامل ۲۳ مولفه استخراج و در ۴ گروه: عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی وفناوری مطابق با چارچوب کلاسیک PEST که در مطالعات آینده نگری بصورت مکرر مورد استفاده قرار می گیرد (جیانگ[2] و همکاران، ۲۰۱۷) دسته بندی شدند. در این بخش جامعه آماری ۱۵ نفر از خبرگان بودند که از اساتید دانشگاه و مدیران صنعت بصورت هدفمند انتخاب شده بودند. در بخش کمی: پرسشنامه دلفی با طیف لیکرت طراحی و برای ۲۵ خبره دانشگاهی و صنعت ارسال گردید که ۱۳ نفر طی دو مرحله همراهی نموده و به سوالات پاسخ دادند. انتخاب ۱۳ خبره بر اساس اصل اشباع نظری و توصیه‌های روش‌شناسی تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شد. در این روش، نمونه‌ای بین ۱۰ تا ۱۵ خبره برای دستیابی به اجماع و اعتبار نتایج کافی تلقی می‌شود. در نهایت با بکارگیری تکنیکBWM (بهترین – بدترین) (رضایی، ۲۰۱۵) از روش های تصمیم گیری

[1] Best Worst Method

[2] Jiang, R

چند معیاره مولفه های اصلی و زیر مولفه ها وزن دهی و اولویت بندی گردیدند. جهت تحلیل داده ها در بخش کیفی از نرم افزار MAXQDA و در بخش کمی از نرم افزارهای EXCELL **و** LINGO استفاده شده است. برای بررسی پایایی، علاوه بر آلفای کرونباخ، از روایی محتوایی (بازبینی پرسشنامه توسط سه خبره مستقل) و روایی سازه‌ای (تحلیل عاملی تأییدی) استفاده شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های روایی و پایایی در سطح قابل قبول قرار دارند.

یافته‌ها

در این بخش یافته‌های کیفی با رویکرد تحلیل محتوا و یافته‌های کمی با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره (تکنیک **BWM**) ارائه شده است.

یافته‌های کیفی

در بخش کیفی پژوهش با بکارگیری روش مطالعات کتابخانه ای و با تحلیل محتوای متون، مقالات و پژوهش های پیشین، مولفه های مرتبط به آینده توکن سازی در سرمایه گذاری و توسعه زیرساخت با استفاده از کلید واژه هایی مانند"توکن سازی بلاک چین"، "سرمایه گذاری زیرساخت"، "مالی غیرمتمرکز"، شناسایی گردید. برای شناسایی مولفه های بیشتر و تثلیث فرآیند غربالگری از مصاحبه نیمه ساختاریافته با ۱۵ نفر از خبرگان نیز استفاده گردید. در نهایت با کدگذاری و تحلیل محتوا با استفاده از نرم افزار MAXQDA لیستی شامل ۷۰ مولفه استخراج شد. سپس لیست توسط دو نفر خبره از طریق حذف عوامل تکراری و تجمیع بر اساس معیارهای، تعداد مناسب عناصر(سالانکیک[۱] و همکاران، ۱۹۷۱)، توضیحات، تعریف و مفاهیم واضح(رایت[۲]،۲۰۱۹)، حذف عبارات شرطی(رابمن[۳] و همکاران، ۲۰۱۸)، حفظ وسعت و عمق موضوعات مرتبط با تمرکز مطالعه(جیانگ و همکاران،۲۰۱۷)، به ۲۳ مولفه کاهش و مولفه ها در چهار گروه مولفه اصلی مطابق با چارچوب PEST دسته بندی گردید.

