

Assessing the potential of crypto-currency in the development of new Islamic financial instruments

Seyyed Ali Mirlouhi*

PhD Candidate in Fiqh and Law, Shahid Motahhari University, Tehran, Iran.

Email: mirlohi@motahai.ac.ir



Use your device to scan
and read the article online

Citation Mirlouhi, S.Y. (2026). Assessing the potential of crypto-currency in the development of new Islamic financial instruments. [EGHTESAD-E ISLAMI \(A Quarterly Journal on Islamic Economics\)](#). 26 (101): 5-34

Received: 02 October 2025 , Accepted: 16 November 2025

Abstract

Introduction: Modern financial technologies, particularly Central Bank Digital Currencies (CBDCs), have created significant opportunities for transforming financial markets. The Crypto-Rial, as the digital version of Iran's national currency, provides a platform for developing Islamic financial instruments with greater efficiency and transparency.

Objective: The purpose of this study is to assess the capacity and strategically analyze the use of the Crypto-Rial infrastructure for designing and managing a new generation of Islamic securities, focusing on "Smart Sukuk," to identify challenges and provide operational solutions.

Methodology: This research is fundamental and conducted using a descriptive-analytical approach. Data collection was performed via documentary and library methods, referencing authoritative jurisprudential, legal sources, and technical documents from the Central Bank.

Findings: Findings indicate that smart contracts based on the Crypto-Rial can automate the issuance, profit distribution, and secondary trading of Sukuk, thereby reducing transaction costs. However, jurisprudential challenges such as the "nature of possession" in digital assets and legal challenges regarding the "legal validity of code" exist. Smartization complexity is higher in Partnership Sukuk compared to Ijarah Sukuk.

Conclusion: Realizing Smart Sukuk depends on establishing a three-layer framework (Jurisprudential, Technical, and Regulatory). It is recommended that regulatory bodies utilize a "Regulatory Sandbox" to first implement Ijarah Sukuk on the Crypto-Rial platform to manage risks while facilitating the transition to digital Islamic finance.

Keywords

Crypto-Rial, Smart Sukuk, Smart Contract, Islamic Fintech, Capital Market, CBDC.



Extended Abstract

1. Introduction

The global financial landscape is undergoing a profound transformation driven by the advent of digital technologies. Central Bank Digital Currencies (CBDCs) have emerged as a pivotal innovation, representing a digital form of fiat money issued and regulated by the state. In Iran, the "Crypto-Rial" project signifies the Central Bank's strategic entry into this domain, aiming to enhance the efficiency, security, and programmability of the national currency. Simultaneously, the Islamic capital market relies heavily on Sukuk (Islamic securities) as a primary instrument for government and corporate financing. However, traditional Sukuk issuance and management processes are often plagued by high operational costs, reliance on multiple intermediaries, delayed settlement cycles, and transparency issues.

The intersection of programmable money (Crypto-Rial) and Islamic finance presents a unique opportunity to develop "Smart Sukuk." These are securities where the legal and Sharia logic is embedded into smart contracts on a blockchain, allowing for automated execution of terms. While the technical potential is evident, the transition from traditional to smart Islamic instruments raises complex questions regarding Sharia compliance and legal validity. The primary problem this research addresses is how to leverage the Crypto-Rial infrastructure to modernize the Sukuk market while ensuring strict adherence to Imamia jurisprudence (Fiqh) and Iranian law. Specifically, it seeks to answer: What are the jurisprudential and legal challenges of implementing Smart Sukuk on the Crypto-Rial platform, and what framework can ensure its legitimacy?

2. Research Methodology

This study employs a descriptive-analytical methodology to explore the multidimensional aspects of Smart Sukuk. Given the interdisciplinary nature of the topic, the research integrates concepts from financial technology, Islamic jurisprudence, and law.

1) **Data Collection:** The study utilizes a documentary and library-based approach. Primary sources include the technical documentation of the Crypto-Rial project by the Central Bank of Iran, standard Sharia texts, Iranian civil and electronic commerce laws, and AAOIFI standards. Secondary sources include academic articles on smart contracts, blockchain in finance, and comparative studies on digital assets

2) **Analysis Method:** The gathered data is analyzed through ijthad-based reasoning for the Fiqh section and legal hermeneutics for the legal section.

