

Key Challenges in the Implementation of National Cryptocurrencies

Zeynab Taghavi¹ | Farid Ahmadi² | Saeid Jafarzadeh Ghoushchi³

1. MSC in Information Technology Engineering, Department of Information Technology, Faculty of Industrial Technologies, Urmia University Technology, Urmia, Iran. E-mail: Star.taghavi96@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Information Technology, Faculty of Industrial Technologies, Urmia University Technology, Urmia, Iran .E-mail: f.ahmadi@uut.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Industrial engineering, Faculty of industrial Technologies, Urmia University of Technology, Urmia, Iran .E-mail: s.jafarzadeh@uut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 26 November
2024

Revised in revised form:
22 January 2025

Accepted: 9 February 2025
online: 20 March 2025

JEL:

E42, E58, G23, O30

Keywords:

Blockchain,
Cryptocurrency, Central
Bank Digital Currency
(CBDC), Stablecoin,
Challenges of National
Cryptocurrencies, FMEA,
FSWARA, FWASPAS

ABSTRACT

In the context of advancing cyber-physical technologies, cryptocurrencies have emerged as a significant phenomenon, attracting considerable scholarly and practical attention. Within this landscape, central bank digital currencies (CBDCs) have gained increasing importance as potential instruments for transforming national financial systems. The rapid evolution of economic and technological environments, coupled with the daily impacts of cryptocurrencies on financial and economic policies, underscores the necessity for financial institutions and policymakers to comprehend the challenges inherent in the implementation and utilization of national cryptocurrencies. To systematically analyze these challenges, the authors conducted an extensive literature review to identify the key obstacles associated with the deployment of national cryptocurrencies. Following this identification phase, a novel mixed-methods approach was employed that integrates two advanced decision-making techniques: Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) and Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) within a fuzzy framework. The findings reveal that the primary challenges in launching central bank cryptocurrencies encompass a lack of adequate financial support for stablecoins, instability of the domestic currency, centralized governance issues within decentralized technological frameworks, the absence of a conducive public acceptance ecosystem, challenges related to the listing of cryptocurrencies on reputable exchanges, and broader economic concerns, including the risk of money laundering. In the realm of private cryptocurrencies, crucial obstacles include legal restrictions regarding the acceptance of alternative cryptocurrencies, difficulties in preserving the value of small investors' capital, challenges related to data protection and privacy, and concerns regarding the liquidity of frozen assets. Ultimately, this study emphasizes the pressing need for comprehensive and structured strategies to address these multifaceted challenges, proposing a range of solutions that could facilitate the effective adoption and development of cryptocurrencies within national contexts.

Cite this article: taghavi, z., ahmadi, f., & Jafarzadeh ghoushchi, S. (2025). Key Challenges in the Implementation of National Cryptocurrencies. *Stable Economy Journal*, 6 (1), 73-111. DOI: 10.22111/sedj.2025.50004.1515



© The Author(s).

DOI: 10.22111/sedj.2025.50004.1515

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

Introduction Blockchain and Distributed Ledger Technology (DLT) have been widely recognized as transformative technologies. This new wave can address many problems and obstacles in a country's economy and governance structure. The recent experiences of countries in utilizing decentralized technologies, including DLT, have opened up new frontiers in various fields. In a broad definition, DLT is essentially a shared and decentralized environment that is based on the concept of decentralization (Ante et al., 2021). This general concept has led to the development of another well-known technology called blockchain, a branch of DLT. Blockchain is a decentralized method of storing and verifying transactions. It is a platform that has brought about a significant transformation in the central bank digital currencies areas, cryptocurrencies, and the development of various tokenized assets, gaining high popularity in today's world due to its unique features. While decentralized payment solutions are becoming more popular around the world, in recent years, semi-centralized solutions have gained significant attention as a new generation of blockchain-based products. Among them, organizational blockchains and central bank digital currencies are noteworthy (Baur & Hoang, 2021). However, they face obstacles and challenges in their implementation. Although decentralized cryptocurrencies such as Bitcoin and Ethereum cannot replace fiat currencies, they are a threat to the power of current central bank currencies. The issuance of central bank digital currencies could be a potential response to this emerging trend of supporting national currencies. National cryptocurrencies can be created in various forms, similar to existing cryptocurrencies in the market. Stablecoins, as national cryptocurrencies with the positive features and functions of cryptocurrencies, can capture the attention of governments. Stablecoins can also contribute to market stability and reduce market risks, which may further drive the inclination towards cryptocurrency usage. The control of these cryptocurrencies can be held by the central bank, its representative or a licensed company. The importance of creating a national cryptocurrency has been emphasized in the articles (Ghamami & Alipoor, 2022). Few researches have been conducted on prioritizing the significant challenges of national cryptocurrencies using hybrid approaches. This study aims to present a new hybrid approach based on FMEA, SWARA and WASPAS methods in fuzzy conditions. In this regard, we focus on identifying, evaluating, and prioritizing the challenges of national cryptocurrencies using the mentioned methodology.

Method This research conducted an analytical-descriptive method for identification and prioritizing of challenges. In this regard, based on the subject literature and the assistance of a group of experts a complete list of challenges for national crypto-currencies is prepared. at the next step, regarding proposed method in last section, the evaluation criteria are calculated using the FMEA method and obtaining fuzzy values for risk occurrence probability (O), severity of occurrence (S), and detection ability (D) based on expert opinions. And final assessing conducted using FSWARA method for calculation of weights and WASPAS for prioritization of challenges. These steps are showed in figure 1 and are explained in detail in next section.

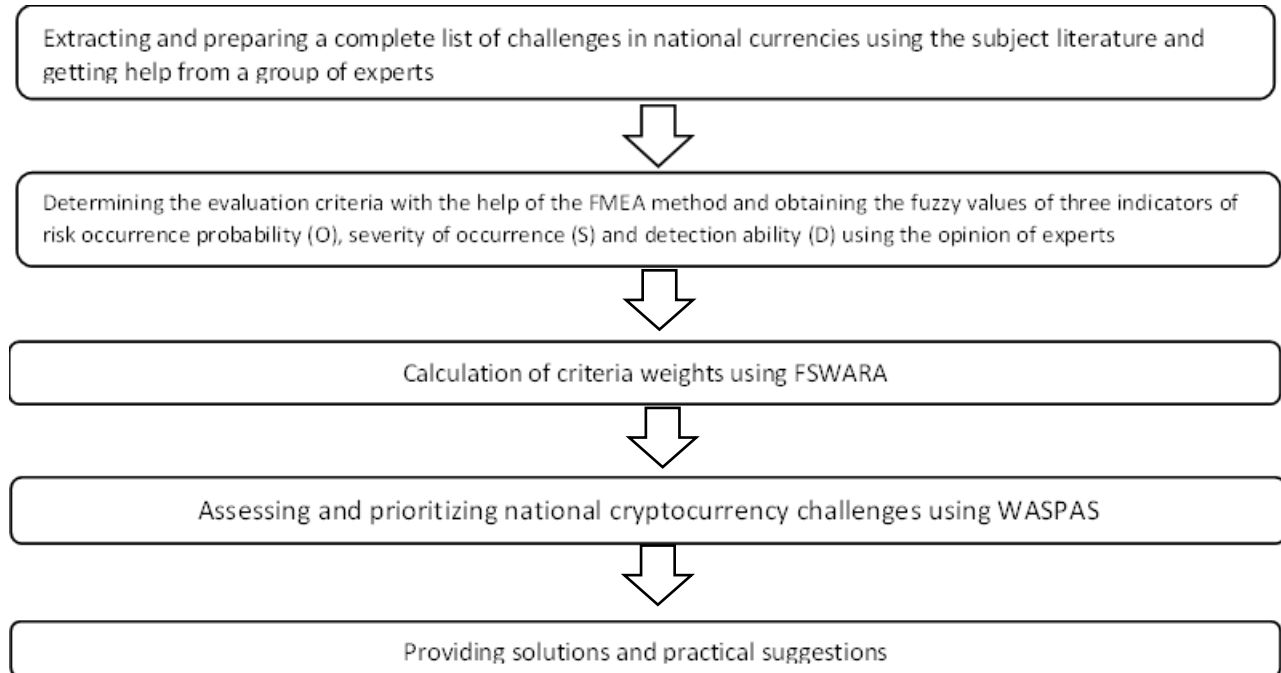


Figure 1: Implementation algorithm of the proposed hybrid approach

Results : Regarding proposed method and after applying steps to achieve the most important challenges for issuing and developing national cryptocurrencies, the results showed Lack of proper financial support for stablecoin, Currency instability in the country, Centralized management in the context of decentralized technology, Absence of an ecosystem accepted by the general society, Cryptocurrency listings in reputable exchanges and money laundering risk are respectively the most vital obstacles for development of central bank cryptocurrency. Each challenge and its importance are shown in table 12 and figure 4. For national cryptocurrencies, the issue of support is very important. The national cryptocurrency must have the ability to be spent, liquidated, and converted into other currencies. The central bank still places great importance on gold as a key reserve asset. A public gold-supported digital token may allow gold to benefit from the liquidity and fluidity of digitization while maintaining its essential role as a store of value and safe asset (Bunjaku et al., n.d.). Considering that currency instability is related to macroeconomics, there is no precise solution for this challenge. Of course it may be possible to mitigate this challenge to some extent by controlling inflation. In the realm of cryptocurrency, it is crucial to establish a regulatory foundation for the digital currency of the central bank. This foundation should include the participation of the central bank, government agencies, related organizations, institutions, and private companies actively involved in the field. Such an establishment will facilitate the formulation of standards, rules, and regulations governing the digital currency ecosystem. Moreover, to ensure effective oversight, the government should enhance the role of science and technology in regulatory processes. By adopting "smart supervision" approaches, comprehensive supervision can be achieved throughout the entire process. Additionally, the establishment of a regulatory sandbox can be beneficial. This sandbox offers a controlled environment for innovative projects, allowing project owners to gain insights into the strengths and weaknesses of their work in a real operating setting. Simultaneously, regulators can explore various risks and leverage the expertise of professionals from other countries involved in sanctions. To build public trust in the central bank as the issuer and operator of the national CBDC system, it is essential to ensure transparency, accountability, and adherence to high standards of security and privacy. Creating standards, regulations, guidelines for risk management, and a governance structure for the CBDC system is crucial. In the case of money laundering risk, investment by banks to meet regulatory requirements and reduce risks has become essential. Involves utilizing underlying technology to combat money laundering through strong anti-money laundering (AML) analytics and information tools. To enhance security and prevent fraudulent activities, advanced know your customer (KYC) processes and screening methods have been established. Machine learning plays a crucial role in performing

necessary customer checks and identifying suspicious activities, thereby allowing for quicker customer segmentation. Additionally, the implementation of a robust money laundering management system and monitoring transaction activities helps predict AML scenarios and identify potentially dangerous transactions. Furthermore, membership in conventions related to combating money laundering is crucial to effectively address money laundering in the field of cryptocurrencies.

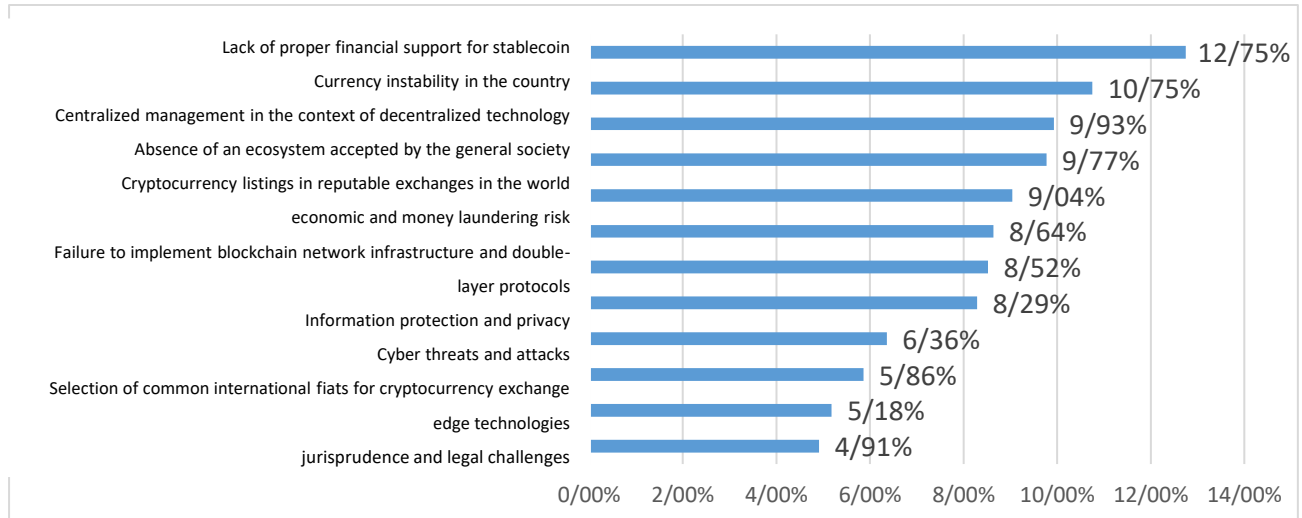


Figure 2. Criticality percentage of Central Bank's cryptocurrency challenges

As presented in figure 5. the results showed, Legal restrictions on accepting other currencies, unreliability for small capitals, data protection and privacy and quick liquidation of frozen assets are the most important challenges of issuing and maintain of private sector cryptocurrency. According to the results of this research, the most important challenge is related to legal restrictions in accepting other currencies, for this challenge, it is crucial for government to actively adopt technological advancements and eliminate unnecessary restrictions by drawing inspiration from other countries' successful approaches. To effectively integrate cryptocurrencies into the legal framework, it is essential to develop a comprehensive ecosystem that elucidates the systematic relationships between the various components of the cryptocurrency system. This ecosystem will provide clarity and guidance, ensuring that the benefits of cryptocurrencies can be harnessed while mitigating potential risks. Furthermore, it is imperative to study and learn from the experiences of countries that have already implemented cryptocurrency laws, utilizing their laws as a foundation and building upon their insights to create a robust regulatory framework.

Cryptocurrencies are a suitable platform for attracting small capital; Because you can buy a cryptocurrency or a part of a cryptocurrency with any amount; Therefore, the operators of cryptocurrency can collect these small capitals and move them to other markets and create unrest in the economy. so, it is important to require cryptocurrency developer companies to create a portfolio of productive companies and actively invest in the production sector. This will not only contribute to economic growth but also promote stability and sustainability within the cryptocurrency ecosystem. Secondly, there should be regulations in place to prohibit cryptocurrency development companies from engaging in markets that are solely based on speculation. By discouraging speculative activities, the focus can shift towards fostering real-world utility and value creation. Lastly, it is crucial to implement measures to prevent the outflow of funds from the country and closely monitor transactions to combat potential quasi-money laundering activities. By establishing strict monitoring mechanisms, the risks associated with illicit financial activities can be minimized, ensuring the integrity and security of the cryptocurrency ecosystem. These measures collectively contribute to the responsible and sustainable development of cryptocurrencies, fostering a more robust and beneficial environment for all stakeholders involved.

When considering the design of a cryptocurrency system, there are two main approaches: token-based design and account-based design. Token-based design refers to a system where transactions are recorded and verified using tokens. On the other hand, account-based design involves transactions being linked to specific user accounts. In terms of data protection, it is crucial to adhere to the Personal Data Protection Act or any relevant data protection regulations. This means implementing robust security measures to securely store and protect user data, ensuring privacy, security, and confidentiality. Furthermore, users should be informed about the collection of their data and their rights regarding access, verification, manipulation, and deletion of their data. Transparent communication and user consent are essential for building trust and maintaining user confidence in the cryptocurrency system. To enhance user experience and streamline processes, creating a customer recognition process can be beneficial.