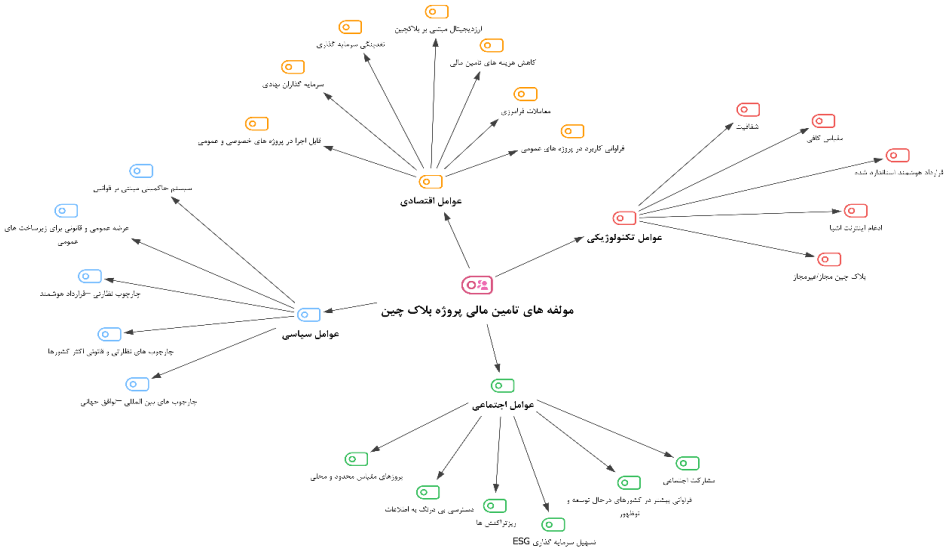
یافته‌های مربوط به تحلیل محتوای پیشینه تحقیق و مصاحبه‌ها به‌صورت خروجی نرم‌افزار در شکل ۱ آمده است.

[۱] Salancik, J.R

[۲] Wright, G

[۳] Roßmann

مولفه های تامین مالی فناوری بلاک چین



یافته‌های کمی

در این بخش پرسشنامه ای شامل ۲۳ مولفه فرعی استخراج شده بصورت پیش بینی همسو با چارچوب سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فناوری(PEST) در رابطه با آینده توکن سازی در زیرساخت ها برای سال ۲۰۳۵ با مقیاس تاثیر وقوع با طیف لیکرت ۹ درجه ای طراحی شد. یک افق زمانی ۱۰ ساله (تا سال ۲۰۳۵) برای تحریک تفکر خلاق انتخاب شد. این بازه زمانی با پیش بینی های بازار برای پذیرش فناوری های جدید سازگار است. طبق گفته پاپپر[۱] و همکاران(۲۰۰۸)، افق کوتاه مدت ۵ تا ۱۰ سال برای فناوری های نوظهور و تحلیل بازارهای پویا مناسب است. همانطورکه توسط کاپیتو[۲] و همکاران(۲۰۲۰) پیشنهاد شده است، پرسشنامه دلفی با ۱۵ نفر از دانشگاهیان با دانش عمیق روش شناختی برای بررسی دقت، معقول بودن، کامل بودن و استحکام روش شناختی از پیش آزمایش و بازخورد آن ها در طرح ریزی پرسشنامه لحاظ گردید. از آنجائیکه یک پنل خبرگان ناهمگن، سوگیری های شناختی را کاهش می دهد و متناسب با ماهیت بین رشته ای موضوع تحقیق است تاکید زیادی برسطح کافی ناهمگنی شد و پرسشنامه برای ۲۵ خبره دانشگاهی در زمینه مالی، زیرساخت و مدیران حرفه ارسال گردید که ۱۳ خبره در هر دو دور دلفی شرکت نموده و بصورت کامل به سوالات پاسخ دادند.

[۱] Popper

[۲] Kopyto

جدول ۳. مشخصات خبرگان شرکت کننده در مصاحبه و تکمیل پرسشنامه

ردیف	مدرک	سمت	تخصص
۱	فوق دکتری	استاد دانشگاه	حوزه IT و فناوری‌های نوین
۲	دکتری	استاد دانشگاه	مالی
۳	دکتری	استادیار دانشگاه	مالی
۴	دکتری	استادیار دانشگاه	تحقیقات بازار
۵	دکتری	استادیار دانشگاه	عمران –زیرساخت
۶	دکتری	استادیار دانشگاه	زیرساخت
۷	دکتری	استادیار دانشگاه	زیرساخت
۸	دکتری	معاون دانشگاه	زیرساخت و متخصص بلاک‌چین
۹	فوق‌لیسانس	مدرس دانشگاه	زیرساخت و متخصص بلاک‌چین
۱۰	فوق‌لیسانس	مدیرعامل شرکت	رمزارزها و بلاک‌چین
۱۱	دکتری	مدیرعامل شرکت	مالی – رمزارزها
۱۲	دکتری	استادیار دانشگاه	مهندسی مالی
۱۳	دکتری	استادیار دانشگاه	مدیریت صنعتی