The study first deconstructs the technical mechanism of the Crypto-Rial and smart contracts. Then, it superimposes these mechanisms onto the requirements of Islamic contracts. Specifically, the concept of "Possession" in digital environments is analyzed to determine if control over a cryptographic private key constitutes valid Sharia possession. Furthermore, a comparative analysis is conducted across different types of Sukuk to evaluate their suitability for automation.

3. Research Findings

The research yields several critical findings regarding the technical capacity, Sharia compliance, and legal structuring of Smart Sukuk based on the Crypto-Rial:

1) **Technical Capabilities:** The programmability of the Crypto-Rial allows for the removal of traditional intermediaries (such as custodians and paying agents). The study finds that smart contracts can act as a "Digital Trustee," automatically distributing profits to token holders' wallets instantly upon the due date. Furthermore, the "Atomic Swap" mechanism enables Delivery-versus-Payment (DvP), eliminating settlement risk in secondary markets.

2) **Jurisprudential Analysis :**

The Challenge of Possession: A major finding is the reinterpretation of "Possession" in the digital age. The study argues, based on jurisprudential principles, that exclusive control over the private key of a Crypto-Rial wallet constitutes "Constructive Possession". This satisfies the Sharia requirement for the exchange of values, provided there is a binding legal link between the digital token and the underlying real-world asset.

The Element of Contract: The execution of a smart contract code is found to be compatible with the concept of "Conduct-based Offer and Acceptance". However, to avoid uncertainty/ambiguity, the code must be audited, and a plain-language version of the contract must be available to investors who cannot read code.

3) **Legal Analysis:**

Validity of Code: Under Iran's Electronic Commerce Law, data messages have legal validity. However, the study finds a gap in the enforcement of "self-executing" contracts.

Dispute Resolution: The "Code is Law" maxim is rejected. The findings suggest that a purely technical dispute resolution is insufficient. A "Dual-Layer Contract" model is proposed where a traditional legal contract serves as the "Master Agreement," and the smart contract serves as the "Execution Layer." In case of discrepancy, the legal text prevails.

4) **Comparative Suitability:**

Ijarah Sukuk: Found to be the most suitable for immediate implementation due to its simple, fixed-income structure which is easily programmable.

Murabahah and Musharakah: Found to be more complex. Murabahah requires "Oracles" to verify the physical purchase of goods to ensure it is not a fictitious trade. Musharakah faces the risk of becoming interest-based if the profit distribution is hard-coded based on projected rather than actual profits.

4. Conclusion

The research concludes that the Crypto-Rial offers a transformative potential for the Islamic capital market, moving it towards greater transparency and efficiency. However, technology is merely an enabler, not a solution in itself. The successful implementation of Smart Sukuk is contingent upon creating a comprehensive ecosystem that bridges the gap between code and Sharia. The study proposes a "Three-Layer Implementation Framework":

1) **The Legal/Fiqh Layer:** A standardized legal contract that defines rights and obligations clearly, ensuring no ambiguity (Gharar) exists.

2) **The Technical Layer:** The smart contract code on the Crypto-Rial blockchain that executes the logic defined in the first layer.

3) **The Supervisory Layer:** Utilization of trusted Oracles and mandatory Code Audits by Sharia-tech boards to ensure the code aligns with Sharia rules throughout the asset's lifecycle.

Based on the findings, it is recommended that the Securities and Exchange Organization (SEO) and the Central Bank adopt a phased approach. They should utilize a "Regulatory Sandbox" to pilot Smart Ijarah Sukuk first. This allows for testing the legal validity of digital possession and the reliability of the Crypto-Rial infrastructure in a controlled environment before expanding to more complex instruments like Musharakah. This strategic approach ensures that the modernization of Islamic finance does not compromise its fundamental religious principles.

Funding

According to the corresponding author, this research received no specific grant from any funding agency.

Author's Contribution

The author is solely responsible for the design, implementation, writing, and final approval of the manuscript.

Conflict of Interest

The author declare that there is no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.