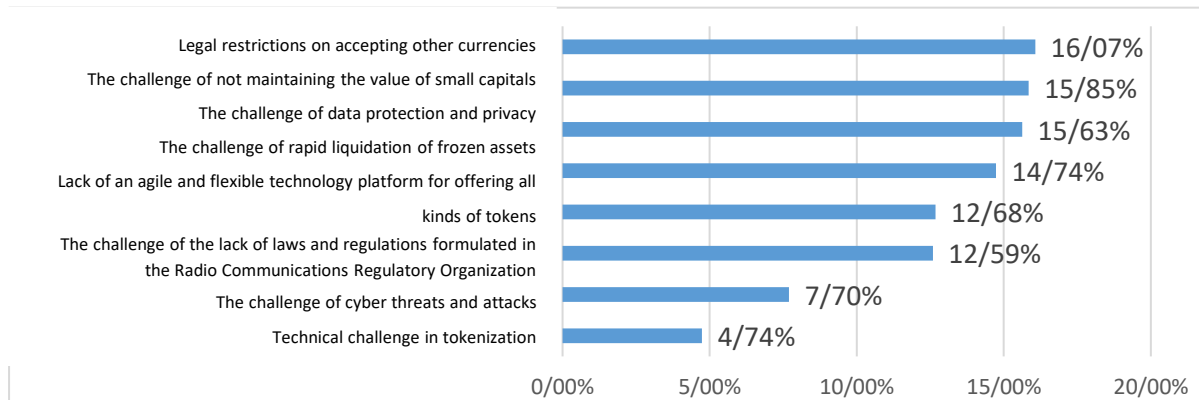


Figure 3. The percentage of criticality of private sector cryptocurrency challenges

Conclusion:

A wide range of financial and non-financial applications utilize blockchain as an infrastructure technology, including in developing countries. However, the rapid growth of cryptocurrencies in the digital world presents various implementation and usage challenges. Therefore, this research aims to identify and prioritize the challenges associated with the production of national cryptocurrencies, whether central bank or private sector. The proposed approach combines decision-making methods, specifically the utilization of Multi-criteria SWARA and WASPAS in a fuzzy environment to assess and rank national cryptocurrency risks. The SWARA-Fuzzy method determines the weight of criteria and assesses the importance of parameters (O, S, and D). Subsequently, the identified risks are ranked using the WASPAS-Fuzzy method. The ultimate goal of this research is to provide effective solutions for the identified challenges, which can be implemented and developed to reduce these obstacles within the country. The solutions highlight the importance of effective regulatory frameworks for issue, maintain, develop of national cryptocurrencies both public and private ones. By addressing concerns such as money laundering, privacy fraud, and market manipulation, regulatory measures contribute to a more secure and transparent environment for national cryptocurrency transactions. Meanwhile building a value based ecosystem is vital for long term usage of these newborn currencies. finally, it is crucial for developing countries to actively adopt technological advancements and eliminate unnecessary restrictions by drawing inspiration from other countries' successful approaches.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: This study was conducted in full compliance with ethical guidelines. Efforts were made to ensure confidentiality and the ethical treatment of all subjects.

Funding: The authors declare that this research received no specific funding from any public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contribution: The primary author of this paper, Zeynab Taghavi, undertook the responsibilities of data collection, analysis, and the composition of both the thesis and manuscript. Dr. Ahmadi contributed to the conceptualization and research design, ensuring the validity of the data while also providing critical academic revisions of the manuscript. Dr. Jafarzadeh offered significant guidance on the methodological framework employed in the study. All authors have reviewed and approved the final manuscript prior to submission.

Conflict of interest: The authors declare no conflicts of interest related to this study. There are no financial or personal relationships that could be construed as influencing the work.

Acknowledgments: This paper is based on the results of Zeynab Taghavi's MS thesis, conducted under the supervision of Dr. Ahmadi and Dr. Jafarzadeh.

شناسایی چالش‌های کلیدی راه‌اندازی رمزارزهای ملی در کشور

زینب تقوی^۱ | فرید احمدی^۲ | سعید جعفرزاده قوشچی^۳

۱. کارشناس ارشد، گروه فناوری اطلاعات، دانشکده فناوری های صنعتی، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: Star.taghavi96@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار، گروه فناوری اطلاعات، دانشکده فناوری های صنعتی، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: f.ahmadi@uut.ac.ir
۳. دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فناوری های صنعتی، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: s.jafarzadeh@uut.ac.ir

| اطلاعات مقاله | چکیده |
|---|---|
| نوع مقاله: مقاله پژوهشی | در عصر فناوری های سایبرفیزیکال، رمزارزها به عنوان یک پدیده نوظهور توانسته‌اند توجه گسترده‌ای را به خود جلب کنند. در این میان رمزارزهای بانک مرکزی به عنوان ابزاری بالقوه برای تحول در سیستم‌های مالی ملی، اهمیت فزاینده‌ای یافته‌اند. با توجه به تغییرات سریع در محیط اقتصادی و فناوری و تأثیرات هر روزه رمزارزها بر سیاست‌های مالی و اقتصادی کشورها، درک چالش‌های راه‌اندازی و بهره‌گیری از رمزارزهای ملی برای نهادهای مالی و سیاست‌گذاران به ضرورت بدل گشته است. به منظور تحلیل نظام‌مند این چالش‌ها، نویسندگان این مقاله ابتدا طی مطالعه کتابخانه‌ای به شناسایی چالش‌های راه‌اندازی رمزارزهای ملی مبادرت ورزیده و سپس با استفاده از یک رویکرد ترکیبی جدید اقدام به اولویت‌بندی چالش‌ها نموده‌اند. این رویکرد شامل ادغام دو تکنیک پیشرفته، یعنی تحلیل نسبت ارزیابی وزن‌دهی تدریجی (SWARA) و ارزیابی تولید وزنی تجمعی (WASPAS) تحت محیط فازی است که دقت و صحت فرآیندهای تصمیم‌گیری را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که چالش‌های کلیدی راه‌اندازی رمزارزهای بانک مرکزی شامل عدم حمایت مالی مناسب برای استیبل‌کوین، عدم ثبات ارز داخلی، مدیریت متمرکز در بستر تکنولوژی غیرمتمرکز، عدم وجود زیست بوم پذیرش عمومی، مشکل لیست شدن رمزارزها در صرافی‌های معتبر و چالش‌های اقتصادی و خطر پولشویی است. در حوزه رمزارزهای بخش خصوصی نیز محدودیت‌های قانونی در پذیرش سایر رمزارزها، عدم حفظ ارزش سرمایه‌های خرد، حفاظت از داده‌ها و حریم خصوصی و نقدشوندگی سریع دارایی‌های منجمد، مهم‌ترین چالش‌ها در ایجاد و نگهداری این دسته از رمزارزها هستند. نتایج تحقیق بر ضرورت اتخاذ استراتژی‌های جامع و مدون برای کاهش این چالش‌ها تأکید کرده و در این راستا راهبردهایی برای مواجهه با این چالش‌ها ارائه نموده است. استراتژی‌هایی که می‌تواند به تسهیل پذیرش و توسعه مؤثر رمزارزها در کشور منجر شود. |
| تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۶ | |
| تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۱/۳ | |
| تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱ | |
| تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰ | |
| JEL : E42, E58, G23, O30 | |
| واژه‌های کلیدی: | |
| بلاکچین، رمزارز، رمزارز بانک مرکزی، CBDC، استیبل کوین، رمزارزهای ملی، FSWARA، FMEA، FWASPAS | |

استناد: تقوی، زینب؛ احمدی، فرید؛ و جعفرزاده قوشچی، سعید (۱۴۰۴). شناسایی چالش‌های کلیدی راه‌اندازی رمزارزهای ملی در کشور. *اقتصاد باثبات*، ۶ (۱)، ۷۳-۱۱۱.

DOI: 10.22111/sedj.2025.50004.1515



حق مؤلف © نویسندگان.

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

۱. مقدمه

انقلاب صنعتی چهارم به ابزارهای اتوماسیون و تبادل داده در فناوری‌های تولیدی از جمله سیستم‌های سایبر فیزیکی، بلاکچین، اینترنت اشیا، داده‌های بزرگ و تجزیه و تحلیل آنها، واقعیت افزوده، ساخت افزودنی، شبیه‌سازی، یکپارچه‌سازی سیستم افقی و عمودی، ربات‌های مستقل و همچنین پردازش ابری اطلاق می‌شود. انقلاب صنعتی چهارم و فناوری‌های مهم مرتبط با آن به سرعت بر سازمان‌ها و توانایی فنی آنها تأثیر عمیق می‌گذارند (Ahmadi & Mansouri, 2021). تغییرات تکنولوژیکی سریع انقلاب صنعتی چهارم به تحولات اجتماعی و اقتصادی منتهی گردیده و دنیای کار را نیز به شدت تغییر داده است (khakzad et al., 2024). این موج جدید می‌تواند به تغییری شگرف در اقتصاد و ساختار حاکمیت اقتصادی منجر شود. تجربیات اخیر کشورها در استفاده از فناوری‌های غیرمتمرکز، از جمله فناوری دفترکل توزیع شده، افق‌های جدیدی را در زمینه‌های مالی و اقتصادی گشوده است. به‌طور کلی، فناوری دفترکل توزیع شده در واقع یک محیط مشترک و غیرمتمرکز است که بر اساس مفهوم توزیع شدگی بنا شده است (Ante et al., 2020). این مفهوم کلی موجب توسعه فناوری بلاک‌چین، به عنوان یکی از شاخه‌های فناوری دفترکل توزیع شده است. بلاک‌چین روشی برای ذخیره‌سازی و تأیید تعاملات به روش غیرمتمرکز است. این پلتفرم تحولی شگرف در زمینه رمزارزها و توسعه انواع رمزارزهایی ایجاد کرده و به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود، در دنیای امروز محبوبیت بالایی کسب نموده است. در حالی که راه‌حل‌های پرداخت غیرمتمرکز در حال محبوب‌تر شدن در سراسر جهان هستند، در سال‌های اخیر، راه‌حل‌های نیمه‌متمرکز توجه زیادی را به خود به عنوان نسل جدیدی از محصولات مبتنی بر بلاک‌چین جلب کرده‌اند (Baur & Hoang, 2020). رمزارزها در دو دهه اخیر، تحولی شگرف در نظام‌های مالی و اقتصادی جهان داشته و به‌ویژه در دوران بحران‌های اقتصادی و جهانی، کاربرد بیشتری یافته‌اند. با توجه به افزایش پذیرش و بهره‌گیری از ارزهای دیجیتال، درک دقیق این فناوری و انواع مختلف رمزارزها به امری ضروری تبدیل شده است. این ارزهای جدید به افراد و کسب‌وکارها این امکان را می‌دهند که بدون نیاز به واسطه‌های سنتی، مانند بانک‌ها، به سرعت و با هزینه پایین، تراکنش‌های مالی را پردازش و اعمال نمایند (Narayanan et al., 2016).

البته با وجود مزایای بالقوه، رمزارزها با چالش‌های متعددی در پیاده‌سازی مواجه هستند که می‌تواند بر توسعه و پذیرش آنها تأثیرگذار باشد. رمزارزهای غیرمتمرکز مانند بیت‌کوین و اتریوم، هرچند نمی‌توانند جایگزین ارزهای فیات شوند، اما تهدیدی برای قدرت ارزهای فعلی بانک مرکزی هستند. انتشار رمزارز بانک مرکزی می‌تواند پاسخ بالقوه‌ای به این روند نوظهور در حمایت از ارزهای ملی باشد. اهمیت ایجاد یک رمزارز ملی در مقالات (Baur & Hoang, 2020; Ante et al., 2020)

مورد تأکید قرار گرفته است. رمزارزهای ملی می‌تواند در انواع مختلف، مشابه یکی از رمزارزهای موجود در بازار ایجاد شود. استیبل‌کوین‌ها، رمزارزهای ملی با ویژگی‌ها و کارکردهای مثبت رمزارز هستند که می‌تواند نظر دولت‌ها را به خود جلب نماید. استیبل‌کوین‌ها می‌توانند به پایداری بازار نیز کمک کرده و ریسک بازار را کاهش دهند. این مسئله موجب تمایل به استفاده از این دسته از رمزارزها خواهد شد. کنترل این نوع از رمزارز می‌تواند توسط بانک مرکزی یا نماینده آن یا یک شرکت مجوزدار انجام شود (Babazadeh et al., 2020). لیکن همان گونه که قبلاً نیز ذکر شد انتشار و توسعه این رمزارزهای ملی چه در قالب ارزهای بانکی مرکزی و چه رمزارزهای بخش خصوصی داخلی با چالش‌های متعددی روبروست. از اینرو در مطالعه حاضر چالش‌های کلیدی رمزارزهای ملی شناسایی و با یک رویکرد ترکیبی نوین اولویت‌بندی شده است. مطالعه پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که طبق استفسار نویسندگان این مقاله، پژوهشی که به شناسایی و اولویت‌بندی چالش‌های کلیدی پیاده‌سازی رمزارزهای ملی در کشور پردازد انجام نشده است. موضوعی که حکایت از نوآوری در موضوع و روش تحقیق مقاله جاری دارد. در ادامه پس از بیان چارچوب نظری تحقیق و پیشینه پژوهش، چالش‌های پیاده‌سازی شناسایی و پس از معرفی مدل‌سازی پژوهش و رویکرد ترکیبی استفاده شده در این مقاله، چالش‌ها اولویت‌بندی و برای چالش‌های کلیدی راهکار ارائه خواهد شد.

رمز ارز به دارایی‌های دیجیتالی اطلاق می‌شود که معمولاً برای تأمین امنیت و تسهیل تراکنش‌ها از تکنیک‌های رمزنگاری استفاده می‌کنند (Foley et al., 2019). این ارزها بر بستر فناوری بلاک‌چین بنا شده‌اند که به‌عنوان یک دفترکل توزیع‌شده فعالیت می‌کند و امکان ثبت، پردازش و تأیید تراکنش‌ها را به‌صورت غیرمتمرکز و به‌هنگام فراهم می‌سازد (Catalini & Gans, 2021). رمز ارزها امکان انجام تراکنش‌های سریع و کم‌هزینه را به‌ویژه در معاملات بین‌المللی فراهم می‌کنند. این ویژگی به کسب‌وکارها و افراد کمک می‌کند تا هزینه‌های مربوط به تراکنش‌های مالی را کاهش دهند و زمان انجام خدمات مالی را نیز به حداقل برسانند (Klein & Winn, 2022). طبق گزارش بانک جهانی، نزدیک به ۱.۷ میلیارد نفر در سرتاسر جهان به خدمات بانکی دسترسی ندارند و رمز ارزها می‌توانند به این افراد کمک کنند تا به راحتی و به‌صورت دیجیتالی تبادلات مالی انجام دهند (World Bank, 2021). رمز ارزها بستری برای نوآوری‌های مالی به‌ویژه در حوزه‌های مانند امور مالی غیرمتمرکز و قراردادهای هوشمند ارائه می‌دهند. این نوآوری‌ها می‌توانند شیوه‌های تأمین مالی، وام‌دهی و تجارت را متحول کنند (Chuen et al., 2022). علاقه عمومی به سرمایه‌گذاری در رمز ارزها به دلیل نوسانات بازار و پتانسیل‌های سودآور آن‌ها رو به افزایش است (Kraaijevanger, 2021).

به گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی در سال ۲۰۲۳، حدود ۲۳ درصد از ایرانیان به‌طور مستقیم با رمز ارزها در ارتباط هستند و بر اساس آمارها، نزدیک به ۴ میلیون نفر در حال حاضر در معاملات و سرمایه‌گذاری‌های رمز ارزی فعال هستند. کسب‌وکارهای اینترنتی ایرانی توانسته‌اند جایگاه خوبی بین مخاطبان ایرانی پیدا کنند و این نشان‌دهنده ظرفیت بالای سرمایه‌گذاری در این حوزه‌هاست (niknam et al., 2023). در این راستا، بانک مرکزی ایران به عنوان نهاد ناظر، تلاش می‌کند تا با طراحی و توسعه "ریال دیجیتال"، زیرساخت‌های مالی را بهبود بخشد و وابستگی کشور را به نظام مالی جهانی کاهش دهد. ریال دیجیتال با هدف تسهیل تراکنش‌های مالی، افزایش شفافیت و کاهش هزینه‌های مرتبط با سیستم‌های پرداخت سنتی طراحی شده است. همچنین، با توجه به استقبال روزافزون از رمز ارزها، بحث‌های قانونی و نظارتی در حال شکل‌گیری است تا از این راه، ضمن حمایت از توسعه بازار، مخاطرات احتمالی را نیز کاهش دهد. در حوزه بخش خصوصی نیز پروژه‌های متعددی در حال پیگیری است. این پروژه‌ها به دنبال ارائه خدمات مالی نوین و استفاده از فناوری بلاک‌چین برای تسهیل معاملات و افزایش امنیت در فرآیندهای مالی هستند. این در حالی است که مشکلات قانونی و عدم تطابق با استانداردهای بین‌المللی همچنان چالش‌هایی برای توسعه این فناوری‌ها به شمار می‌آید. در نهایت، با وجود پتانسیل‌های بالا و استقبال عمومی از رمز ارزها، شفاف‌سازی قوانین و مقررات می‌تواند به بهبود وضعیت موجود کمک کند و مسیر توسعه این فناوری در ایران را هموارتر سازد (Zanjani, Pakdaman, & colleagues, 2023; Hosseini & Omidvar, 2020).