پایایی این ابزار پس از بومی‌سازی متناسب با شرایط امروزی، با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ موردبررسی قرار گرفت. ضریب آلفای بیشتر از ۰/۷ نرمال در نظر گرفته شده است. یافته‌های پایایی ابزار پرسشنامه مورد استفاده در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول شماره ۴ .پایایی پرسشنامه کمی پژوهش

ردیف	متغیر	تعداد گویه	ضریب آلفای کرونباخ
۱	عوامل سیاسی	۵	۰/74
۲	عوامل اقتصادی	7	۰/76
۳	عوامل اجتماعی	6	۰/۸۷
۴	عوامل فناوری	5	۰/۹۲
5	کل پرسش‌نامه	23	۰/۹۶

یافته‌های جدول ۴ نشان می‌دهد که میزان ضریب آلفای کرونباخ برای تک تک متغیرهای پژوهش بیشتر از ۰/۷۰ و برای کل پرسشنامه ۰/۹۶ است، بنابراین پرسشنامه مورد نظر از پایایی بسیار خوبی برخوردار است. روایی این ابزار نیز توسط خبرگان و اساتید مورد تایید قرار گرفته است. پس از پاسخگویی میانگین نظرات خبره‌ها محاسبه شد. در این بخش عدد آستانه ۳ در نظر گرفته شده است یعنی اگر میانگین امتیازی از۳ کمتر باشد آن معیار حذف و در غیر اینصورت تایید می‌شود که نتایج نشان از تایید تمامی معیارها دارد. نتایج در جدول ذیل آورده شده است.

جدول ۵. عوامل موثر بر تامین مالی پروژه های زیر ساختی مبتنی بر فناوری بلاک چین

معیار	زیرمعیار	میانگین
عوامل سیاسی	چارچوب‌های نظارتی و قانونی اکثر کشورها	5.27
	چارچوب‌های نظارتی بین‌المللی –توافق جهانی برای تسهیل فرایند توکن‌سازی	4.73
	چارچوب نظارتی قرارداد هوشمند	4.73
	عرضه عمومی و قانونی برای زیرساخت‌های عمومی	5.11
	سیستم حاکمیتی مبتنی بر قوانین	4.42
عوامل اقتصادی	قابل‌اجرا در پروژه‌های خصوصی و عمومی	3.77
	فراوانی کاربرد در پروژه‌های عمومی	4.57
	کاهش هزینه‌های تأمین مالی	5.61
	معاملات فرامرزی	4.84
	سرمایه‌گذاران نهادی	4.15
	ارز دیجیتال مبتنی بر بلاک‌چین	5.07
	نقدینگی سرمایه‌گذاری	4.07
عوامل اجتماعی	ریز تراکنش‌ها	5.67
	دسترسی بی‌درنگ به اطلاعات	5.92
	پروژه‌های مقیاس محدود و محلی	5.30
	مشارکت اجتماعی	6.46
	فراوانی بیشتر در کشورهای درحال‌توسعه و نوظهور	4.53
	تسهیل سرمایه‌گذاری ESG	5.99
عوامل فناوری	شفافیت	4.96
	قرارداد هوشمند استاندارد شده	6.53
	بلاک‌چین مجاز/غیرمجاز	5.15
	ادغام اینترنت اشیا	5.07
	مقیاس کافی	3.86