ظرفیت‌سنجی رمزریال در توسعه ابزارهای مالی اسلامی نوین

(صکوک هوشمند)

سیدعلی میرلوحی* (نویسنده مسئول)

دانشجوی دکتری فقه و حقوق، دانشگاه و مدرسه عالی شهید مطهری (ره)، تهران، ایران. Email: mirlohi@motahai.ac.ir



استناد میرلوحی، سیدعلی (۱۴۰۵). ظرفیت‌سنجی رمزریال در توسعه ابزارهای مالی اسلامی نوین (صکوک هوشمند). فصلنامه اقتصاد اسلامی. ۲۶ (۱۰۱): ۳۴-۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۵

چکیده

مقدمه: فناوری‌های نوین مالی به‌ویژه پول‌های دیجیتال بانک مرکزی ظرفیت‌های قابل توجهی برای تحول در بازارهای مالی ایجاد کرده‌اند. رمزریال به عنوان نسخه دیجیتال پول ملی ایران، بستری را فراهم می‌کند که ابزارهای مالی اسلامی با کارایی و شفافیت بیشتری توسعه یابند. هدف: هدف این پژوهش ظرفیت‌سنجی و تحلیل راهبردی استفاده از زیرساخت رمزریال برای طراحی و مدیریت نسل جدید اوراق بهادار اسلامی با تمرکز ویژه بر «صکوک هوشمند» است تا ضمن شناسایی چالش‌ها، راهکارهای عملیاتی ارائه دهد. روش‌شناسی: پژوهش حاضر از نوع بنیادی بوده و با رویکرد توصیفی-تحلیلی انجام شده است. گردآوری داده‌ها به روش اسنادی و کتابخانه‌ای با مراجعه به منابع معتبر فقهی، حقوقی و اسناد فنی بانک مرکزی صورت گرفته است. یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهد قراردادهای هوشمند بر بستر رمزریال می‌توانند انتشار، توزیع سود و معاملات ثانویه صکوک را خودکار کرده، هزینه‌های معاملات را کاهش دهند. با این حال چالش‌های فقهی نظیر «ماهیت قبض» در دارایی دیجیتال و چالش‌های حقوقی مانند «اعتبار قانونی کد» وجود دارد. پیچیدگی هوشمندسازی در صکوک مشارکت بیشتر از صکوک اجاره است. نتیجه‌گیری: تحقق صکوک هوشمند منوط به ایجاد یک چارچوب سه‌لایه (فقهی، فنی و نظارتی) است. پیشنهاد می‌شود نهادهای ناظر با استفاده از «محیط آزمون تنظیم‌گری»، ابتدا صکوک اجاره را بر بستر رمزریال عملیاتی کنند تا ضمن مدیریت ریسک، زمینه‌گذار به مالیه اسلامی دیجیتال فراهم شود.

واژگان کلیدی

رمزریال، صکوک هوشمند، قرارداد هوشمند، فین‌تک اسلامی، بازار سرمایه.



مقاله

تحول دیجیتال در دهه اخیر، بنیادهای نظام پولی و مالی جهانی را دگرگون کرده است. ظهور فناوری دفتر کل توزیع شده (Distributed Ledger Technology) و به تبع آن، رمزارزهای غیرمتمرکز، بانکهای مرکزی را با چالشی بی سابقه مواجه کرد؛ چالشی که هم حاکمیت پولی دولت‌ها را تهدید می‌کرد و هم فرصت‌هایی نو برای بهبود نظام‌های پرداخت پیش رو می‌گذاشت. در پاسخ به این تحولات، مفهوم «پول دیجیتال بانک مرکزی» (CBDC) Central Bank Digital Currency)) به عنوان راهکار منتخب نظام پولی حاکمیتی برای ورود به عصر دیجیتال مطرح گردید (Bank for International Settlements, 2021, p.9). پول دیجیتال بانک مرکزی، بر خلاف رمزارزهای رایج، یک تعهد مستقیم از سوی بانک مرکزی است و به عنوان شکل سوم پول در کنار اسکناس و پول اسکریپتورال (Escritural) (سپرده‌های بانکی) قرار می‌گیرد. در همین راستا بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران نیز با هدف همگامی با فناوری‌های نوین و پاسخ به نیازهای اقتصاد دیجیتال کشور، پروژه «رمزریال» را تعریف و مراحل آزمایشی آن را آغاز نمود. بر اساس اسناد منتشرشده، اهداف اصلی این پروژه شامل ایجاد یک پول دیجیتال برنامه‌پذیر، افزایش سرعت و کاهش هزینه در نظام پرداخت و توسعه ابزارهای پرداخت نوین است (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۲، ص ۱۲). ویژگی کلیدی رمزریال که آن را از نظام‌های پرداخت فعلی متمایز می‌کند، «برنامه‌پذیری» (Programmability) آن است؛ قابلیت‌هایی که از طریق فناوری قراردادهای هوشمند (Smart Contracts) امکان‌پذیر می‌شود و اجازه می‌دهد منطق و قوانین خاصی بر جریان پول حاکم شود (اسدی، ۱۴۰۱، ص ۵۵). از سوی دیگر بازار سرمایه اسلامی ایران به طور گسترده‌ای بر ابزارهای مالی مبتنی بر عقود اسلامی به ویژه اوراق صکوک استوار است. صکوک به عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای تأمین مالی برای دولت و