در یک دسته‌بندی کلی رمز ارزها به دو دسته اصلی رمز ارزهای بانک مرکزی و رمز ارزهای غیرمتمرکز بخش خصوصی تقسیم می‌شوند. رمز ارزهای بانک مرکزی به‌عنوان ارزهای دیجیتال صادرشده توسط بانک‌های مرکزی کشورهای مختلف طراحی شده‌اند. این ارزها حائز دو ویژگی کلیدی پشتیبانی از سوی دولت، نظارت و مدیریت متمرکز و تسهیل پرداخت‌های دولتی هستند. به نحوی که این ارزها به‌عنوان ارزهای قانونی شناخته می‌شوند، که به‌خصوص در زمان‌های بحران اقتصادی می‌تواند به استحکام نظام مالی کمک کند (BIS, 2022). همچنین بانک‌های مرکزی کنترل دقیقی بر روی این ارزها دارند که می‌تواند به جلوگیری از سوءاستفاده‌های مالی کمک کند (Central Bank of The Bahamas, 2022). لیکن رمز ارزهای غیرمتمرکز، به‌وسیله نهادهای غیر دولتی توسعه یافته‌اند و ویژگی‌های خاص خود را دارند این ارزها تحت نظارت هیچ نهاد دولتی خاصی نیستند و کنترل آنها به‌وسیله قوانین موجود در شبکه بلاک‌چین انجام می‌شود. همچنین قیمت این ارزها تحت تأثیر عوامل مختلفی همچون تقاضا، رسانه‌ها و احساسات بازار قرار دارد و این نوسانات می‌تواند ریسک سرمایه‌گذاری را افزایش دهد (Cheah & Fry, 2015). این ارزها

به‌عنوان یک ابزار سرمایه‌گذاری و همچنین برای انجام معاملات و تأمین مالی پروژه‌ها استفاده می‌شوند (Antonopoulos, 2023). میزان آمادگی کشورها در مواجهه با انقلاب صنعتی چهارم و فناوری‌های مرتبط به عنوان شاخصی از قدرت کشورها محسوب می‌شود (hosseinzade et al., 2023). ظهور رمز ارزهای بانک مرکزی به عنوان یک راهکار نوین در زمینه پولی و مالی، توجه بسیاری از اقتصاددانان، سیاست‌گذاران و محققان را جلب کرده‌است. این ارزها که توسط بانک‌های مرکزی صادر می‌شوند، پتانسیل قابل توجهی برای تحول در نظام‌های مالی، تسهیل تراکنش‌ها و افزایش دسترسی مالی دارند. با این وجود، شناسایی و بررسی چالش‌های مرتبط با طراحی، پیاده‌سازی و پذیرش این دسته از رمزارزها از اهمیت بالایی برخوردار است. پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که این چالش‌ها شامل مسائل فنی، قانونی، اقتصادی، اجتماعی و امنیتی هستند که می‌توانند بر کارایی و اعتماد عمومی نسبت به CBDCها تأثیرگذار باشند.

در حوزه شناسایی چالش‌های رمزارزهای ملی، مطالعات متعددی صورت گرفته است. به عنوان مثال، ژانگ رشد سریع فناوری بلاک‌چین را بررسی کرده و رویکردهای فنی کلیدی و اقدامات متقابل برای رمزارزهای بانک مرکزی را پیشنهاد می‌کند. این اقدامات شامل بهبود مکانیزم‌های مدیریت، تدوین استانداردها و مقررات مربوط به رمزارز، تقویت همکاری‌های بین‌المللی و نوآوری‌های پیشرو در روش‌های نظارتی برای مواجهه با چالش‌های آینده می‌باشد. تمرکز بر توانمندسازی فناوری، برنامه‌ریزی برای حمایت از حقوق و منافع مصرف‌کنندگان مالی تحت مدل‌های تجاری جدید، تقویت حاکمیت داده‌ها، ایجاد مکانیزم‌های مرتبط با داده‌های معاملاتی و حفاظت از حریم خصوصی نیز از دیگر محورهای پیشنهادی است (Zhang, 2020).

گزارش G30 تحت عنوان "رمزارز و استیبل‌کوین‌ها: ریسک‌ها، فرصت‌ها و چالش‌های پیشرو" توجه مقامات مالی را به فرصت‌ها و چالش‌های ناشی از اشکال جدید رمزارز، از جمله استیبل‌کوین‌های خصوصی و رمزارزهای بانک مرکزی جلب کرده است. هدف این گزارش، بررسی ریسک‌ها و مسائلی است که باید در مقررات مربوط به استیبل‌کوین‌های بخش خصوصی مورد توجه قرار گیرند (Rajan & Rogoff, 2020). لی نمای کلی جامع از مطالعات انجام‌شده برای شناسایی موانع و چالش‌ها در این زمینه با استفاده از رویکردهای کمی و کیفی ارائه می‌دهد و نکات کلیدی در طراحی رمزارز را برای ایجاد تعادل میان مزایا و خطرات را برجسته ساخته و بهترین شیوه‌ها در طراحی ارز را از دیدگاه جهانی معرفی می‌کند (Lee & Yan, 2021). بانک انگلستان نیز فرصت‌ها و چالش‌هایی نظیر حفاظت از داده‌ها، حریم خصوصی و دیگر جنبه‌های مهم را ارائه کرده است (Bank of England, 2020). در نهایت، فری سیریف‌الدین از تحلیل فراسوات برای ارزیابی

قوت‌ها و ضعف‌های داخلی و همچنین خارجی استفاده می‌کند (Syarifuddin, 2023). خلاصه مطالعات پیشین و نتایج حاصله در جدول شماره یک ارائه شده است.
جدول شماره ۱: عناوین و نتایج مطالعات پیشین

| سال | نتیجه پژوهش | نویسنده | عنوان مقاله |
|------|--|--|--|
| ۲۰۲۱ | لزوم اتخاذ استراتژی‌های متناسب با نیازهای محلی اهمیت همکاری بین‌نهادی نیاز به مشارکت فعال بخش خصوصی | Babu S, Abraham K | رمزارزبانک مرکزی: دیدگاه‌های سیاستی و عملیاتی برای هند |
| ۲۰۲۰ | نیاز به تحلیل عمیق نیازهای اقتصادی تأثیر طراحی بر اعتماد عمومی و پذیرش کاربر در نظر گرفتن الزامات فناوری موجود | Allen S, Capkun S | سری مقالات کاری انتخاب‌های NBER طراحی برای رمزارزبانک مرکزی ملاحظات سیاستی و فنی |
| ۲۰۲۲ | امکان کاهش انحصار بانک‌های تجاری تغییر در الگوهای تسویه حساب‌ها تشویق به رقابت بین بانک‌ها و نهادهای مالی | Steve Browning and Jamie Evans | رمزارزبانک مرکزی |
| ۲۰۲۰ | مسائل حریم خصوصی به عنوان چالش اصلی فرصت‌های جدید برای دسترسی مالی نیاز به آموزش عمومی درباره مزایا | Bank of England | فرصت‌ها، چالش‌ها و طراحی رمزارزبانک مرکزی |
| ۲۰۲۱ | امکان بهبود فرایندهای مالی در جوامع کوچک افزایش دسترسی به خدمات بانکی پتانسیل در جذب سرمایه‌گذاری‌های خارجی | Didenko A, Buckley R, & Partners | رمزارزبانک مرکزی: یک پاسخ احتمالی به چالش‌های مالی‌سازی در اقیانوسیه |
| ۲۰۲۱ | تفاوت‌های قابل توجه در رویکرد کشورهای مختلف نیاز به هماهنگی بین‌المللی برای استانداردسازی بررسی تجربیات موفق کشورهای پیشرفته | David Kuo Chuen Lee, Li Yan | یک دیدگاه جهانی درباره رمزارزبانک مرکزی |
| ۲۰۲۰ | نیاز به زیرساخت‌های تکنولوژیکی مناسب موانع قانونی و نظارتی نداشتن الگوهای موفق در کشورهای در حال توسعه | Zahra Ferdousi, Marjan Bahrul Uloom | ارزیابی چالش‌های رمزارز بومی |
| ۲۰۲۲ | تعارضات بین مقامات نظارتی ضرورت بازنگری قوانین مالی | Jay Cullen | از نظر اقتصادی ناکارآمد و از نظر قانونی غیرقابل |

| | | | |
|------|--|---|--|
| | توجیه: محدودیت‌های قانونی بر معرفی رمزارزبانک مرکزی در اتحادیه اروپا | | عدم وجود هماهنگی بین کشورهای عضو |
| ۲۰۲۰ | چالش‌ها و فرصت‌ها در کاربرد رمزارزبانک مرکزی چین در سیستم پرداخت و تسویه حساب | Zhe Xu , Chang Tang | موفقیت در جذب کاربران جدید جلوگیری از خروج پول و تقویت معاملات داخلی ارتقای امنیت تراکنش‌ها |
| ۲۰۲۲ | رمزارزبانک مرکزی: یک راهنمای عملی برای بانک‌های مرکزی عربی | Arab Regional Fintech Working Group | ضرورت همکاری با بخش خصوصی برای توسعه نیاز به ایجاد چارچوب‌های قانونی توجه به تجارب موفق سایر کشورها |
| ۲۰۱۹ | عرضه اولیه سکه‌ها برای تأمین مالی (ICO) SME | OECDGreg Medcraft | افزایش دسترسی به منابع مالی ریسک‌های مرتبط با نوسانات قیمت نیاز به شفافیت در فرایندهای تأمین مالی |
| ۲۰۲۰ | رمزارز و استیبل کوین‌ها: ریسک‌ها، فرصت‌ها و چالش‌های پیش رو | Group of Thirty G30 | نیاز به نظارت برای جلوگیری از سوءاستفاده‌ها امکان استفاده از استیبل کوین‌ها برای ثبات مالی ایجاد رقابت بین استیبل کوین‌ها و CBDCها |
| ۲۰۲۰ | فرصت‌ها، چالش‌ها و راهکارهای ترویج رمزارزبانک مرکزی | Xidi Zhang | موانع فرهنگی و اجتماعی نیاز به آموزش و اطلاع‌رسانی نگرانی از ناپایداری در تکنولوژی‌های جدید |
| ۲۰۲۲ | ملاحظات سیاستی برای رمزارزبانک مرکزی | VisaEconomic Empowerment | ضرورت تعریف چارچوب سیاستی مشخص اهمیت تنظیم قوانین حمایتی نیاز به بررسی تأثیرات اجتماعی و اقتصادی |
| ۲۰۲۱ | حریم خصوصی و پرداخت‌های اضطراری در یک پاندمی: حریم خصوصی و رمزارزبانک مرکزی قانون، فناوری و انسان‌ها | Rennie E, Steele S | نیاز به مکانیزم‌های حریم خصوصی قوی خطرات از دست رفتن حریم خصوصی کاربران لزوم ارزیابی تأثیرات حریم خصوصی در کسب و کارها |
| ۲۰۲۱ | چگونگی انتشار رمزارزبانک مرکزی با حفظ حریم خصوصی | Christian Grothoff, Thomas Moser | توازن بین حریم خصوصی و نظارت باید حفظ شود استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای حفظ داده‌ها ایجاد چارچوب‌های قانونی حمایت از حریم خصوصی |
| ۲۰۲۰ | امنیت رمزارزبانک مرکزی | Minwalla | تأکید بر الزامات امنیتی و حریم خصوصی در |

| | طراحی | بانک کانادا |
|------|---|--|
| ۲۰۲۲ | تحلیل نقش زیرساخت‌های امنیتی در حفظ تأکید بر اهمیت طراحی مؤلفه‌های CBDC | رمزارزبانک مرکزی: دستور کار برای تحقیقات آینده |
| ۲۰۲۲ | تحلیل چالش‌های فناوری، قانونی و اجتماعی راه‌اندازی لئو شناسایی فرصت‌ها برای جذب بانک‌ها و نهادهای مالی بررسی تأثیرات کندی پذیرش CBDC در بین کاربران | چالش‌های لئو دیجیتال و زمینه ممکن برای پیاده‌سازی |
| ۲۰۲۲ | بررسی تفاوت‌ها در طراحی و پیاده‌سازی CBDC در هر دو کشور شناسایی بهترین شیوه‌ها برای کشورهای در حال توسعه | مقایسه‌ای از چارچوب‌های طراحی رمزارز بانک‌های مرکزی غنا و نیجریه |
| ۲۰۲۲ | تحلیل مزایا و معایب استفاده از ارائه طرح‌هایی برای حفاظت از حریم خصوصی در طراحی CBDC | رمزارزبانک مرکزی خرده‌فروشی، بی‌واسطگی و حریم خصوصی مالی |
| ۲۰۲۳ | ارائه الگوی طراحی بهینه برای کشورهای در حال توسعه تأکید بر اهمیت انطباق با زیرساخت‌های مالی موجود. شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های اقتصادهای در حال ظهور | طراحی بهینه رمزارز بانک برای اقتصادهای مرکزی در حال ظهور |
| ۲۰۲۱ | شناسایی ریسک‌های قانونی مرتبط با معرفی CBDC بررسی نگرانی‌های عمومی در مورد حریم خصوصی و کنترل داده‌ها | تحقیق در مورد ریسک‌های قانونی رمزارز قانونی |
| ۲۰۲۲ | تحلیل مفاهیم و مزایای CBDC در زمینه اقتصادی و مالی بررسی خطرات مرتبط با طراحی و پیاده‌سازی CBDC. ارزیابی پیامدهای اجتماعی و اقتصادی ناشی از استفاده | مفاهیم، مزایا، CBDC: خطرات، طراحی و پیامدها |
| ۲۰۲۱ | شناسایی فرصت‌ها برای توسعه مالی و اقتصادی در نتیجه پیاده‌سازی بررسی خطرات مربوط به امنیت، قانون‌گذاری و پذیرش عمومی پیشنهادات برای سیاست‌گذاران در راستای مدیریت چالش‌ها | رمزارز بانک مرکزی در نیجریه: فرصت‌ها و خطرات |
| ۲۰۲۰ | شناسایی عوامل کلیدی تأثیرگذار بر پذیرش و استفاده | انتخاب‌های طراحی برای رمزارز بانک مرکزی: |

| ملاحظات سیاسی و فنی | Çapkun Ittay Eyal Zhang | بررسی تعامل بین ذینفعان مختلف و تأثیر آن بر طراحی |
|---|--|--|
| با این حال، تحقیقات کمی در مورد اولویت‌بندی چالش‌های مهم رمزارزهای ملی با استفاده از روش‌های ترکیبی انجام شده است. این مطالعه به دنبال ارائه یک رویکرد جدید ترکیبی بر اساس روش‌های WASPAS و SWARA.FMEA در شرایط فازی است. در این راستا، بر شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی چالش‌های رمزارزهای ملی با استفاده از روش‌شناسی مذکور تمرکز می‌کند. در زمینه‌ی پیاده‌سازی رمزارزهای ملی چالش‌های زیادی وجود دارد، دسته‌بندی چالش‌ها به همراه منابع استفاده شده در جدول شماره ۲ آورده شده است | | |
| جدول شماره ۲: چالش‌های رمزارزهای ملی و منبع هر چالش | | |
| چالش‌های رمزارزهای ملی | منابع | |
| عدم پیاده‌سازی زیرساخت شبکه بلاک‌چین و پروتکل‌های دولایه | (Didenko et al., 2021), (Lee et al., 2021), (Syarifuddin, n.d.), (BUJJI BABUI & KOTESWARA, 2021) | |
| عدم وجود اکوسیستم مورد پذیرش عموم جامعه | (Didenko et al., 2021), (Bahrolulom & Ferdousi, 2021), (Visa, 2022), (Ozili, 2021), (BUJJI BABUI & KOTESWARA RAO, 2021) | |
| چالش مدیریت متمرکز در بستر تکنولوژی غیرمتمرکز | (Lee et al., 2021), (Bouchaud et al., 2020), (Zhang, 2021) | |
| عدم وجود پشتوانه مالی مناسب برای استیبل کوین | (Bahrolulom & Ferdousi, 2021) | |
| چالش لیستینگ رمزارز در صرافی‌های معتبر دنیا | (Meyer & Ante, 2020) | |
| چالش فقهی و حقوقی | (Bahrolulom & Ferdousi, 2021) | |
| چالش انتخاب فیات‌های بین‌المللی رایج برای تبادل رمزارز | (Bahrolulom & Ferdousi, 2021), (Bohn, 2022) | |
| چالش عدم ثبات ارز در کشور | (Didar, 1399) | |
| چالش اقتصادی و خطر پول‌شویی | (Lee et al., 2021), (Cullen, 2022) | |
| چالش فناوری‌های لبه تکنولوژی | (Didenko et al., 2021), (Lee et al., 2021), (Xu & Tang, 2021), (Elsayed & Nasir, 2022) | |
| چالش حفاظت اطلاعات و حریم خصوصی | (Elsayed & Nasir, 2022), (Cullen, 2022), (Zhang, 2020), (Rennie & Steele, 2021), (Grothoff & Moser, 2021), (Minwalla, 2020), (Ward & Partners, n.d.), (H & Fekri, n.d.), (Syarifuddin, n.d.), (Mu & Mu, n.d.), (Ozili, 2021), (BUJJI BABUI & KOTESWARA RAO, 2021), (Bank of England, 2020) | |
| چالش تهدیدات و حملات سایبری | (Bahrolulom & Ferdousi, 2021), (Cullen, | |

2022),(Saleh, 2022), (Mu & Mu, n.d.), (Cunha & Melo, 2021),(Visa, 2022),(Minwalla, 2020), (BUJJI BABU1 & KOTESWARA RAO, 2021),(shami, n.d.), (Syarifuddin, n.d.), (Ozili, 2021)

چالش عدم وجود قوانین و مقررات تدوین شده

(shami, n.d.)

در سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی

(ZAR, 1400)

نبود سکوی فناوری چابک و منعطف برای عرضه انواع توکن‌ها

(ZAR, 1400)

چالش نقدشوندگی سریع دارایی‌های منجمد

(Fajri & Yamin, 2019; Jonathan & Partners, n.d.)

محدودیت‌های قانونی در پذیرش سایر رزمزراه‌ها

(ZAR, 1400)

چالش عدم حفظ ارزش سرمایه‌های خرد

(Fajri & Yamin, 2019),(OECD Directorate for Financial and Enterprise Affairs, 2019)

چالش حفاظت از داده‌ها و حریم خصوصی

(OECD Directorate for Financial and Enterprise Affairs, 2019)

چالش تهدیدات و حملات سایبری

(TIAN et al., 2019)

چالش فنی در توکن‌سازی

۳ روش شناسایی پژوهش

این تحقیق از روش تحلیلی-توصیفی برای شناسایی و اولویت‌بندی چالش‌ها استفاده کرده است. در این راستا، براساس ادبیات موضوع و با کمک یک گروه از کارشناسان، فهرست کاملی از چالش‌های ارزش‌های دیجیتال ملی تهیه شده است. در مرحله بعد، معیارهای ارزیابی با استفاده از روش FMEA و به‌دست آوردن مقادیر فازی برای احتمال وقوع ریسک (O)، شدت وقوع (S) و توانایی شناسایی (D) بر اساس نظرات کارشناسان محاسبه شده است. ارزیابی نهایی نیز با استفاده از روش FSWARA برای محاسبه وزن‌ها و WASPAS برای اولویت‌بندی چالش‌ها انجام گردیده است. این مراحل در شکل ۱ نشان داده شده و سپس به تفصیل توضیح داده شده است.

استخراج و تهیه لیست کاملی چالش‌های موجود در رزمزراه‌های ملی با استفاده از ادبیات موضوع و کمک گرفتن از گروهی از متخصصان



سه شاخص احتمال وقوع و بدست آوردن مقادیر فازی FMEA مشخص کردن معیارهای ارزیابی به کمک روش متداول با استفاده از نظر متخصصان (D) و قابلیت تشخیص (S)، شدت وقوع (O) ریسک



استخراج و تهیه لیست کاملی چالش‌های موجود در رزمزراه‌های ملی با استفاده از ادبیات موضوع و کمک گرفتن از گروهی از متخصصان

شکل ۱- شرح مراحل پژوهش

FMEA در زمره تکنیک‌های ارزیابی مؤثر ریسک می‌باشد و این روش به شناسایی

ریسک‌های احتمالی و تعیین علل و تأثیرات مرتبط با آن در رویدادهای مختلف می‌پردازد. همچنین این روش می‌تواند به عنوان یک ابزار مفید برای شناسایی و حذف خطاها، مشکلات و اشتباهات شناخته شده یا بالقوه در طراحی، فرآیند، خدمات و حتی کل سیستم استفاده شود. روش FMEA پیشنهاد می‌کند سه شاخص احتمال وقوع ریسک^۱ (O) شدت پیامد^۲ (S) و قابلیت تشخیص^۳ (D) در یکدیگر ضرب شوند تا عدد اولویت ریسک تشخیص^۴ (RPN) به دست آید که به دلیل در نظر گرفتن سه شاخص معرفی شده از دقت و درستی بیشتری نسبت به سایر مدل‌های کلاسیک ارزیابی برخوردار می‌باشد (Ghoushchi et al., 2019). علی‌رغم مزایا و کاربردهای گسترده روش متداول FMEA، دارای نقض‌های عمده‌ای بوده که کاربرد این روش را به خصوص زمانی که این روش به منظور تحلیل بحرانیت در محاسبه RPN استفاده شود، محدود می‌کند (Omidvar & Nirumand, 2017). به منظور حل محدودیت‌های فوق‌الذکر، محققان بسیاری از رویکردهای متعددی برای بهبود اثربخشی روش FMEA ارائه کرده‌اند. در این راستا، طی بررسی‌های صورت گرفته رویکردهای متعدد به منظور بهبود اثربخشی روش متداول FMEA به پنج گروه روش‌های MCDM، برنامه‌ریزی ریاضی، هوش مصنوعی، رویکردهای ترکیبی و سایر موارد طبقه‌بندی شده‌اند (Liu et al., 2019). در میان گروه‌های معرفی شده ترکیب روش‌های

¹ Occurrence probability

² Outcomes severity

³ Detection capability

⁴ Risk Priority Number (RPN)

تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) با تکنیک کلاسیک FMEA یکی از دسته‌بندی‌هایی است که اغلب مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این ترکیب باعث می‌شود تا اهمیت شاخص‌های ارزیابی در نظر گرفته شود، برخی از کاستی‌های عدد اولویت ریسک (RPN) رایج جبران شود، دقت نتایج اولویت‌بندی افزایش یابد و گزینه بهینه انتخاب شود (Fattahi, 2018; Tian et al., 2018). در روش FMEA، اهمیت همه شاخص‌های ارزیابی یکسان نمی‌باشد و بدست آوردن اطلاعات دقیق وزن در شرایط تصمیم‌گیری عملی دشوار است. بنابراین، تعیین وزن‌های مختلف برای هر یک از اعضای تیم با توجه به عوامل ریسک مختلف، طبیعی و معقول است. همچنین، اولویت‌بندی حالت‌های مختلف ریسک و انتخاب گزینه بهینه برای تصمیم‌گیرندگان براساس اهمیت شاخص‌های تصمیم‌گیری ضروری است (Karamoozian & Wu, 2020). بر اساس این واقعیت، استفاده از مدلی که دقت بالایی در تصمیم‌گیری دارد، از اهمیت زیادی برخوردار است. در این مقاله، ابتدا به شناسایی شاخص‌ها و گزینه‌های ارزیابی پرداخته و سپس تیم ارزیابی مشخص و تشکیل می‌گردد. با متد ¹SWARA وزن‌دهی شاخص‌های ارزیابی مشخص و در نهایت، با به‌کارگیری تکنیک ²WASPAS به اولویت‌بندی گزینه‌های ارزیابی پرداخته می‌شود. اولویت‌بندی روش معرفی شده بر مبنای دو مدل ترکیبی بهینه WPS و WSM می‌باشد که منجر به افزایش دقت تصمیم‌گیری شده و با یکپارچه‌سازی مقدار عملکرد یکپارچه WASPAS برای هر گزینه منجر به صحت اولویت‌بندی و افزایش اثربخشی روش مورد استفاده می‌گردد. در ادامه، تعاریف و اصول روش‌های WASPAS و SWARA تحت شرایط فازی به تفصیل ارائه شده است.

در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری، وزن‌دهی به شاخص‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراحل در نظر گرفته شده است. روش FSWARA یکی از روش‌های نوین در ارزیابی و اهمیت سنجی اوزان است که در آن متخصصان نقش مهمی دارند. روش موردنظر، به مهم‌ترین شاخص رتبه نخست و به کم‌اهمیت‌ترین شاخص، آخرین رتبه را اختصاص می‌دهد. در نهایت، مقدار متوسط رتبه‌های اختصاص داده‌شده توسط متخصصان به هر شاخص، رتبه‌بندی و اهمیت هر شاخص را مشخص می‌کند. روش FSWARA در مواردی که اولویت‌بندی شاخص‌های تصمیم‌گیری مشخص است، می‌تواند مفید واقع شود. الگوریتم این تکنیک همانند روش SWARA است منتها با این تفاوت که در محیط فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با پیاده‌سازی این روش در محیط فازی، ابهامات

¹ Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA)

² Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS)

موجود در کلام پاسخ دهندگان حذف می‌شود و نتایج دقیق‌تر خواهند شد. گام‌های روش SWARA فازی در ادامه آورده شده است (Goh & Zarbakhshnia, 2017):

مرحله ۱- مرتب‌کردن شاخص‌های ارزیابی: شاخص‌های ارزیابی را به ترتیب نزولی براساس نظرات قابل توجه انتظارات خبرگان مرتب می‌گردد.

مرحله ۲- تعیین اهمیت نسبی هر شاخص (Sj): به‌منظور تعیین اهمیت نسبی هر شاخص (Sj) باید شاخص (j) با شاخص قبلی خود یعنی (j-1) با استفاده از متغیرهای زبانی جدول ۳، مقایسه شود. سپس بعد از جمع‌آوری مقادیر Sj از همه تصمیم‌گیرندگان، اهمیت نسبی یکپارچه (Sj) با استفاده از میانگین حسابی به دست می‌آید. استفاده از اعداد فازی مثلثی در روش اف سوارا برای ارزیابی اهمیت شاخص‌ها به دلیل قابلیت مدل‌سازی عدم قطعیت و رفتار ذهنی کارشناسان اهمیت دارد. این نوع اعداد به سادگی محاسبات را تسهیل کرده و انعطاف‌پذیری لازم برای واکنش به نظرات مختلف را فراهم می‌کنند. همچنین، قابلیت تفسیر آسان و واضح آنها موجب می‌شود که تصمیم‌گیرندگان به راحتی ارزیابی‌های خود را انجام دهند و نتایج را به شیوه‌ای قابل فهم برای افراد غیرتخصصی ارائه دهند. به طور کلی، اعداد فازی مثلثی با ترکیب مزایای نظری و عملی، به بهبود دقت و کارآمدی ارزیابی شاخص‌ها در فرایندهای تصمیم‌گیری کمک می‌کنند.

جدول ۳: عبارات زبانی و اعداد SWARA فازی

| کد | عبارات زبانی | اعداد فازی مثلثی |
|----|------------------|---------------------|
| ۵ | برابر مهم‌تر | (۱, ۱, ۱) |
| ۴ | نسبتاً کم مهم‌تر | (۰.۶۷, ۱, ۱.۵) |
| ۳ | کمی مهم‌تر | (۰.۴, ۰.۵, ۰.۶۷) |
| ۲ | خیلی کم مهم‌تر | (۰.۲۸۶, ۰.۳۳, ۰.۴) |
| ۱ | بسیار کم مهم‌تر | (۰.۲۲, ۰.۲۵, ۰.۲۸۶) |

مرحله ۳- محاسبه ضریب اهمیت نسبی: \bar{K}_j ضریب اهمیت نسبی J برای هر معیار با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$\bar{K}_j = \begin{cases} \bar{I}_j = 1 \\ \bar{S}_j + \bar{I}_j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

مرحله ۴- محاسبه وزن فازی اولیه (\tilde{q}_j) هر شاخص: وزن اولیه شاخص‌های تصمیم‌گیری از طریق رابطه ۲ قابل محاسبه است.

$$\tilde{q}_j = \begin{cases} \tilde{1} & j = 1 \\ \frac{\tilde{x}_{j-1}}{\tilde{k}_j} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

مرحله ۵- محاسبه وزن نسبی: وزن نسبی شاخص‌ها از طریق رابطه ۳ محاسبه می‌گردد.

$$\tilde{w}_j = \frac{\tilde{q}_j}{\sum_{k=1}^n \tilde{q}_k} \quad (3)$$

مرحله ۶- خروجی این گام وزن‌های نسبی فازی به صورت (w_j^l, w_j^m, w_j^u) هستند. که برای تبدیل این وزن‌ها به اعداد قطعی از رابطه ۴ استفاده می‌شود.

$$W_{\text{crisp}} = \frac{(w_j^m - w_j^l) + (w_j^u - w_j^l)}{3} + w_j^l \quad (4)$$

روش FWASPAS یکی از تکنیک‌های دقیق تصمیم‌گیری است که توسط زاواداسکاس و همکاران (۲۰۱۴) معرفی و به‌عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره دقیق شناخته شده است. روش معرفی شده بر اساس ترکیب دو مدل (WSM مدل مجموع وزنی) و WPM (مدل ضرب وزنی) به‌دست‌آمده که می‌تواند در حل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری کارایی بالایی داشته باشد و همچنین نتایج حاصل از این مدل ترکیبی، از دقت بالایی نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری برخوردار است. این روش دارای توانایی منحصر به فرد در مسائل بهینه‌سازی تکی و چندگانه است که شامل ریاضیات ساده و صحیح بوده و در دنیای واقعی کاربرد داشته و به طور موفقیت‌آمیز در مورد مسائل تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rani et al., 2020). همچنین در این پژوهش از عبارات کلامی و اعداد فازی مندرج در جدول ۴ استفاده شده است. جدول ۴: عبارات کلامی و اعداد فازی درج بندی شدت، احتمال وقوع و احتمال کشف

| شدت اثر | احتمال وقوع | قابلیت کشف | عدد فازی |
|-------------------|----------------|------------|-------------|
| خطرناک بدون هشدار | خیلی زیاد | مطلقاً هیچ | (۹, ۱۰, ۱۰) |
| خطرناک با هشدار | غیرقابل اجتناب | خیلی ناچیز | (۸, ۹, ۱۰) |
| خیلی زیاد | زیاد | ناچیز | (۷, ۸, ۹) |

| | | | |
|-----------|--------------|----------------|------------|
| (۶, ۷, ۸) | خیلی کم | مشکلات پی‌درپی | زیاد |
| (۵, ۶, ۷) | کم | متوسط | متوسط |
| (۴, ۵, ۶) | متوسط | گاه‌وبیگاه | کم |
| (۳, ۴, ۵) | نسبتاً زیاد | کم | خیلی کم |
| (۲, ۳, ۴) | زیاد | نسبتاً کم | اثرات جزئی |
| (۱, ۲, ۳) | خیلی زیاد | بعید | خیلی جزئی |
| (۰, ۱, ۲) | تقریباً حتمی | احتمال ندارد | هیچ |

مراحل روش WASPAS فازی به شرح ذیل می باشد:

مرحله ۱- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی: اولین گام در FWASPAS تشکیل ماتریس تصمیم / ارزیابی به شرح زیر است:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{01} & \dots & \tilde{x}_{0j} & \dots & \tilde{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mj} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}, \quad i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}$$

مختلف فازی جدول ۳ نمره گذاری می‌شود. $\bar{X} = [\bar{x}_{ij}]_{m \times n}$ یک ماتریس تصمیم فازی است که در آن X_{ij} عملکرد گزینه i ام نسبت به شاخص j ام است. همچنین، m تعداد گزینه‌های در نظر گرفته شده را نشان می‌دهد و n تعداد شاخص‌های انتخاب شده را مشخص می‌کند. سپس، ماتریس تصمیم فازی بر اساس طیف‌های مختلف فازی جدول ۳ نمره گذاری می‌شود.