تعیین وزن و اهمیت عوامل

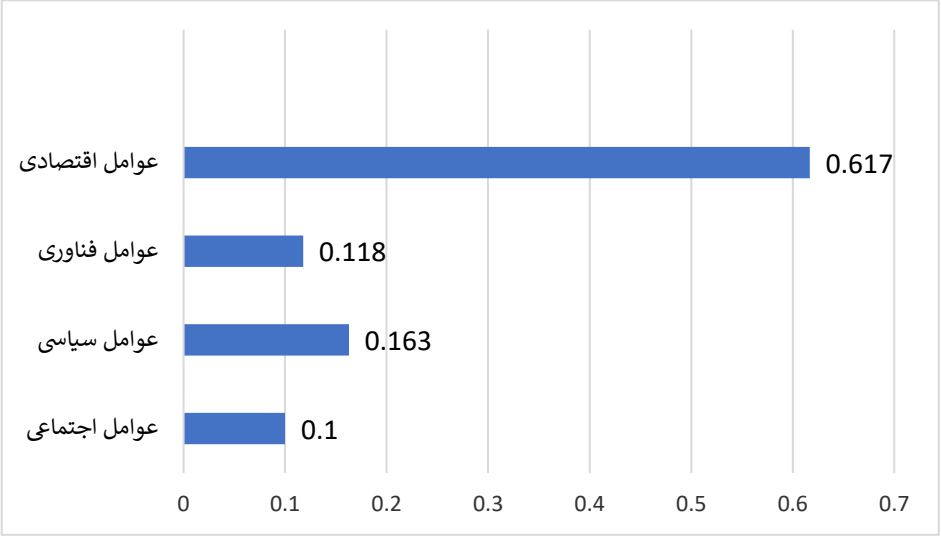
در این بخش به تعیین وزن و اهمیت معیارها و زیرمعیارهای پژوهش با استفاده از مدل BWM می‌پردازیم. از گام‌های اولیه این روش تعیین با اهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین معیارها و زیرمعیارها است در این پژوهش با استفاده از نظرات خبرگان که در جدول ۶ آورده شده با اهمیت‌ترین و کم اهمیت‌ترین معیارها و زیر معیارها استخراج شدند که در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶ بهترین و بدترین معیارها و زیرمعیارها

معیار	بهترین/بدترین	زیرمعیار	بهترین/بدترین
عوامل سیاسی		چارچوب‌های نظارتی و قانونی اکثر کشورها	B
		چارچوب‌های نظارتی بین‌المللی –توافق جهانی برای تسهیل فرایند توکن‌سازی	
		چارچوب نظارتی قرارداد هوشمند	
		عرضه عمومی و قانونی برای زیرساخت‌های عمومی	
		سیستم حاکمیتی مبتنی بر قوانین	W
عوامل اقتصادی	B	قابل‌اجرا در پروژه‌های خصوصی و عمومی	W
		فراوانی کاربرد در پروژه‌های عمومی	
		کاهش هزینه‌های تأمین مالی	B
		معاملات فرامرزی	
		سرمایه‌گذاران نهادی	
		ارز دیجیتال مبتنی بر بلاک‌چین	
		نقدینگی سرمایه‌گذاری	
عوامل اجتماعی	W	ریز تراکنش‌ها	
		دسترسی بی‌درنگ به اطلاعات	
		پروژه‌های مقیاس محدود و محلی	
		مشارکت اجتماعی	B
		فراوانی بیشتر در کشورهای درحال‌توسعه و نوظهور	W
		تسهیل سرمایه‌گذاری ESG	
عوامل فناوری		شفافیت	
		قرارداد هوشمند استاندارد شده	B
		بلاک‌چین مجاز/غیرمجاز	
		ادغام اینترنت اشیا	
		مقیاس کافی	W

در گام بعد می‌بایست مقایسات زوجی بهترین معیار با دیگر معیارها (BO) و مقایسه زوجی دیگر معیارها با بدترین معیار (OW) را تشکیل و در اختیار ۱۳ خبره قرار داد تا به مقایسات زوجی پاسخ دهند سپس بعد از پاسخگویی، مقایسات زوجی با استفاده از روش میانگین هندسی ادغام می‌شوند تا جهت تعیین وزن وارد الگوریتم روش BWM شوند که در ادامه آورده شده است. در شکل ۲ وزن معیارهای اصلی با استفاده از نظرات خبرگان و نرم‌افزار لینگو محاسبه گردیده و به شرح ذیل است.

شکل ۲ وزن معیارهای اصلی



وزن نهایی زیرمعیارها

وزن نهایی زیرمعیارها از ضرب وزن معیارهای اصلی در وزن نسبی زیرمعیارها حاصل می‌شود که در جدول ۷ آورده شده است که نشان می‌دهد " قابل اجرا در پروژه های خصوصی و عمومی " رتبه اول را در بین تمامی زیرمعیارها کسب کرده است. کاهش هزینه های تامین مالی رتبه دوم و فراوانی کاربرد در پروژه های عمومی رتبه سوم را کسب کرده است.