شرکت‌ها، با وجود موفقیت‌های چشمگیر، همچنان با چالش‌هایی در زمینه فرایندهای انتشار، معاملات ثانویه و توزیع سود مواجه است. این فرایندها اغلب زمان‌بر، پرهزینه و متکی بر واسطه‌های متعددند که می‌تواند منجر به کاهش کارایی و نقدشوندگی بازار شود (موسویان، ۱۳۹۹، ص ۲۱۵). در نقطه تلاقی این دو حوزه، یعنی فناوری رمزریال و نیاز بازار سرمایه اسلامی، یک فرصت پژوهشی و عملیاتی برجسته شکل می‌گیرد. قابلیت برنامه‌پذیری رمزریال این ظرفیت بالقوه را ایجاد می‌کند که بتوان نسل جدیدی از اوراق بهادار اسلامی تحت عنوان «صکوک هوشمند» را طراحی و اجرا کرد. صکوک هوشمند اوراقی است که در آن، تمامی فرایندهای مربوط به انتشار، پرداخت‌های دوره‌ای سود، معاملات ثانویه و تسویه نهایی در سررسید، به صورت خودکار و از طریق یک قرارداد هوشمند بر بستر بلاکچین اجرا می‌شود (حسینی، ۱۴۰۲، ص ۴). این ایده می‌تواند به رفع ناکارآمدی‌های موجود و ایجاد بازاری شفاف‌تر و پویاتر منجر شود. با این حال حرکت از یک مفهوم نظری به یک ابزار مالی کارآمد، مستلزم بررسی دقیق ابعاد فنی، فقهی و حقوقی آن است. این پژوهش در صدد است این ابعاد را واکاوی کند. ادبیات مرتبط با موضوع این مقاله را می‌توان در سه حوزه اصلی دسته‌بندی کرد. حوزه اول، پژوهش‌های مرتبط با ماهیت فقهی و حقوقی قراردادهای هوشمند است. در این زمینه موسویان و حبیب‌زاده (۱۳۹۸) ضمن تبیین کارکرد قرارداد هوشمند، استدلال می‌کنند که این قراردادها با ارکان عمومی عقود در فقه امامیه و حقوق ایران تعارضی ندارند و می‌توان آنها را مصداقی از ایجاب و قبول فعلی (معاطات) دانست (موسویان و حبیب‌زاده، ۱۳۹۸، ص ۲۵). با این حال پژوهش ایشان به چالش‌های خاص هر نوع صکوک نپرداخته است. حوزه دوم، به تحلیل فقهی دارایی‌های دیجیتال و مسئله قبض اختصاص دارد. توکلی (۱۳۹۹) با تحلیل ماهیت قبض، آن را امری عرفی دانسته، استدلال می‌کند که کنترل انحصاری بر کلید خصوصی