مرحله ۲- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم فازی: ماتریس تصمیم‌گیری فازی از طریق دو معادله زیر نرمال می‌شود:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\max_i \tilde{x}_{ij}} \text{ for beneficial criteria} \quad (۶)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\min_i \tilde{x}_{ij}}{\tilde{x}_{ij}} \text{ for non - beneficial criteria} \quad (۷)$$

مرحله ۳- محاسبه مقدار تابع بهینگی بر اساس WSM برای هر گزینه: نخستین معیار بهینگی گزینه‌ها روش جمع وزن دار است. برای این کار وزن هر معیار باید در عناصر ستون خود در ماتریس نرمال ضرب شود. که در این رابطه w_j وزن مرتبط با معیار j ام است.

$$Q_i = \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} \tilde{w}_j \quad (۸)$$

مرحله ۴- محاسبه مقدار تابع بهینگی بر اساس WPM برای هر گزینه: دومین معیار بهینگی گزینه‌ها روش ضرب وزن دار است. برای این کار باید تمامی درایه‌های ماتریس تصمیم به توان وزن معیار مربوطه رسانده شود.

$$P_i = \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (9)$$

مرحله ۵- نتایج بدست آمده از مرحله ۸ و ۹ با استفاده از رابطه زیر دیفازی می‌شوند.

$$Q_i = \frac{1}{3}(Q_{i\alpha}, Q_{i\beta}, Q_{i\gamma}) \quad (10)$$

$$P_i = \frac{1}{3}(P_{i\alpha}, P_{i\beta}, P_{i\gamma}) \quad (11)$$

مرحله ۶- یکپارچه‌سازی مقدار عملکرد یکپارچه FWASPAS برای هر گزینه: مقدار عملکرد یکپارچه تکنیک FWASPAS برای هر گزینه را می‌وان به شرح زیر محاسبه و تعریف کرد:

$$ki = 0.5Qi + 0.5, 0 \leq ki \leq 1$$

گزینه‌ها بر مبنای مقادیر ki رتبه‌بندی می‌شوند. به منظور افزایش دقت و اثربخشی روش تصمیم‌گیری در رتبه‌بندی می‌توان از معادله کلی تصمیم یافته برای ارزیابی اهمیت نسبی کل استفاده کرد. یک معیار کلی برای ادغام روش مجموع وزنی (WSM) و محصول وزنی (WPM) به صورت زیر خواهد بود.

$$K_i = \lambda Q_i + (1 - \lambda) P_i = \lambda \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} w_j + (1 - \lambda) \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (13)$$

بر اساس مقادیر مختلف λ شاخص Q_i مقادیر مختلف اختیار می‌کند. اگر $\lambda = 0$ شود مدل واسپاس تبدیل به مدل WPM می‌شود و اگر $\lambda = 1$ شود مدل واسپاس به مدل WSM تبدیل می‌شود. برای مسائل تصمیم‌گیری مقدار بهینه λ از رابطه زیر محاسبه می‌شود. λ ضریب دقت تصمیم‌گیری است و به منظور افزایش دقت در فرآیند تصمیم‌گیری در FWASPAS توسعه یافته است. مقدار بهینه آن از رابطه زیر بدست می‌آید، در نهایت گزینه‌ها بر مبنای بالاترین مقدار K_i^λ اولویت‌بندی می‌شوند.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{\sum_{i=1}^m P_i + \sum_{i=1}^m Q_i} \quad (14)$$

نتایج پیاده سازی روش پیشنهادی:

در این بخش با استفاده از روش سوارا به تعیین وزن و اهمیت سه معیار شدت وقوع (S)، احتمال وقوع (O) و احتمال

تشخیص (D) براساس نظرات بخش رمزارز بانک مرکزی پرداخته می‌شود.

مرحله اول: مرتب کردن شاخص‌ها بر اساس اهمیت: اولین گام در این روش این است که شاخص‌ها بر اساس درجه اهمیتشان به صورت نزولی مرتب شوند (از زیاد به کم).

مرحله دوم: مقایسه معیارها: در این بخش باید اهمیت نسبی هر معیار را با معیار 1-j بر اساس طیف ۱ تا ۵ (طیف سوارا فازی) بیان کرد که به صورت کدبندی در جدول ۵ آورده شده است.

سپس براساس طیف فازی به عدد فازی تبدیل می‌شود که در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۵ مقایسه هر معیار با معیار قبل از خود بر اساس طیف ۱ تا ۵ سوارا فازی به صورت کد (رمزارز بانک مرکزی)

| معیار | خبره ۱ | خبره ۲ | خبره ۳ | خبره ۴ | خبره ۵ |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| شدت وقوع (S) | - | - | - | - | - |
| احتمال وقوع (O) | ۱ | ۵ | ۱ | ۱ | ۵ |
| احتمال تشخیص (D) | ۳ | ۲ | ۱ | ۵ | ۵ |

جدول ۶ مقایسه هر معیار با معیار قبل از خود بر اساس طیف ۱ تا ۵ سوارا فازی به صورت عدد فازی (رمزارز بانک مرکزی)

| معیار | خبره ۱ | خبره ۲ | خبره ۳ | خبره ۴ | خبره ۵ |
|--------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| شدت وقوع | - | - | - | - | - |
| احتمال وقوع | (۰.۲۲, ۰.۲۵, ۰.۲۸۶) | (۱, ۱, ۱) | (۰.۲۲, ۰.۲۵, ۰.۲۸۶) | (۰.۲۲, ۰.۲۵, ۰.۲۸۶) | (۱, ۱, ۱) |
| احتمال تشخیص | (۰.۴, ۰.۵, ۰.۶۷) | (۰.۲۸۶, ۰.۳۳, ۰.۴) | (۰.۲۲, ۰.۲۵, ۰.۲۸۶) | (۱, ۱, ۱) | (۱, ۱, ۱) |

مرحله سوم: محاسبه مقدار S_j معیارها

در این گام از مقادیر فازی که ۵ خبره براساس جدول ۶ به هر معیار داده‌اند میانگین حسابی گرفته می‌شود تا مقدار S_j نهایی حاصل شود که در جدول ۷ آورده شده است. در واقع این مقدار S_j بیانگر اهمیت فازی هر معیار نسبت به معیار قبل خود می‌باشد.

جدول ۷ مقادیر S_j معیارهای ریسک (رمزارز بانک مرکزی)

| معیار | مقادیر S _j |
|-------|-----------------------|
|-------|-----------------------|

| | |
|-----------------------|--------------|
| - | شدت وقوع |
| (۰.۱۷۲, ۰.۱۵, ۰.۱۳۲) | احتمال وقوع |
| (۰.۲۷۱, ۰.۲۱۶, ۰.۱۸۱) | احتمال تشخیص |

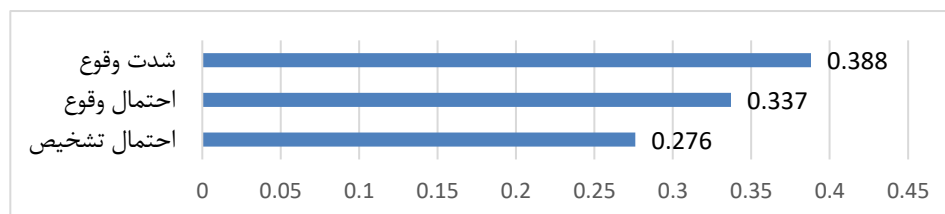
براساس نتایج وزن‌دهی مشخص شد که شاخص شدت ریسک نسبت شاخص‌های احتمال ریسک و احتمال تشخیص ریسک از اولویت بالاتری برخوردار است که نشان دهنده اهمیت این مسئله برای خبرگان است.

مرحله چهارم: محاسبه وزن معیارها: در گام بعد با استفاده از روابط ۱، ۲ و ۳ به محاسبه وزن معیارها براساس نظرات هر خبره می‌پردازیم نتایج در جدول ۸ آورده شده است. ستون W_j وزن معیارها می‌باشد.

جدول ۸ محاسبه وزن معیارهای چالش‌های رمزارز بانک مرکزی

| معيار | S_j | K_j | Q_j | w_j فازی | w_j غیرفازی |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| شدت وقوع | - | (۱,۱,۱) | (۱,۱,۱) | (۰.۳۸, ۰.۳۸۷, ۰.۳۹۶) | ۰.۳۸۸ |
| احتمال وقوع | (۰.۱۷۲, ۰.۱۵, ۰.۱۳۲) | (۱.۱۷۲, ۱.۱۵, ۱.۱۳۲) | (۰.۸۵۴, ۰.۸۷, ۰.۸۸۳) | (۰.۳۲۴, ۰.۳۳۶, ۰.۳۵۰) | ۰.۳۳۷ |
| احتمال تشخیص | (۰.۲۷۱, ۰.۲۱۶, ۰.۱۸۱) | (۱.۲۷۱, ۱.۲۱۶, ۱.۱۸۱) | (۰.۶۷۱, ۰.۷۱۵, ۰.۷۴۸) | (۰.۲۵۵, ۰.۲۷۷, ۰.۲۹۶) | ۰.۲۷۶ |

باتوجه به جدول ۸، از نظر رمزارز بانک مرکزی معیار شدت وقوع با وزن ۰.۳۸۸ رتبه اول را کسب کرده است. معیار احتمال وقوع با وزن ۰.۳۳۷ و احتمال تشخیص با وزن ۰.۲۷۶ به ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را کسب کرده‌اند. همانگونه که قبلاً هم ذکر شد برای محاسبه وزن معیارها از فرمول شماره ۳ بهره گرفته شده است.



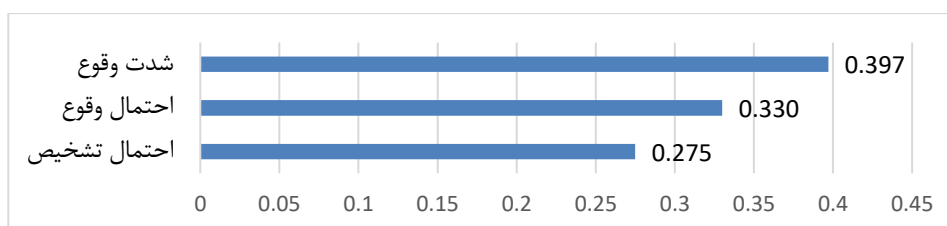
شکل ۲ وزن و اولویت معیارها از نظر چالش‌های رمزارز بانک مرکزی

جدول ۹ محاسبه وزن معیارها از نظر چالش‌های رمزارز بخش خصوصی

| معيار | S_j | K_j | Q_j | w_j فازی | w_j |
|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
|-------|-------|-------|-------|------------|-------|

| | | | | | |
|--------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--|
| غیرفازی | | | | | |
| شدت وقوع | (۰.۳۹۷) | (۱،۱،۱) | (۱،۱،۱) | - | |
| احتمال وقوع | (۰.۳۱،۰.۳۳،۰.۳۴۹) | (۰.۸۰۱،۰.۸۳۳،۰.۸۵۶) | (۱.۱۶۸،۱.۲،۱.۲۴۹) | (۰.۱۶۸،۰.۲،۰.۲۴۹) | |
| احتمال تشخیص | (۰.۲۵۲،۰.۲۷۵،۰.۲۹۷) | (۰.۶۵۱،۰.۶۹۴،۰.۷۲۸) | (۱.۱۷۶،۱.۲،۱.۲۳) | (۰.۱۷۶،۰.۲،۰.۲۳) | |

باتوجه به جدول ۹، در خصوص رمزارز بخش خصوصی، معیار شدت وقوع با وزن ۰.۳۹۷ رتبه اول را کسب کرده است. معیار احتمال وقوع با وزن ۰.۳۳ و احتمال تشخیص با وزن ۰.۲۷۵ به ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را کسب کرده‌اند.



شکل ۳ وزن و اولویت معیارها از نظر رمزارز بخش خصوصی

در این بخش با استفاده از روش واسپاس فازی به رتبه‌بندی ۱۲ مورد چالش رمزارز بانک مرکزی و ۸ مورد چالش رمزارز داخلی بخش خصوصی پرداخته می‌شود. این روش با ادغام منطق فازی برای مدیریت عدم قطعیت و ارزیابی‌های موضوعی، ارزیابی دقیق‌تری از چالش‌های مختلف را امکان‌پذیر می‌سازد.

مرحله اول: تشکیل ماتریس تصمیم: در این گام ماتریس تصمیم نظرات تشکیل داده می‌شود. ماتریس تصمیم روش واسپاس فازی ماتریسی متشکل از معیارها (ستون‌ها شامل سه معیار شدت وقوع، احتمال وقوع و احتمال تشخیص و سطرها شامل ۱۲ چالش رمزارز بانک مرکزی است) که هر چالش نسبت به هر معیار بر اساس طیف ۱ تا ۱۰ فازی ارزیابی می‌شود. این ماتریس تصمیم توسط ۵ خبره تکمیل شده و سپس توسط روش میانگین حسابی ادغام می‌شود. ماتریس تصمیم واسپاس فازی در جدول ۱۰ آورده شده است. شایان ذکر است این چالش‌ها بر اساس موارد شناسایی شده در جدول دو در اختیار خبرگان قرار گرفته و احتمال تشخیص، وقوع و شدت وقوع توسط ایشان تعیین گردیده است.

جدول ۱۰ ماتریس تصمیم WASPAS فازی چالش‌های رمزارز بانک مرکزی تا دو رقم اعشار

| شدت وقوع (S) | احتمال وقوع (O) | احتمال تشخیص (D) | چالش‌های رمزارز بانک مرکزی |
|---------------------|---------------------|---------------------|--|
| (۰.۸۱۳,۰.۹۱۷,۱) | (۰.۲۳۹,۰.۳۴۸,۰.۴۵۷) | (۰.۵۱,۰.۶۱۲,۰.۷۱۴) | عدم پیاده‌سازی زیرساخت شبکه بلاک‌چین و پروتکل‌های دولایه |
| (۰.۶۶۷,۰.۷۷۱,۰.۸۷۵) | (۰.۶۵۲,۰.۷۶۱,۰.۸۷) | (۰.۴۲۹,۰.۵۳۱,۰.۶۳۳) | عدم وجود اکوسیستم مورد پذیرش عموم جامعه |
| (۰.۴۳۸,۰.۵۴۲,۰.۶۴۶) | (۰.۶۰۹,۰.۷۱۷,۰.۸۲۶) | (۰.۶۵۳,۰.۷۵۵,۰.۸۵۷) | مدیریت متمرکز در بستر تکنولوژی غیرمتمرکز |
| (۰.۷۵,۰.۸۵۴,۰.۹۵۸) | (۰.۷۳۹,۰.۸۴۸,۰.۹۵۷) | (۰.۸۱۶,۰.۹۱۸,۱) | عدم وجود پشتوانه مالی مناسب برای استیبل کوین |
| (۰.۱۴۶,۰.۲۵,۰.۳۳۳) | (۰.۷۸۳,۰.۸۹۱,۱) | (۰.۶۵۳,۰.۷۵۵,۰.۸۵۷) | لیستینگ رمزارز در صرافی‌های معتبر دنیا |
| (۰.۰۴۲,۰.۱۴۶,۰.۱۸۸) | (۰.۴۷۸,۰.۵۸۷,۰.۶۹۶) | (۰.۲۴۵,۰.۳۴۷,۰.۴۴۹) | چالش فقهی و حقوقی |
| (۰.۲۵,۰.۳۵۴,۰.۴۵۸) | (۰.۴۳۵,۰.۵۴۳,۰.۶۵۲) | (۰.۲۲۴,۰.۳۲۷,۰.۴۲۹) | انتخاب فیات‌های بین‌المللی رایج برای تبادل رمزارز |
| (۰.۴۷۹,۰.۵۸۳,۰.۶۸۸) | (۰.۶۹۶,۰.۸۰۴,۰.۹۱۳) | (۰.۶۹۴,۰.۷۹۶,۰.۸۹۸) | عدم ثبات ارز در کشور |
| (۰.۷۷۱,۰.۸۷۵,۰.۹۷۹) | (۰.۴۷۸,۰.۵۸۷,۰.۶۹۶) | (۰.۳۲۷,۰.۴۲۹,۰.۵۳۱) | اقتصادی و خطر پول شویی |
| (۰.۱۴۶,۰.۲۵,۰.۳۵۴) | (۰.۲۶۱,۰.۳۷,۰.۴۷۸) | (۰.۳۲۷,۰.۴۲۹,۰.۵۳۱) | فناوری‌های لبه تکنولوژی |
| (۰.۶۴۶,۰.۷۵,۰.۸۵۴) | (۰.۶۹۶,۰.۸۰۴,۰.۹۱۳) | (۰.۲۰۴,۰.۳۰۶,۰.۴۰۸) | حفاظت اطلاعات و حریم خصوصی |
| (۰.۴۵۸,۰.۵۶۳,۰.۶۶۷) | (۰.۱۵۲,۰.۲۶۱,۰.۳۷) | (۰.۴۲۹,۰.۵۳۱,۰.۶۳۳) | تهدیدات و حملات سایبری |