جدول ۷ وزن و رتبه نهایی زیرمعیارها

معیار	وزن معیار	زیرمعیار	وزن نسبی زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار	رتبه نهایی زیرمعیار
عوامل سیاسی	۰,۱۶۳	چارچوب‌های نظارتی و قانونی اکثر کشورها	0.456	۰,۰۷۴۳	۷
		چارچوب‌های نظارتی بین‌المللی –توافق جهانی برای تسهیل فرایند توکن‌سازی	0.130	۰,۰۲۱۱	۱۲
		چارچوب نظارتی قرارداد هوشمند	۰,۱۲۱	۰,۰۱۹۷	۱۳
		عرضه عمومی و قانونی برای زیرساخت‌های عمومی	۰,۲۴۰	۰,۰۳۹۱	۱۱
		سیستم حاکمیتی مبتنی بر قوانین	۰,۰۵۳	۰,۰۰۸۶	۲۱
عوامل اقتصادی	۰,۶۱۷	قابل‌اجرا در پروژه‌های خصوصی و عمومی	0.050	۰,۳۸۰	۱
		فراوانی کاربرد در پروژه‌های عمومی	0.215	۰,۱۳۲۶	۳
		کاهش هزینه‌های تأمین مالی	0.379	۰,۲۳۳	۲
		معاملات فرامرزی	0.083	۰,۰۵۱۲	۹
		سرمایه‌گذاران نهادی	0.136	۰,۰۸۳۹	۵
		ارز دیجیتال مبتنی بر بلاک‌چین	0.134	۰,۰۸۲۶	۶
		نقدینگی سرمایه‌گذاری	0.147	۰,۰۹۰۶	۴
عوامل اجتماعی	۰,۱۰۰	ریز تراکنش‌ها	0.446	۰,۰۴۴۶	۱۰
		دسترسی بی‌درنگ به اطلاعات	0.123	۰,۰۱۲۳	۱۸
		پروژه‌های مقیاس محدود و محلی	0.121	۰,۰۱۲۱	۱۹
		مشارکت اجتماعی	0.117	۰,۰۱۱۷	۲۰
		تسهیل سرمایه‌گذاری ESG	0.136	۰,۰۱۳۶	۱۶
		فراوانی بیشتر در کشورهای درحال‌توسعه و نوظهور	0.055	۰,۰۰۵۵	۲۳
عوامل فناوری	۰,۱۱۸	قرارداد هوشمند استاندارد شده	0.520	۰,۰۶۱۳	۸
		شفافیت	0.156	۰,۰۱۸۴	۱۴
		بلاک‌چین مجاز/غیرمجاز	0.106	۰,۰۱۲۵	۱۷
		ادغام اینترنت اشیا	0.150	۰,۰۱۷۷	۱۵
		مقیاس کافی	0.067	۰,۰۰۷۹	۲۲