کیف پول دیجیتال، مصداق عرفی استیلا بر مال است که برای تحقق قبض کفایت می‌کند (توکلی، ۱۳۹۹، ص ۱۴۰). همچنین حسینی و موسوی (۱۴۰۱) فرایند توکنایزکردن را از منظر فقهی بررسی کرده، آن را ابزاری مشروع برای اثبات مالکیت مشاع بر دارایی‌ها می‌دانند (حسینی و موسوی، ۱۴۰۱، ص ۷۰). این پژوهش‌ها هرچند مبانی فقهی را تبیین کرده‌اند، راهکار عملیاتی برای پیوند حقوقی توکن و دارایی فیزیکی ارائه نمی‌دهند. حوزه سوم، به کاربرد فناوری‌های نوین در مالیه اسلامی می‌پردازد. در سطح بین‌المللی، زمانی و آقابابایی (۲۰۲۰) به بررسی کلی الزامات قانونی و رگولاتوری برای عملیاتی کردن قراردادهای هوشمند در مالیه اسلامی پرداخته‌اند (Zamani & Aghababaei, 2020, p.1750).

با جمع‌بندی پژوهش‌های فوق مشخص می‌شود مطالعات پیشین یا به جنبه فنی یا فقهی یا حقوقی موضوع به صورت مجزا پرداخته‌اند. این پژوهش به دنبال پاسخ به این پرسش اصلی است که زیرساخت رمزریال چه ظرفیت‌ها و چالش‌های فقهی-حقوقی برای توسعه صکوک هوشمند در بازار سرمایه ایران دارد؟ به نظر می‌رسد زیرساخت رمزریال از ظرفیت فنی قابل توجهی برای خودکارسازی، شفاف‌سازی و افزایش کارایی فرایندهای صکوک برخوردار است؛ اما تحقق این ظرفیت، مشروط به ارائه راهکارهای معتبر برای چالش‌های نوظهور فقهی در حوزه عقود و قبض و همچنین مستلزم تدوین چارچوب‌های حقوقی مشخص برای اعتباربخشی به قراردادهای هوشمند است. اهمیت این پژوهش از سه منظر قابل بررسی است:

نخست، از منظر سیاست‌گذاری: نتایج این تحقیق می‌تواند برای نهادهای کلیدی مانند بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و سازمان بورس و اوراق بهادار، راهگشا باشد. با مشخص شدن الزامات فقهی و حقوقی، این نهادها می‌توانند مقررات و دستورالعمل‌های لازم برای اجرایی‌سازی امن و مشروع این فناوری را تدوین کنند.

دوم، از منظر بازار سرمایه: این پژوهش با معرفی یک راه‌حل نوآورانه، به توسعه بازار بدهی اسلامی، کاهش هزینه‌های تأمین مالی برای بنگاه‌های اقتصادی و افزایش جذابیت سرمایه‌گذاری برای عموم کمک می‌کند. سوم، از منظر علمی و آکادمیک: این تحقیق یک شکاف پژوهشی مهم را پر می‌کند. با وجود آنکه مطالعات متعددی در حوزه پول دیجیتال بانک مرکزی و همچنین مالیه اسلامی به صورت مجزا انجام شده است، پژوهش‌هایی که به صورت همزمان به بررسی پیوند این دو حوزه بپردازند به‌ویژه در زمینه اوراق بهادار هوشمند اسلامی، بسیار نادر است (پورفرج، ۱۴۰۰، ص ۸۵).

این تحقیق با ورود به این حوزه میان‌رشته‌ای، به غنای ادبیات علمی در فقه اقتصادی، حقوق فناوری و مالیه اسلامی کمک شایانی خواهد کرد. روش تحقیق در این مقاله توصیفی-تحلیلی است. در بخش توصیفی با استفاده از منابع کتابخانه‌ای، اسناد رسمی بانک‌های مرکزی، گزارش‌های نهادهای مالی بین‌المللی و مقالات علمی، به تبیین مفاهیم کلیدی همچون پول دیجیتال بانک مرکزی، رمزریال، قرارداد هوشمند و صکوک هوشمند پرداخته می‌شود. در بخش تحلیلی با تکیه بر مبانی فقهی عقود و معاملات و همچنین اصول حقوقی حاکم بر قراردادها و اوراق بهادار، ظرفیت‌ها و چالش‌های اجرایی کردن صکوک هوشمند بر بستر رمزریال تجزیه و تحلیل و الزامات مورد نیاز برای تحقق آن استنتاج می‌گردد.