مرحله دوم: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\max_i \tilde{x}_{ij}} = \frac{(5,6,7)}{9.8} = (0.51, 0.612, 0.714)$$

به طریق مشابه برای دیگر سلول‌های محاسبات انجام می‌شود که نتایج در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۱۱ ماتریس نرمال WASPAS فازی چالش‌های رمزارز بانک مرکزی

| شدت وقوع (S) | احتمال وقوع (O) | احتمال تشخیص (D) | چالش‌های رمزارز بانک مرکزی |
|---------------------|---------------------|---------------------|--|
| (۰.۸۱۳,۰.۹۱۷,۱) | (۰.۲۳۹,۰.۳۴۸,۰.۴۵۷) | (۰.۵۱,۰.۶۱۲,۰.۷۱۴) | عدم پیاده‌سازی زیرساخت شبکه بلاک‌چین و پروتکل‌های دولایه |
| (۰.۶۶۷,۰.۷۷۱,۰.۸۷۵) | (۰.۶۵۲,۰.۷۶۱,۰.۸۷) | (۰.۴۲۹,۰.۵۳۱,۰.۶۳۳) | عدم وجود اکوسیستم مورد پذیرش عموم جامعه |
| (۰.۴۳۸,۰.۵۴۲,۰.۶۴۶) | (۰.۶۰۹,۰.۷۱۷,۰.۸۲۶) | (۰.۶۵۳,۰.۷۵۵,۰.۸۵۷) | مدیریت متمرکز در بستر تکنولوژی غیرمتمرکز |
| (۰.۷۵,۰.۸۵۴,۰.۹۵۸) | (۰.۷۳۹,۰.۸۴۸,۰.۹۵۷) | (۰.۸۱۶,۰.۹۱۸,۱) | عدم وجود پشتوانه مالی مناسب برای استیبل کوین |

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---|
| (۰.۱۴۶،۰.۳۵،۰.۳۳۳) | (۰.۷۸۳،۰.۸۹۱،۱) | (۰.۶۵۳،۰.۷۵۵،۰.۸۵۷) | لیستینگ رمزارز در صرافی‌های معتبر دنیا |
| (۰.۰۴۲،۰.۱۴۶،۰.۱۸۸) | (۰.۴۷۸،۰.۵۸۷،۰.۶۹۶) | (۰.۲۴۵،۰.۳۴۷،۰.۴۴۹) | چالش فقهی و حقوقی |
| (۰.۲۵،۰.۳۵۴،۰.۴۵۸) | (۰.۴۳۵،۰.۵۴۳،۰.۶۵۲) | (۰.۲۲۴،۰.۳۲۷،۰.۴۲۹) | انتخاب فیات‌های بین‌المللی رایج برای تبادل رمزارز |
| (۰.۴۷۹،۰.۵۸۳،۰.۶۸۸) | (۰.۶۹۶،۰.۸۰۴،۰.۹۱۳) | (۰.۶۹۴،۰.۷۹۶،۰.۸۹۸) | عدم ثبات ارز در کشور |
| (۰.۷۷۱،۰.۸۷۵،۰.۹۷۹) | (۰.۴۷۸،۰.۵۸۷،۰.۶۹۶) | (۰.۳۲۷،۰.۴۲۹،۰.۵۳۱) | اقتصادی و خطر پول شویی |
| (۰.۱۴۶،۰.۳۵،۰.۳۵۴) | (۰.۳۶۱،۰.۳۷،۰.۴۷۸) | (۰.۳۲۷،۰.۴۲۹،۰.۵۳۱) | فناوری‌های لبه تکنولوژی |
| (۰.۶۴۶،۰.۷۵،۰.۸۵۴) | (۰.۶۹۶،۰.۸۰۴،۰.۹۱۳) | (۰.۲۰۴،۰.۳۰۶،۰.۴۰۸) | حفاظت اطلاعات و حریم خصوصی |
| (۰.۴۵۸،۰.۵۶۳،۰.۶۶۷) | (۰.۱۵۲،۰.۲۶۱،۰.۳۷) | (۰.۴۲۹،۰.۵۳۱،۰.۶۳۳) | تهدیدات و حملات سایبری |

مرحله سوم: محاسبه مقادیر جمع وزنی و ضرب وزنی چالش‌ها: در گام سوم با استفاده از روابط ۸ و ۹ مقادیر WSM (جمع وزنی) (Q) و مدل WPM (ضرب وزنی) (P) محاسبه شده و در انتها توسط روابط ۱۰ و ۱۱ این مقادیر دیفازی می‌گردد که در جدول ۱۲ آورده شده است.

جدول ۱۲ مقادیر WSM و WPM چالش‌های رمزارز بانک مرکزی

| P قطعی | Q قطعی | P | Q | چالش‌های رمزارز بانک مرکزی |
|-----------|-----------|---------------------|---------------------|--|
| ۰.۵۶۴ | ۰.۶۰۸ | (۰.۴۶۲،۰.۵۶۶،۰.۶۶۵) | (۰.۴۷۹،۰.۶۰۸،۰.۷۳۹) | عدم پیاده‌سازی زیرساخت شبکه بلاک‌چین و پروتکل‌های دولایه |
| ۰.۶۶۶ | ۰.۶۷۸ | (۰.۵۶۹،۰.۶۶۴،۰.۷۶۴) | (۰.۵۴۵،۰.۶۷۵،۰.۸۱۴) | عدم وجود اکوسیستم مورد پذیرش عموم جامعه |
| ۰.۶۷۹ | ۰.۶۸۷ | (۰.۵۸۶،۰.۶۷۷،۰.۷۷۳) | (۰.۵۵۷،۰.۶۸۳،۰.۸۲) | مدیریت متمرکز در بستر تکنولوژی غیرمتمرکز |
| ۰.۸۷۶ | ۰.۸۷۸ | (۰.۷۸،۰.۸۷۶،۰.۹۷۲) | (۰.۷۴۱،۰.۸۷۷،۱.۰۱۵) | عدم وجود پشتوانه مالی مناسب برای استیبل‌کوین |
| ۰.۵۸۳ | ۰.۶۶۳ | (۰.۴۸۱،۰.۵۸۸،۰.۶۷۹) | (۰.۵۳۹،۰.۶۶۱،۰.۷۸۸) | لیستینگ رمزارز در صرافی‌های معتبر دنیا |
| ۰.۳۰۷ | ۰.۳۶۹ | (۰.۲۰۵،۰.۳۲۶،۰.۳۹۱) | (۰.۲۵۹،۰.۳۷۲،۰.۴۷۷) | چالش فقهی و حقوقی |
| ۰.۳۹۶ | ۰.۴۱۰ | (۰.۳۰۴،۰.۳۹۶،۰.۴۸۹) | (۰.۲۹،۰.۴۰۷،۰.۵۳۴) | انتخاب فیات‌های بین‌المللی رایج برای تبادل رمزارز |
| ۰.۷۳۵ | ۰.۷۴۳ | (۰.۶۴۱،۰.۷۳۳،۰.۸۳۱) | (۰.۶۱۲،۰.۷۴،۰.۸۷۹) | عدم ثبات ارز در کشور |
| ۰.۵۸۱ | ۰.۶۰۸ | (۰.۴۸۱،۰.۵۸،۰.۶۸۱) | (۰.۴۷۶،۰.۶۰۵،۰.۷۴۴) | اقتصادی و خطر پول شویی |
| ۰.۳۵۱ | ۰.۳۶۳ | (۰.۲۵۹،۰.۳۵۱،۰.۴۴۲) | (۰.۲۴۶،۰.۳۵۹،۰.۴۸۲) | فناوری‌های لبه تکنولوژی |
| ۰.۵۴۲ | ۰.۶۰۰ | (۰.۴۳۵،۰.۵۴۳،۰.۶۴۸) | (۰.۴۶۸،۰.۵۹۷،۰.۷۳۴) | حفاظت اطلاعات و حریم خصوصی |
| ۰.۴۲۳ | ۰.۴۵۲ | (۰.۳۲۲،۰.۴۲۵،۰.۵۲۲) | (۰.۳۲۹،۰.۴۴۹،۰.۵۷۷) | تهدیدات و حملات سایبری |

مرحله چهارم: تعیین امتیاز نهایی و رتبه بندی گزینه‌ها: در مرحله چهارم مقدار لاندا براساس رابطه ۱۳ محاسبه می‌شود که در جدول ۱۳ آورده شده است و با استفاده از رابطه ۱۴ امتیاز هر گزینه محاسبه می‌شود. براین اساس عدم وجود پشتوانه مالی مناسب برای استیبل کوین رتبه اول را از نظر بحرانی بودن کسب کرده است.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{\sum_{i=1}^m P_i + \sum_{i=1}^m Q_i} = \frac{6.702}{6.702 + 7.058} = 0.487$$

$$K_i = \lambda Q_i + (1 - \lambda)P_i = \lambda \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} W_j + (1 - \lambda) \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{W_j}$$

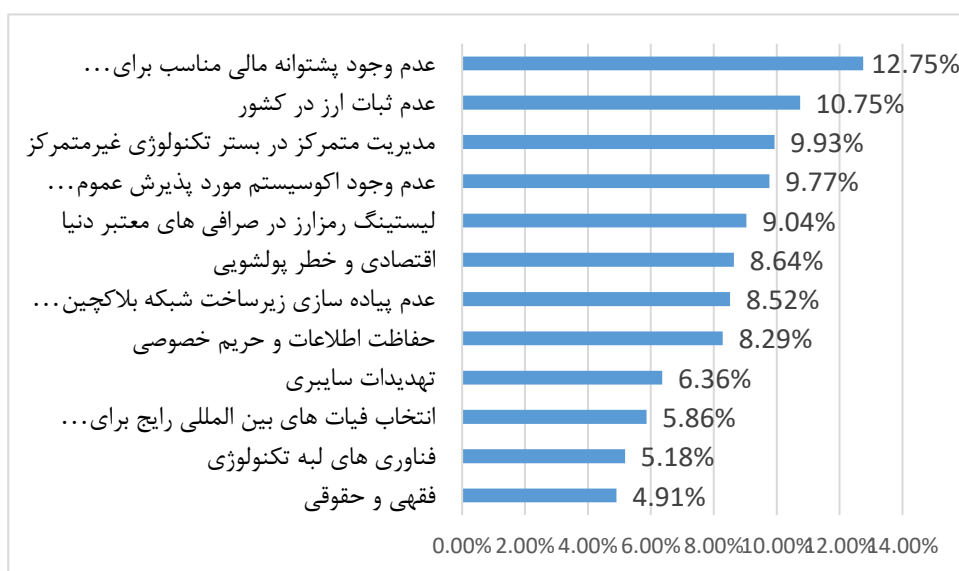
همانطور که گفته شد، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و اولویت‌بندی چالش‌های رمزارزهای ملی با استفاده از رویکرد ترکیبی نوین و همچنین بهبود نتایج روش سنتی FMEA انجام شده است. یافته‌های پژوهش حاضر شناسایی چالش‌های رمزارزهای ملی و اولویت بندی براساس یک رویکرد ترکیبی فازی است. این رویکرد ترکیبی نوین تحت شرایط فازی با دقت بالا در تحلیل چالش‌ها نسبت به سایر رویکردهای ترکیبی فازی بر مبنای روش متداول FMEA، قابل اعتمادتر بوده و با شرایط واقعی سازگارتر است. مهم‌ترین مزیت روش WASPAS در مقایسه با سایر روش‌ها دقت بالای تصمیم‌گیری است. این امر شانس تصمیم‌گیری صحیح و قابل توجیه را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، در رویکرد ترکیبی پیشنهادی برای به دست آوردن وزن معیارها از FSWARA استفاده شده است که مقایسات زوجی کمتری نسبت به سایر روش‌ها فازی نیاز داشته و نتایج قابل اطمینان‌تری ارائه می‌دهد.

نتایج نشان داد که نبود حمایت مالی مناسب برای استیبل‌کوین، عدم ثبات ارز در کشور، مدیریت متمرکز در بستر تکنولوژی غیرمتمرکز، عدم وجود اکوسیستم مورد پذیرش عموم جامعه، مشکل لیست شدن رمزارز در صرافی‌های معتبر و چالش اقتصادی و خطر پولشویی به ترتیب بزرگ‌ترین موانع برای توسعه رمزارز بانک مرکزی هستند. هر چالش و اهمیت آن در جدول شماره ۱۳ و شکل ۴ نمایش داده شده است. همچنین بنا بر آنچه در جدول شماره ۱۴ و شکل ۵ ارائه شده است محدودیت‌های قانونی در پذیرش سایر رمزارزها، عدم حفظ ارزش سرمایه‌های خرد، حفاظت از داده‌ها و حریم خصوصی و نقدشوندگی سریع دارایی‌های منجمد، مهم‌ترین چالش‌ها در ایجاد و نگهداری رمزارز بخش خصوصی هستند.