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر آینده تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی مبتنی بر فناوری بلاک چین انجام شد. برای این منظور در فاز کیفی داده های مورد نیاز از ادبیات و پیشینه پژوهش و تاییدیه خبرگان گردآوری گردید. نتیجه یافته های پژوهش در این بخش شناسایی ۲۳ مولفه بعنوان عوامل موثر بر آینده تامین مالی پروژه های زیر ساخت مبتنی بر فناوری بلاک چین است که در چهار گروه کلی عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فناوری دسته بندی گردیدند. همچنین نتایج استخراج شده از تحلیل کمی داده ها بیانگر آنست که عوامل اقتصادی با بالاترین وزن معیار(۰,۶۱۷) و از دیدگاه خبرگان، نقش محوری در این زمینه ایفا می‌کنند. این موضوع بر اهمیت جنبه‌های مالی و اقتصادی پروژه‌های زیرساختی و جذابیت آن‌ها برای سرمایه‌گذاران تأکید دارد. بر همین اساس به ترتیب عوامل سیاسی، اجتماعی و فناوری در اولویت های دوم تا چهارم قرار می گیرند. همچنین، در دسته عوامل اقتصادی، زیرمعیار "قابل اجرا در پروژه‌های خصوصی و عمومی" به عنوان حیاتی‌ترین عامل شناسایی شد، که نشان‌دهنده تمایل خبرگان به راهکارهایی است که بتوانند هم در بخش خصوصی و هم در بخش عمومی مورد استفاده قرار گیرند. نتایج این پژوهش در بخش شناسایی عوامل موثر بر آینده تامین مالی زیرساخت ها مبتنی بر فناوری بلاک چین با یافته های پیشین مطابقت دارد. محمدی فاتح و سالارنژاد(۱۴۰۱)، مزایای پیاده سازی بلاک چین را افزایش شفافیت، کاهش هزینه ها، بهبود امنیت، افزایش کارایی، ایجاد اعتماد بیشتر و چالش های آن را مقررات قانونی، پذیرش عمومی و همچنین بکارگیری فناوری های جدید مانند اینترنت اشیا می دانند. احتشامی نژاد و پاکزاد(۱۴۰۲)، افزایش شفافیت مالی، امنیت معاملاتی و جذب سرمایه گذاران بیشتر، شفیعی بهنمیری(۱۴۰۱)، امنیت و قابلیت اعتماد، عوامل اجتماعی، عوامل سازمانی و فردی، تیان و همکاران(۲۰۲۲)، مشارکت عمومی و خصوصی، سرمایه گذاری در مقیاس کوچک، سهولت دسترسی برای سرمایه گذاری، تاثیرات اجتماعی و زیست محیطی، کاهش هزینه های معاملاتی ، دسترسی مستقیم به اطلاعات توسط ذی نفعان، دسترسی به داده های با کیفیت بالا، ازسوکی (۲۰۱۹)، کاهش هزینه‌های تراکنش از طریق حذف واسطه‌ها، افزایش شفافیت با بهبود نظارت بر عملکرد مالی، عملیاتی، اجتماعی و زیست‌محیطی، و افزایش نقدینگی از طریق ایجاد بازارهای ثانویه، امکان دسترسی به منابع سرمایه جایگزین، کاهش ریسک طرف مقابل از طریق عدم تمرکز و افزایش کارایی تراکنش و ارائه فرصت سرمایه گذاری هدفمندتر، ژانگ و همکاران(۲۰۱۹)، تیان و همکاران(۲۰۲۲)، افزایش شفافیت، بهبود کارایی و کاهش هزینه‌های تراکنش، جذب سرمایه خصوصی بیشتر و ایجاد مدل‌های مالی نوآورانه را بعنوان مولفه های موثر مطرح نمودند. یافته‌های این پژوهش با نتایج تیان و همکاران (۲۰۲۰) و محمدی و سالارنژاد (۲۰۲۲) و لوپز و همکاران(۲۰۲۴) همسو است که بر اهمیت عوامل اقتصادی در پذیرش بلاکچین تأکید کرده‌اند. با این حال، برخلاف مطالعات پیشین که بیشتر بر جنبه‌های فنی تمرکز داشتند، پژوهش حاضر ابعاد کلان سیاسی و اجتماعی را نیز وارد تحلیل کرده است. لیکن از بعد اولویت بندی مولفه ها و روش تحقیق بکار گرفته شده، این پژوهش تازگی داشته و سابقه ای مشاهده نگردید.

در ادامه باتوجه‌به نتایج این تحقیق، پیشنهادهای زیر برای بهبود تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی مبتنی بر بلاک‌چین ارائه می‌شود.

پیشنهادهای مبتنی بر پژوهش

- باتوجه‌به اهمیت بالای عوامل اقتصادی در تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی مبتنی بر بلاک‌چین، سیاست‌گذاران و مدیران پروژه‌ها باید توجه ویژه‌ای به جنبه‌های مالی و اقتصادی این پروژه‌ها داشته باشند.
- تلاش برای کاهش هزینه‌های تأمین مالی از طریق بلاک‌چین و ارائه مدل‌های مالی جذاب برای سرمایه‌گذاران
- ایجاد چارچوب‌های قانونی و نظارتی شفاف و کارآمد در سطح ملی و بین‌المللی برای فعالیت‌های تأمین مالی مبتنی بر بلاک‌چین
- استانداردسازی قراردادهای هوشمند مورداستفاده در تأمین مالی زیرساخت‌ها جهت شفافیت، کارایی و امنیت این فرایند
- طراحی سازوکارهایی برای تسهیل سرمایه‌گذاری‌های کوچک و متوسط و ارائه اطلاعات شفاف و قابل‌دسترس به عموم مردم
- ادغام معیارهای محیط زیستی، مسئولیت اجتماعی و حاکمیت شرکتی در فرایند تأمین مالی و گزارش‌دهی پروژه‌ها جهت ایجاد جذابیت برای سرمایه‌گذاران مسئولیت‌پذیر.