۱. مبانی نظری و مفهومی

برای ورود به بحث اصلی یعنی ظرفیت‌سنجی رمزریال در توسعه ابزارهای مالی اسلامی، ضروری است ابتدا سه مفهوم کلیدی این پژوهش به دقت تبیین گردند: رمزریال به عنوان بستر فناورانه؛ قرارداد هوشمند به مثابه ابزار اجرایی؛ صکوک هوشمند به عنوان محصول نهایی این فرایند.

الف) رمزریال: ماهیت و کارکرد فنی

نخستین و رایج‌ترین خطا در مواجهه با مفهوم رمزریال، یکسان‌پنداری آن با رمزارزهای شناخته‌شده‌ای همچون بیت‌کوین است. در حالی که رمزارزهای غیرمتمرکز بر پایه شبکه‌های عمومی و بدون نیاز به مجوز فعالیت می‌کنند و فاقد یک نهاد صادرکننده متمرکزند، رمزریال یک پول دیجیتال بانک مرکزی است که به صورت متمرکز و تحت حاکمیت کامل بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران ایجاد و مدیریت می‌شود (کهن و احمد، ۱۴۰۱، ص ۳۵). رمزریال در واقع شکل دیجیتال پول ملی است و ارزش آن دقیقاً معادل ریال فیزیکی و سپرده‌های بانکی است. ماهیت رمزریال به عنوان یک CBDC به این معناست که برخلاف سپرده‌های شما در بانک‌های تجاری که تعهد آن بانک‌ها محسوب می‌شوند، هر واحد رمزریال یک تعهد مستقیم از سوی بانک مرکزی به دارنده آن است (International Monetary Fund, 2022, p.15). این ویژگی، آن را به امن‌ترین شکل پول دیجیتال در اقتصاد یک کشور تبدیل می‌کند؛ زیرا ریسک اعتباری بانک‌های تجاری را به همراه ندارد. معماری فنی رمزریال مبتنی بر یک فناوری دفتر کل توزیع‌شده (DLT) از نوع مجاز است. در این ساختار، بانک مرکزی به عنوان تنها نهاد صادرکننده عمل کرده، بانک‌های تجاری و مؤسسات پرداخت مجاز، به عنوان توزیع‌کننده، وظیفه ارائه خدمات کیف پول دیجیتال و اجرای تراکنش‌ها برای مشتریان نهایی را بر عهده دارند (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۲، ص ۲۰). مهم‌ترین ویژگی این معماری که آن را برای اهداف این پژوهش برجسته می‌کند، قابلیت «برنامه‌پذیری» آن است. این بدان معناست که می‌توان بر لایه پولی رمزریال، کدهای کامپیوتری تحت عنوان «قرارداد هوشمند» را اجرا کرد تا تراکنش‌های مالی پیچیده‌تر از یک پرداخت ساده را به صورت خودکار مدیریت کنند.

ب) قرارداد هوشمند و فناوری بلاکچین

فناوری بلاکچین که بستر اصلی بسیاری از پول‌های دیجیتال است، در ساده‌ترین تعریف، یک دفتر کل حسابداری دیجیتال، توزیع‌شده و تغییرناپذیر است. تصور کنید یک دفتر یادداشت وجود دارد که نسخه‌های یکسان آن در اختیار تمام اعضای یک شبکه قرار گرفته است. هرگاه تراکنش جدیدی ثبت می‌شود، این تراکنش به اطلاع همه می‌رسد و پس از تأیید، به انتهای دفتر اضافه می‌گردد. از آن پس هیچ کس، حتی مدیر شبکه، قادر به حذف یا تغییر آن صفحه نخواهد بود (Tapscott & Tapscott, 2018, p.40). ویژگی تغییرناپذیری، اعتماد را در یک شبکه بدون نیاز به یک واسطه مرکزی - مانند بانک یا دولت - ایجاد می‌کند. «قرارداد هوشمند» یک برنامه کامپیوتری است که روی این بستر بلاکچینی زندگی می‌کند. این قرارداد، مجموعه‌ای از قوانین و منطق‌های از پیش تعریف‌شده را در قالب کد در خود جای داده و به صورت خودکار اجرا می‌شود. بهترین مثال برای درک عملکرد آن، یک دستگاه فروش خودکار (Vending Machine) است. قوانین این دستگاه ساده است: «اگر شما مبلغ مشخصی پول وارد کنید و دکمه یک محصول را فشار دهید، دستگاه به صورت خودکار آن محصول را به شما تحویل می‌دهد». این فرایند بدون نیاز به هیچ فروشنده‌ای و به صورت کاملاً خودکار انجام می‌شود، زیرا منطق آن در سازوکار دستگاه برنامه‌ریزی شده است (شاکری، ۱۴۰۰، ص ۱۱۲). قرارداد هوشمند نیز دقیقاً همین منطق «اگر ... آن‌گاه ...» را در دنیای دیجیتال برای موضوعات مالی، حقوقی و تجاری عملیاتی می‌کند و به دلیل اجرا بر بستر بلاکچین، نتایج آن قطعی، شفاف و غیرقابل دستکاری است.