جدول ۱۳ امتیاز نهایی هر چالش رمزارز بانک مرکزی و رتبه‌بندی آنها

| رتبه از نظر بحرانی | درصد بحرانی بودن | امتیاز بحرانی بودن چالش | چالش‌های رمزارز بانک مرکزی |
|--------------------|------------------|-------------------------|----------------------------------|
| ۱ | ۱۲.۷۵٪ | ۰.۸۷۷ | عدم وجود پشتوانه مالی مناسب برای |

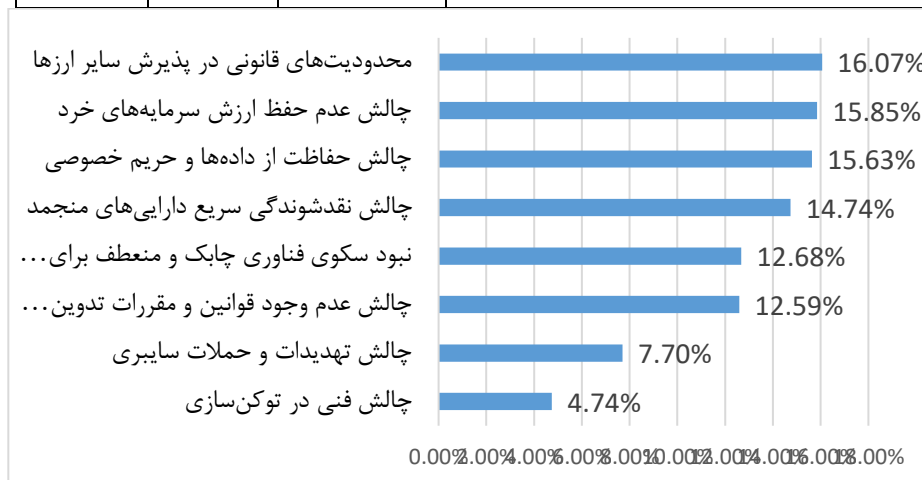
| استیبل کوین | | | |
|-------------|--------|-------|--|
| ۲ | ۱۰.۷۵٪ | ۰.۷۳۹ | عدم ثبات ارز در کشور |
| ۳ | ۹.۹۳٪ | ۰.۶۸۳ | مدیریت متمرکز در بستر تکنولوژی غیرمتمرکز |
| ۴ | ۹.۷۷٪ | ۰.۶۷۱ | عدم وجود اکوسیستم مورد پذیرش عموم جامعه |
| ۵ | ۹.۰۴٪ | ۰.۶۲۲ | لیستینگ رمزارز در صرافی‌های معتبر دنیا |
| ۶ | ۸.۶۴٪ | ۰.۵۹۴ | چالش اقتصادی و خطر پول‌شویی |
| ۷ | ۸.۵۲٪ | ۰.۵۸۶ | عدم پیاده‌سازی زیرساخت شبکه بلاک‌چین و پروتکل‌های دولایه |
| ۸ | ۸.۲۹٪ | ۰.۵۷۰ | حفاظت اطلاعات و حریم خصوصی |
| ۹ | ۶.۳۶٪ | ۰.۴۳۷ | تهدیدات و حملات سایبری |
| ۱۰ | ۵.۸۶٪ | ۰.۴۰۳ | انتخاب فیات‌های بین‌المللی رایج برای تبادل رمزارز |
| ۱۱ | ۵.۱۸٪ | ۰.۳۵۶ | چالش فناوری‌های لبه تکنولوژی |
| ۱۲ | ۴.۹۱٪ | ۰.۳۲۷ | چالش فقهی و حقوقی |



شکل ۴ درصد بحرانی بودن چالش‌های رمزارز بانک مرکزی
جدول ۱۴ امتیاز نهایی هر چالش رمزارز بخش خصوصی و رتبه‌بندی آنها

| رتبه از نظر بحرانی | درصد بحرانی بودن | امتیاز بحرانی بودن چالش | چالش‌های رمزارز داخلی بخش خصوصی |
|--------------------|------------------|-------------------------|---|
| ۱ | ۱۶.۰۷٪ | ۰.۸۴۱ | محدودیت‌های قانونی در پذیرش سایر رمزارزها |

| | | | |
|---|--------|-------|---|
| ۲ | ۱۵.۸۵٪ | ۰.۸۳۰ | چالش عدم حفظ ارزش سرمایه‌های خرد |
| ۳ | ۱۵.۶۳٪ | ۰.۸۱۸ | چالش حفاظت از داده‌ها و حریم خصوصی |
| ۴ | ۱۴.۷۴٪ | ۰.۷۷۱ | چالش نقدشوندگی سریع دارایی‌های منجمد |
| ۵ | ۱۲.۶۸٪ | ۰.۶۶۴ | نبود سکوی فناوری چابک و منعطف برای عرضه انواع توکن‌ها |
| ۶ | ۱۲.۵۹٪ | ۰.۶۵۹ | چالش عدم وجود قوانین و مقررات تدوین شده در سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی |
| ۷ | ۷.۷۰٪ | ۰.۴۰۳ | چالش تهدیدات و حملات سایبری |
| ۸ | ۴.۷۴٪ | ۰.۲۴۸ | چالش فنی در توکن‌سازی |



شکل ۵ درصد بحرانی بودن چالش‌های رمزارز بخش خصوصی

۵. بحث و نتیجه‌گیری :

همانگونه که در بخش نتایج آمده است توسعه رمزارزهای بانک مرکزی در ایران با چالش‌ها متعددی روبه‌رو است که در تحقیق حاضر شناسایی و اولویت بندی شده‌اند. چالش‌های کلیدی شامل عدم حمایت مالی مناسب برای استیبل‌کوین، عدم ثبات ارز داخلی، مدیریت متمرکز در بستر تکنولوژی غیرمتمرکز، عدم وجود زیست بوم پذیرش عمومی، مشکل لیست شدن رمزارزها در صرافی‌های معتبر و چالش‌های اقتصادی و خطر پولشویی می‌شوند. بررسی این چالش‌ها در بستر مقایسه‌ای با یافته‌های سایر تحقیقات نشان می‌دهد که این مشکلات تنها مختص ایران نیستند و توجه به آن‌ها در سطح بین‌المللی نیز حائز اهمیت است. در بحث رمزارزهای ملی، مسئله پشته‌پشتوانه اهمیت بسیار زیادی دارد. رمزارز ملی باید قابلیت خرج شونده‌گی، نقدشوندگی و تبدیل آن به

رمزارزهای دیگر را داشته باشد. باتوجه به اینکه واحد پولی ایران تحریم است، احتمال تحریم رمزارز ملی بی‌شک وجود دارد؛ بنابراین باید پشتوانه مناسب غیر ارزی برای ارزرمز بانک مرکزی انتخاب شود. طلا همچنان نقش برجسته‌ای در ذخایر بانک مرکزی ایفا می‌کند. یک توکن دیجیتالی با پشتوانه طلای عمومی ممکن است به طلا اجازه دهد از نقد شوندگی و روان شدن دیجیتالی شدن بهره‌مند شود و درعین حال نقش اساسی خود را به‌عنوان ذخیره ارزش و دارایی ایمن حفظ کند (OMFIF Economic, 2021). بر اساس نتایج تحقیق دیگری نیز فقدان نهادهای مالی معتبر و شفاف به کاهش اعتماد عمومی به استیبل‌کوین‌ها می‌انجامد (Zhou et al., 2021). در تحقیق مذکور به ضرورت وجود یک ساختار مالی مستحکم اشاره شده و تأکید می‌شود که می‌توان با تعبیه نهادهای مالی پیشرو و ارائه شفافیت لازم، اعتماد عمومی را افزایش داد. برای مقابله با این چالش، پیشنهاد می‌شود که دولت و نهادهای مالی با ایجاد نهادهای مستقل و پیشرو در حوزه استیبل‌کوین‌ها، اقداماتی مانند تأسیس صندوق‌های سرمایه‌گذاری و تسهیل فرآیندهای مالی و اقتصادی مرتبط را در دستور کار قرار دهند. همچنین برگزاری کارگاه‌ها و سمینارهای عمومی برای آگاهی‌رسانی درباره فواید و امنیت این رمزارزها می‌تواند راهگشا باشد (Bali & Yeh, 2020). چالش کلیدی دیگر، عدم ثبات ارز در کشور است که به دلیل نوسانات شدید اقتصادی، می‌تواند موجبات بی‌اعتمادی به رمزارزها را فراهم کند. ثبات ارز یکی دیگر از چالش‌های شناسایی شده کلیدی است که به عنوان یک متغیر اقتصاد کلان اثرپذیری از سیاست‌ها و محیط کلان اقتصادی دارد که ثبات آن بر ثبات ارزرمز دولتی بسیار موثر خواهد بود. محققان دیگر نیز تأکید کرده‌اند که ناپایداری اقتصادی و به‌ویژه نوسانات نرخ ارز، به طور مستقیم بر پذیرش و استفاده از رمزارزها تأثیر می‌گذارد (Hosseini et al., 2020). از این رو، اتخاذ تدابیر مؤثر مانند کنترل نوسانات ارزی، اصلاحات اقتصادی و ایجاد ثبات مالی، این چالش را تا حدودی کاهش می‌دهد. همچنین، تقویت نظارت‌های مالی و ایجاد روندهای شفاف اقتصادی می‌تواند به افزایش اعتماد عمومی به رمزارزهای بانک مرکزی کمک کند (Hakhu, 2022).

مدیریت متمرکز در بستر تکنولوژی غیرمتمرکز مسئله دیگری است که در این تحقیق به آن پرداخته شده است. Zohar (2020) بیان می‌کند که وجود نهادهای متمرکز در زیست بوم رمزارزها می‌تواند به از دست رفتن کارایی و صحت سیستم منجر شود. برای غلبه بر این مشکل، لازم است که برنامه‌ریزی‌های دقیقی برای طراحی ساختارهای غیرمتمرکز صورت گیرد. ایجاد چارچوب‌های نظارتی شفاف و تشویق به مشارکت عمومی در ساخت و مدیریت این سیستم‌ها می‌تواند موجب افزایش اعتماد کاربران نسبت به CBDC‌ها شود. در حوزه رمزارزها، ایجاد یک بنیاد نظارتی برای رمزارز بانک مرکزی بسیار حائز اهمیت است. این بنیاد باید شامل مشارکت بانک

مرکزی، نهادهای دولتی، سازمان‌های مرتبط، موسسات و شرکت‌های خصوصی فعال در این حوزه باشد. چنین بنیادی به تسهیل فرآیندهای تدوین استانداردها، قوانین و مقررات حاکم بر اکوسیستم رمزارز کمک شایانی خواهد کرد. علاوه بر این، برای اطمینان از نظارت مؤثر، دولت باید نقش علم و فناوری را در فرآیندهای نظارتی تقویت کند. با این رویکرد، نه تنها می‌توان به بهبود ثبات ارز در کشور کمک کرد، بلکه می‌توان پایه‌گذار یک شبکه دیجیتال امن و پایدار نیز شد که اعتماد عمومی را جلب کند و مانع از وقوع تقلب، پولشویی و سایر فعالیت‌های غیرقانونی شود. با اتخاذ رویکردهای “نظارت هوشمند” می‌توان به نظارت جامع در تمامی فرایندها دست یافت. همچنین، ایجاد یک محیط آزمایشی نظارتی^۱ می‌تواند بسیار مفید باشد. این محیط آزمایشی فرصتی کنترل‌شده برای پروژه‌های نوآورانه را فراهم می‌آورد و به صاحبان پروژه‌ها این امکان را می‌دهد که در یک محیط عملیاتی واقعی، نقاط قوت و ضعف کار خود را شناسایی کنند. همچنین، نبود اکوسیستم مناسب پذیرش عمومی مانع از توسعه پایدار CBDC هاست. برای رفع این چالش، ضروری است که فرهنگ و آگاهی عمومی درباره تکنولوژی‌های مالی و رمزارزها گسترش یابد؛ این امر می‌تواند با برگزاری دوره‌های آموزشی و ترویج اطلاعات در رسانه‌ها و نهادهای آموزشی تحقق یابد (Kouadio et al., 2022).

یکی از چالش‌های دیگر، مشکل لیست شدن رمزارزها در صرافی‌های معتبر است. عدم وجود لیست تأسیس‌شده و معتبر رمزارزها در صرافی‌های بین‌المللی می‌تواند به کاهش اعتماد سرمایه‌گذاران و کاربران منجر شود. برای برطرف کردن این مشکل، پیشنهاد می‌شود که نهادهای معتبری به ایجاد شرایط و چارچوب‌های لازم برای لیست کردن رمزارزها در صرافی‌های مشهور بپردازند و شرایط لازم را برای تأمین امنیت و شفافیت فرآیندهای معاملاتی فراهم کنند (Ante, 2021). چالش خطر پولشویی نیز یکی دیگر از موانع پیش روی توسعه CBDC ها است. با توجه به این که رمزارزها به راحتی می‌توانند در معاملات غیرقانونی مورد استفاده قرار گیرند، ایجاد سیستم‌های نظارتی قوی و همکاری با نهادهای بین‌المللی برای مقابله با این خطر ضروری است. نهادهای دولتی باید رویه‌های کاملی برای شناسایی و پیشگیری از فعالیت‌های پولشویی وضع کنند و با استفاده از فناوری‌های نوین، مکانیزم‌های نظارتی هوشمندی را طراحی کنند (Foley et al., 2019). نتایج این تحقیق و مقایسه آن با یافته‌های پیشین نشان‌دهنده این است که چالش‌های شناسایی شده در توسعه رمزارزهای بانک مرکزی در ایران، علاوه بر ویژگی‌های محلی، به‌طور بالقوه با چالش‌های جهانی مرتبط هستند. به همین دلیل، برای غلبه بر این چالش‌ها، به نظر می‌رسد که

^۱ regulatory sandbox

تمرکز بر توسعه زیرساخت‌های مالی، افزایش آگاهی عمومی و ایجاد سازوکارهای نظارتی مؤثر ضروری باشد. این اقدامات می‌توانند به ایجاد یک محیط پایدار و قابل اعتماد برای رمزارزهای بانک مرکزی منجر شوند و به پذیرش و استفاده گسترده‌تر از آن‌ها کمک کنند.

در عین حال، نهادهای نظارتی می‌توانند با بررسی خطرات مختلف و استفاده از تخصص حرفه‌ای‌های کشورهای دیگر که در زمینه تحریم‌ها فعال‌اند، به درک بهتری از این مسائل دست یابند. برای ایجاد اعتماد عمومی به بانک مرکزی به عنوان ناشر و اپراتور سیستم رمزارز ملی، ضروری است که شفافیت، پاسخگویی و پایبندی به استانداردهای بالا در زمینه امنیت و حریم خصوصی تضمین شود. ایجاد استانداردها، مقررات، و دستورالعمل‌هایی برای مدیریت ریسک و همچنین یک ساختار حکمرانی برای سیستم رمزارزبانک مرکزی بسیار حائز اهمیت است (Bank of Thailand, 2021). این رویکردها نه تنها به بهبود اعتبار و عملکرد رمزارزهای ملی کمک می‌کنند، بلکه از ایجاد یک محیط امن و پایدار برای کاربران نیز حمایت می‌کنند. اتخاذ چنین استراتژی‌هایی می‌تواند اطمینان خاطر لازم را به تمامی ذینفعان بدهد و زمینه‌ساز پذیرش گسترده‌تر این فناوری‌ها در جامعه شود. در زمینه مقابله با ریسک‌های پولشویی، ضروری است که بانک‌ها سرمایه‌گذاری‌های لازم را در فناوری‌هایی انجام دهند که به نیازمندی‌های نظارتی پاسخ دهند و خطرات مرتبط را کاهش دهند. این سرمایه‌گذاری معمولاً شامل بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته به منظور مقابله با پولشویی از طریق تحلیل‌ها و ابزارهای اطلاعاتی مؤثر در زمینه ضد پولشویی (AML¹) است. به منظور ارتقاء امنیت و پیشگیری از فعالیت‌های کلاهبرداری، بانک‌ها و موسسات مالی فرآیندهای پیچیده‌ای تحت عنوان شناخت مشتری (KYC²) و روش‌های غربالگری را ایجاد کرده‌اند. فناوری‌های یادگیری ماشین نقش حیاتی در انجام بررسی‌های لازم درباره مشتریان و شناسایی فعالیت‌های مشکوک ایفا می‌کند و به این ترتیب امکان تقسیم‌بندی مؤثرتر مشتریان و شناسایی سریع‌تر خطرات بالقوه را فراهم می‌سازد. علاوه بر این، پیاده‌سازی یک سیستم قوی مدیریت پولشویی بسیار حائز اهمیت است. این سیستم‌ها فعالیت‌های تراکنش را به‌صورت بلادرنگ نظارت می‌کنند که به پیش‌بینی سناریوهای AML و شناسایی تراکنش‌های بالقوه خطرناک برای بررسی‌های بیشتر کمک می‌کند. این رویکرد پیشگیرانه نه تنها به بانک‌ها این امکان را می‌دهد که به سرعت به تهدیدات بالقوه پاسخ دهند بلکه به آنها کمک می‌کند تا با استانداردهای نظارتی مطابقت داشته باشند (Lindsey & Miah, 2021). شرکت در کنوانسیون‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی مرتبط با مبارزه با پولشویی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. این

¹ Anti-Money Laundering

² Know Your Customer

عضویت‌ها تبادل بهترین شیوه‌ها، اطلاعات و تجارب میان کشورها و موسسات را تسهیل می‌کند. این تلاش‌های مشترک باعث تقویت اثربخشی کلی استراتژی‌های AML می‌شود، به ویژه در زمینه‌ی رمزارز که روش‌های جدید پولشویی می‌توانند به سرعت ظهور کنند. در مجموع، مقابله با ریسک‌های پولشویی در حوزه بانکی نیازمند یک رویکرد چندوجهی است که شامل سرمایه‌گذاری فناوری، نظارت فعال و مشارکت در ابتکارات جهانی باشد. با پذیرش این تدابیر، بانک‌ها می‌توانند به‌طور قابل توجهی توانایی خود را در مقابله با پولشویی افزایش دهند و یک اکوسیستم مالی امن‌تر را تضمین کنند.