محدودیت‌های پژوهش

از محدودیت‌های پژوهش می‌توان به حجم محدود نمونه خبرگان و تمرکز بر یک کشور اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، نمونه‌های بزرگ‌تر و مقایسه بین‌المللی انجام پذیرد.

References

Subhanij, T., and D. Lin. 2018. “Bridging the Infrastructure Financing Gap: The Role of the Private Sector.” https://www.unescap.org/blog/bridging-the-infrastructure-financing-gap# (accessed 20 June 2020).

Straub, S. 2008. “Infrastructure and growth in developing countries: Recent advances and research challenges.” The World Bank. https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/1813-9450-4460.

Wood, C. 2020. “Infrastructure investment key for emerging markets post COVID-19: Swiss Re.” https://www. reinsurancene.ws/infrastructure-investment-key-for-emerging-markets-postcovid-19-swiss-re/ (accessed 18 June 2020).

Tian, Y., Y. Zhang, R. E. Minchin, A. Ashutosh, and D. Kan. 2020a. “An innovative infrastructure Financing Instrument: Blockchain-based Tokenization.” In: Construction Research Congress 2020. Tempe.

Rokicki, B. and M. Stępniak. 2018. “Major transport infrastructure investment and regional economic development–An accessibility-based approach.” Journal of Transport Geography, 72: 36 - 49.

Woetzel, J., N. Garemo, J. Mischke, P. Kamra, and R. Palter. 2017. “Discussion Paper in Collaboration with McKinsey’s Capital Projects and Infrastructure Practice.” Mckinsey Global Institute. https://www.mckinsey.com.

Tian, Y., Zhang, Y., Minchin, R. E., Asutosh, A., & Kan, C. (2020b, November). "An innovative infrastructure financing instrument: Blockchain-based tokenization".In Construction Research Congress (pp. 731-740).

Alibeigi, Iman, Khanzadi, Mustafa, "A Broad Review of Crowdfunding for Infrastructure Projects Using Blockchain Technology".International Conference on Architecture, Civil Engineering, Urban Development, Environment and Horizons of Islamic Art in the Second Step Statement of the Revolution Tabriz Islamic Art University / 27 May. 2022.

Tian, Y., Adriaens, P., Minchin, R.E., Chang, C., Lu, Z. and Qi, C., 2020. Asset Tokenization: A blockchain Solution to Financing Infrastructure in Emerging Markets and Developing Economies. Institute of Global Finance Working Paper No. Forthcoming.

Kim, J., 2016. “Handbook on urban infrastructure finance.” New Cities Foundation, Paris. https: //newcities.org/wp-content/uploads /2016/03/PDF-Handbook-on-UrbanInfrastructure-Finance-Julie-Kim.pdf.

Inderst, G. 2013. “Private Infrastructure Finance and Investment in Europe.” European Investment Bank. https://papers.ssrn.com/sol3/ papers.cfm?abstract_id=2359648.

Walter, I. 2016. “The Infrastructure Finance Challenge.” http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2841281.

Herweijer C, Waughray D, Warren S (2018). Building block(chain)s for a better planet. World Economic Forum: Fourth Industrial Revolution for the Earth Series.

Sharma, T., S. Satija, and B. Bhushan. 2019. “Unifying Blockchian and IoT: Security Requirements, Challenges, Applications and Future Trends.” In 2019 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS) (pp. 341-346). IEEE.

Hileman, G., and M. Rauchs. 2017. “Global Blockchain Benchmarking Study.” http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3040224.

OECD. ۲020. “The Tokenisation of Assets and Potential Implications for Financial Markets.” OECD Blockchain Policy Series, www.oecd.org/finance/The-Tokenisation-of-Assets-and Potential-Implications - for-Financial-Markets.htm.

Shirai, S. 2019. “Money and central bank digital currency.” ADB. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3362952

Mohammadi Fateh, A., Salarnejad, A.,۲۰۲۲ .”The Scope of Blockchain Technology: A Meta-Synthesis Study of Applications, Benefits, Challenges, and Related Technologies", Information Management Sciences and Techniques, 1(8),246-298.

Tian, Y., Z. Lu, Z, P. Adriaens, E. Minchin, Y. Zhang, A. Caithness, and W. Junghoon. 2020b. “Finance Infrastructure Through Blockchain-based Tokenization. [Unpublished manuscript] ” Frontier of Engineering Management.

Ehteshaminejad, E., Pakzad, M., 2023. "The Role of Blockchain Technology in Creating Transparency and Security in Entrepreneurship Financial Transactions", Technology in Entrepreneurship and Strategic Management, 2(4),34-44.

Shafiee Bahnamiri, S.,2022. "Investigation and Identification of Components of Adoption of New Information Technology Patterns " (Mori Study: Blockchain), Afagh Humanities Journal, 66: 51-70.

Tian,Y., Minchin,RE., Petersen,C., Moayed,E., Adriaens, P.,2022.” Financing Public-Private Partnership Infrastructure Projects through Tokenization-enabled Project Finance on Blockchan.” IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. doi:10.1088/1757-899X/1218/1/012027.

Uzsoki D (2019). "Tokenization of infrastructure: A blockchain based solution to financing sustainable infrastructure". International Institute for Sustainable Development. ttps://www. iisd.org/ sites/ default/f iles/publications/tokenization-infrastructure-blockchainsolution.pdf.

Zhang, Y., Wang, Z., Deng, J., Gong, Z., 2021,” Framework for a Blockchain-Based Infrastructure Project Financing System. ”IEEE ACCESS. Digital Object Identifier 10.1109.V(9).

Akrami, Z., (2024). Identifying and prioritizing the duties and responsibilities of faculty members affecting students' entrepreneurial intentions. Karafan Quarterly *Research* Journal, (2) 21, 185-211. DOI: 10.48301/KSSA .2022.361020.2283.

Abdi Jamiran, A., Niknam, M., Rangriz, H., (2023). Identifying and ranking factors affecting the resilience of entrepreneurial behavior in Alborz Province Technical and Vocational University. Karafen Quarterly *Research* Journal, (2) 20, 203-225. DOI:10.48301/KSSA .2023.393435.2517.

Shamsi Ghoshki, S., Nami, A., (2023). Identification, prioritization and determination of relationships between supply chain agility components with a fuzzy approach in the oil and gas industry of Khuzestan Province. Karafan Quarterly *Research* Journal, 20, 693-714. DOI: 10.48301/KSSA .2022.316790.1868.

Salancik, J.R., Wenger, W. and Helfer, E., 1971. The construction of Delphi event statements. Technological Forecasting and Social Change, 3, pp.65-73.

Wright, G., Cairns, G., O'Brien, F.A. and Goodwin, P., 2019. Scenario analysis to support decision making in addressing wicked problems: Pitfalls and potential. European Journal of Operational Research, 278(1), pp.3-19.

Roßmann, B., Canzaniello, A., von der Gracht, H. and Hartmann, E., 2018. The future and social impact of Big Data Analytics in Supply Chain Management: Results from a Delphi study. Technological Forecasting and Social Change, 130, pp.135-149.

Jiang, R., Kleer, R. and Piller, F.T., 2017. Predicting the future of additive manufacturing: A Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030. Technological Forecasting and Social Change, 117, pp.84-97.

Popper,R., 2008.Foresight Methodology.In: Georghiou, L., Cassingena Harper, J., Keenan, M., Miles, I., & poper, R. (Eds.) , The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Ractice(PP.44-72).

Kopyto, M., Lechler, S., Heiko, A. and Hartmann, E., 2020. Potentials of blockchain technology in supply chain management: Long-term judgments of an international expert panel. Technological Forecasting and Social Change, 161, p.120330.

Rezaei, J. 2015. Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, 53, 49-57. DOI: 10.1016/j.omega.2014.11.009.

Zhang, C., and Z. Zheng. 2019. “Task migration for mobile edge computing using deep reinforcement learning. ” Future Generation Computer Systems, 96, pp.111-118.

Lopes, D. C. F., Castro, A. L., & Russo, L. X. (2024). Blockchain technology: Challenges and opportunities in public finance. Revista de Administração Mackenzie, 25(3), 1–29. https://doi.org/10.1590/1678-6971/eRAMR240208.