همچنین نتایج نشان داد که محدودیت‌های قانونی در پذیرش سایر رمزارزها، عدم حفظ ارزش سرمایه‌های خرد، حفاظت از داده‌ها و حریم خصوصی و نقدشوندگی سریع دارایی‌های منجمد، مهم‌ترین چالش‌ها در ایجاد و نگهداری رمزارز بخش خصوصی هستند. براساس نتایج این تحقیق، مهم‌ترین چالش مربوط به محدودیت‌های قانونی در پذیرش رمزارزهای دیگر است. برای این چالش، ضروری است که دولت به‌طور فعال پیشرفت‌های فناوری را بپذیرد و محدودیت‌های غیرضروری را با الهام گرفتن از رویکردهای موفق کشورهای دیگر از بین ببرد. برای ادغام مؤثر رمزارزها در چارچوب قانونی، توسعه یک اکوسیستم جامع که روابط سیستماتیک بین اجزای مختلف سیستم رمزارز را روشن کند، ضروری است. پیشنهاد می‌شود که نهادهای قانونی و دولتی اقدام به ایجاد چارچوب‌های قانونی شفاف و قابل فهم نمایند. این کار می‌تواند اعتماد سرمایه‌گذاران را افزایش داده و موجب جذب سرمایه‌های جدید به بازار رمزارزها شود (Zohar, Levy, & Lavi, 2020). همچنین، تدوین سیاست‌های حمایتی برای کسب‌وکارهای نوآورانه در حوزه رمزارز، به ویژه در کشوری مانند ایران که قوانین نا مشخصی دارد، می‌تواند به ایجاد بستر قانونی مساعد برای فعالیت‌های این حوزه منجر شود (Catalini & Gans, 2021). چالش دیگری که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته، عدم حفظ ارزش سرمایه‌های خرد است. نوسانات شدید قیمت رمزارزها می‌تواند باعث عدم اعتماد سرمایه‌گذاران خرد شود. به همین دلیل، توصیه می‌شود که توسعه استیبل کوین‌های معتبر و بادوام به عنوان گزینه‌هایی با نوسان کمتر، در دستور قرار گیرد. این امر در تحقیق Böhme و همکاران (۲۰۱۵) تأکید شده است که استیبل کوین‌ها می‌توانند به سرمایه‌گذاران اطمینان دهند که ارزش سرمایه‌شان حفظ خواهد شد. علاوه بر این، آموزش و افزایش آگاهی در زمینه مدیریت ریسک برای سرمایه‌گذاران خرد و استفاده از ابزارهای مالی نظیر استیبل کوین‌ها از پیشنهادات لازم است که در پژوهش‌های اخیر به آن پرداخته شده است (Wilkinson et al., 2021). حفاظت از داده‌ها و حریم خصوصی به عنوان یکی دیگر از چالش‌های جدی در حوزه رمزارزها شناخته می‌شود. نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی می‌تواند به عنوان مانعی بزرگ در مقابل پذیرش رمزارزها عمل

کند. برای پیشرفت در این زمینه، نیاز به ارتقاء قوانین حریم خصوصی و داده‌ها و همچنین ایجاد استانداردهای لازم برای امنیت اطلاعات در شبکه‌های بلاکچین احساس می‌شود (Bai, Ma, & Wang, 2021). به علاوه، بر اساس تحقیقاتی که به امنیت بلاکچین پرداخته‌اند، پیشنهاد می‌شود که پلتفرم‌های بلاکچینی از فناوری‌های رمزنگاری پیشرفته استفاده کنند تا امنیت داده‌های کاربران را نسبت به حملات سایبری افزایش دهند (Zyskind & Nathan, 2015). نهایتاً، در زمینه نقدشوندگی دارایی‌های منجمد، باید بر روی توسعه پلتفرم‌های معاملاتی سریع و کارآمد کار شود، به طوری که به سرمایه‌گذاران این امکان را بدهد تا بدون نگرانی از قفل شدن دارایی‌های خود، به راحتی و در زمان کوتاهی اقدام به خرید و فروش کنند (Catalini & Gans, 2021). علاوه بر این، مطالعه و یادگیری از تجربیات کشورهای قبلاً قوانین رمزارز را اجرا کرده‌اند، مفید به فایده است و از قوانین آن‌ها می‌توان به عنوان نمونه‌های اولیه‌ای برای تقنین در حوزه رمز ارز بهره برد و به یک چارچوب نظارتی قوی دست یافت. رمزارز بستر مناسبی برای جذب سرمایه‌های کوچک است؛ بنابراین، با یک رویکرد نظارتی مناسب می‌توان این سرمایه‌ها را به سمت تامین مالی حوزه تولید هدایت کرد. موضوعی که نه تنها به رشد اقتصادی کمک می‌کند بلکه ثبات و پایداری را در اکوسیستم رمزارز ارتقا می‌بخشد. ارتباط شفاف و رضایت کاربران برای ایجاد اعتماد و حفظ اطمینان کاربران در سیستم ارز دیجیتال حیاتی است. برای بهبود تجربه کاربری و ساده‌سازی فرآیندها، ایجاد یک فرآیند شناسایی مشتری می‌تواند مفید باشد (Bank of Thailand, 2021). هدف نهایی این پژوهش ارائه راه‌حل‌های مؤثر برای چالش‌های شناسایی شده بود. این راه‌حل‌ها اهمیت چارچوب‌های نظارتی مؤثر برای صدور، نگهداری و توسعه رمزارزهای ملی، چه عمومی و چه خصوصی، را مورد تأکید قرار می‌دهد. با رسیدگی به نگرانی‌هایی مانند پولشویی، تقلب در حریم خصوصی و دستکاری بازار، اقدامات نظارتی به ایجاد یک محیط امن و شفاف‌تر برای معاملات رمزارزهای ملی کمک خواهد کرد. در عین حال، ایجاد یک اکوسیستم مبتنی بر ارزش برای استفاده بلندمدت از این رمزارزهای نوظهور حیاتی است. در نهایت، بسیار مهم است که کشورهای در حال توسعه به‌طور فعال پیشرفت‌های تکنولوژیک را پذیرفته و محدودیت‌های غیرضروری را با الهام‌گیری از رویکردهای موفق سایر کشورها برطرف کنند.

References

- Ahmadi, F., & Mansouri, I. (2021). 4.0 governance: precise understanding of the fourth industrial revolution and proactive governance under related transformations. Urmia: Urmia University of Technology.

- Allen, F., & Gale, D. (2020). Central Bank Digital Currency: The Future of the Monetary System? *Journal of Monetary Economics*.
- Ante, L., Fiedler, I., & Strehle, E. (2020). The influence of stablecoin issuances on cryptocurrency markets. *Finance Research Letters*, 30, Article 101867. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.101867>
- Bali, M., & Yeh, C. (2020). The importance of public awareness in stablecoin adoption. *Journal of Digital Currency Research*, 8.
- Bank for International Settlements (BIS). (2022). Central bank digital currencies: Foundational principles and core features.
- Bech, M. L., & Garratt, R. (2020). Central Bank Digital Currency: Will it Deliver? *Journal of Financial Stability*.
- Baur, D. G., & Hoang, L. T. (2020). A crypto safe haven against Bitcoin. *Finance Research Letters*, Article 101490. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101490>
- Bahrolulom, M., & Ferdousi, P. (2021). Assessing the challenges of native cryptocurrencies. Unpublished manuscript.
- Bohn, A., He, M. J. S., & Wang, T. (2022). How finance sector treasurers can get ready for CBDCs and stablecoins. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/how-finance-sector-treasurers-can-get-ready-for-cbdc-and-stablecoins>
- Bouchaud, M., Lyons, T., Olive, M. S., Timsit, K., Adinolfi, S., Calmejane, B., Dechaux, G., Fleuret, F., Grellet, V., Lai, J., & Singer, M. (2020). An overview and proposal for central bank digital currency on the Ethereum blockchain.
- Bujji Babu, F. N., & Koteswara Rao, P. (2021). Digital currency and banking sector: Emerging issues and challenges.
- Catalini, C., & Dryer, R. (2021). The role of digital currencies in the evolving financial ecosystem. *Journal of Financial Technology*, 2(3), 1-14.
- Catalini, C., & Gans, J. S. (2021). Some Simple Economics of the Blockchain. *Communications of the ACM*, 64(4), 66-75.
- Central Bank of The Bahamas. (2022). The Sand Dollar: A Guide to the Bahamas' Digital Currency.
- Cheah, E.-T., & Fry, J. (2015). Speculative bubbles in Bitcoin markets? *International Review of Financial Analysis*, 41, 212-222.

- Chuen, D. L. K., et al. (2022). *Cryptocurrency and Blockchain Technology: Applications and Insights*. Springer.
- Cullen, J. (2022). “Economically inefficient and legally untenable”: Constitutional limitations on the introduction of central bank digital currencies in the EU. *Journal of Banking Regulation*, 23(1), 31–41. <https://doi.org/10.1057/s41261-021-00162-4>
- Didenko, A. N., Buckley, R. P. (2021). Central bank digital currencies: A potential response to the financial inclusion challenges of the Pacific.
- Didar, K. (2019). An introduction to the reasons for exchange rate instability in Iran (2018-2019).
- Dinh, T. N., et al. (2018). Untangling Blockchain: A Data Processing View of Blockchain Systems. *IEEE Transactions on Big Data*.
- Elsayed, A. H., & Nasir, M. A. (2022). Central bank digital currencies: An agenda for future research. *Research in International Business and Finance*, 62, Article 101736. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101736>
- Fattahi, R. (2018). Risk evaluation using a novel hybrid method based on FMEA, extended MULTIMOORA, and AHP methods under fuzzy environment. *Safety Science*.
- Fekri, H., & P. (2021). Digital currency of the central bank: Concepts and applications.
- Foley, S., Karlsen, J. R., & Putniņš, T. J. (2019). Sex, drugs, and bitcoin: How much illegal activity is financed through cryptocurrencies? *The Review of Financial Studies*, 32(5), 1798-1853.
- Ghoushchi, S. J., Yousefi, S., & Khazaeili, M. (2019). An extended FMEA approach based on the Z-MOORA and fuzzy BWM for prioritization of failures. *Applied Soft Computing*, 84, Article 105683. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105683>
- Goh, R. K., & ZARBakhshnia, N. M. (2017). Sustainable third-party reverse logistics provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in the plastic industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.
- Grothoff, C., & Moser, T. (2021). How to issue a privacy-preserving central bank digital currency.

- Hakhu, A. (2022). Economic stability and the adoption of cryptocurrencies: An analysis in contemporary markets. *International Journal of Financial Studies*, 10(1), 45-60.
- Hosseini, S., & Omidvar, A. (2020). Cryptocurrency Adoption in Iran: A Study on Factors Affecting Demand. *Journal of Economic Research*.
- Hosseini, S. H., & Others. (2020). The impact of economic instability on cryptocurrency adoption. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 17(1), 23-36.
- Hosseinzadeh, J. , Ahmadi, F. and Kalbkhani, H. (2024). An Integrated Framework for Evaluating the readiness of countries in facing the fourth industrial revolution. *Defensive Future Studies*, 9(32), 159-188. doi: 10.22034/dfs.2024.2019174.1761
- Jonathan & Partners. (2022). Batten-Corbet-Lucey handbooks in alternative investments.
- Karamoozian, H., & Wu, D. (2020). A hybrid risk prioritization approach in construction projects using failure mode and effects analysis. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- khakzad, F. , Ahmadi, F. and JafarZadeh Ghooshchi, S. (2024). Identifying and Prioritizing the Challenges Related to Human Resource Training in the Era of The Fourth Industrial Revolution. *Iranian Journal of Engineering Education*, (), -. doi: 10.22047/ijee.2024.472725.2104
- Klein, T., & Winn, J. (2022). Cryptocurrency and monetary policy: A comprehensive review. *Journal of Financial Stability*, 53, 100906.
- Kraan, M. M. (2023). The impact of cryptocurrency on financial markets: A review of recent developments. *Journal of Economic Perspectives*.
- Kraaijevanger, J. (2021). Price forecasting of cryptocurrencies: A machine learning perspective. *Finance Research Letters*.
- Kumar, S., & Gupta, N. (2022). Cybersecurity in cryptocurrency: A review of blockchain security challenges. *Computers & Security*, 123, 102861.
- Lee, D. K. C., & Yan, L. (2021). A global perspective on central bank digital currency. *China Economic Journal*, 14(1), 52–66. <https://doi.org/10.1080/17538963.2020.1870279>
- Lindsey, A., & Miah, R. (2021). What banks need to consider for cryptocurrencies and anti-money laundering.

- Liu, H. C., Chen, X. Q., Duan, C. Y., & Wang, Y. M. (2019). Failure mode and effect analysis using multi-criteria decision-making methods: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*.
- Majlis Research Center. (2023). Analysis of the cryptocurrency market situation in Iran.
- Meyer, A., & Ante, L. (2020). Effects of initial coin offering characteristics on cross-listing returns. <https://ssrn.com/abstract=3557733>
- Minwalla. (2020). Security of a CBDC (No. 2020-11). Bank of Canada.
- Mu, Y., & Mu, A. (n.d.). CBDC: Concepts, benefits, risks, design, and implications. Unpublished manuscript.
- Niknam, M. , Ahmadi, F. and Kalbkhani, H. (2024). An Empirical Study on Revenue Model Selection for E-Commerce Businesses in the Agricultural Sector: A Recommender System Approach. *Agricultural Economics and Development*, 32(2), 43-73. doi: 10.30490/aead.2024.363114.1543.
- OECD Directorate for Financial and Enterprise Affairs. (2019). Initial coin offerings (ICOs) for SME financing.
- OMFIF Economic. (2021). Central bank digital currencies and gold.
- Omidvar, M., & Nirumand, F. (2017). Risk assessment using the FMEA method and based on MCDM, fuzzy logic, and grey theory: A case study of overhead cranes. *Journal of Health and Safety at Work*.
- Ozili, P. K. (2021). Central bank digital currency in Nigeria: Opportunities and risks.
- Rajan, R., & Rogoff, K. (2020). Digital currencies and stablecoins: Risks, opportunities, and challenges ahead. Washington, DC: Group of Thirty. Unpublished manuscript.
- Rani, P., Mishra, A. R., & Pardasani, K. R. (2020). A novel WASPAS approach for multi-criteria physician selection problem with intuitionistic fuzzy type-2 sets. *Soft Computing*.
- Rennie, E., & Steele, S. (2021). Privacy and emergency payments in a pandemic: How to think about privacy and a central bank digital currency. *Law, Technology and Humans*, 3(1), 6–17. <https://doi.org/10.5204/lthj.1745>
- Shami. (n.d.). Cryptocurrency report in Iran: Very far, very close. Unpublished manuscript.
- Syarifuddin, F. (n.d.). Optimal central bank digital currency (CBDC) design for emerging economies. <https://ssrn.com/abstract=4321306>

- Tian, Y., Zhang, Y., Minchin, R. E., Asutosh, A., & Kan, C. (2019). An innovative infrastructure financing instrument: Blockchain-based tokenization. Unpublished manuscript.
- Tian, Z., Wang, J., & Zhang, H. (2018). An integrated approach for failure mode and effects analysis based on fuzzy best-worst, relative entropy, and VIKOR methods. *Applied Soft Computing*.
- Visa. (2022). The art of public money: Policy considerations for central bank digital currencies.
- Ward, O., & Partners. (2019). Understanding central bank digital currencies. Unpublished manuscript.
- World Bank. (2021). The Global Findex Database 2021: Financial Inclusion, Digital Payments, and Access to Basic Services
- Xu, Z., & Tang, C. (2021). Challenges and opportunities in the application of China's central bank digital currency to the payment and settlement account system. *Financial Forum*, 9(4), 233. <https://doi.org/10.18282/ff.v9i4.1553>
- Yousef Babazadeh, N., Faqhi Farhamand, M., Pasbani, M., & Alouimatin, Y. (n.d.). Conceptual model of indicators facilitating the use of cryptocurrencies in international exchanges under embargo conditions. Unpublished manuscript.
- Zanjani, M., Pakdaman, S., & colleagues. (2023). Blockchain projects and legal challenges in Iran.
- Zhang, X. (2020). Opportunities, challenges, and promotion countermeasures of central bank digital currency. In *Proceedings - 2020 Management Science Informatization and Economic Innovation Development Conference, MSIEID 2020* (pp. 343–346). <https://doi.org/10.1109/MSIEID52046.2020.00072>
- Zhang, Z. (2021). Research on legal risks of legal digital currency. Unpublished manuscript.