ج) صکوک هوشمند: نسل نوین اوراق بهادار اسلامی

صکوک، به عنوان ابزار مالی اسلامی، گواهی‌هایی با ارزش یکسان‌اند که پس از انتشار، بیانگر مالکیت مشاع دارنده آن بر یک یا مجموعه‌ای

از دارایی‌ها و منافع حاصل از آنها می‌باشند. این تعریف مورد پذیرش در سطح بین‌المللی نیز قرار دارد (ابراهیمی، ۱۳۹۸، ص ۷۵/ Ayub, 2007). به عبارت دیگر بر خلاف اوراق قرضه ربوی که صرفاً گواهی طلب‌اند، صکوک باید نماینده مالکیت بر یک دارایی واقعی و مولد باشد. «صکوک هوشمند» شکل توکن‌نیزشده (Tokenized) همین اوراق در بستر بلاکچین است. در این فرایند، حق مالکیت مشاع بر دارایی پایه صکوک - مانند یک ساختمان در صکوک اجاره یا کالاها در صکوک مرابحه - به واحدهای دیجیتال قابل معامله‌ای به نام «توکن» تبدیل می‌شود. سپس یک قرارداد هوشمند طراحی می‌شود که تمام قوانین و شروط مربوط به آن صکوک را در خود جای می‌دهد. این قوانین شامل مواردی همچون نرخ و زمان‌بندی دقیق پرداخت سود به دارندگان توکن، شرایط بازخرید یا سررسید اوراق و قوانین حاکم بر انتقال مالکیت توکن‌ها در بازار ثانویه است (حسینی، ۱۴۰۲، ص ۸)؛ بنابراین صکوک هوشمند صرفاً یک گواهی دیجیتال نیست، بلکه یک ابزار مالی خوداجرا (Self-Executing) است که در آن، دارایی، قوانین و فرایندهای عملیاتی به صورت یک پارچه در یک بستر فناورانه، شفاف و تغییرناپذیر تعریف و مدیریت می‌شوند.

۲. ظرفیت‌های فنی و عملیاتی رمزریال برای توسعه صکوک هوشمند

عملیاتی‌سازی صکوک بر بستر فناورانه رمزریال، صرفاً یک تغییر شکلی از اوراق کاغذی به دیجیتال نیست، بلکه یک تحول بنیادین در فرایندهای عملیاتی بازار سرمایه است. قابلیت برنامه‌پذیری از طریق قراردادهای هوشمند، سه ظرفیت کلیدی را فعال می‌سازد:

الف) خودکارسازی فرایندهای انتشار و توزیع سود

در نظام سنتی انتشار صکوک، فرایندها به شدت به عوامل و نهادهای انسانی و حقوقی متعدد وابسته است. نهادهایی همچون ناشر، بانی، امین،

وکیل و شرکت سپرده‌گذاری مرکزی اوراق بهادار و تسویه وجوه (CSDI)، هر یک نقشی در فرایندهای انتشار، نظارت و توزیع سود دارند. فرایند توزیع سودهای دوره‌ای، یک عملیات متمرکز و دسته‌ای (Batch Processing) است که توسط شرکت سپرده‌گذاری مرکزی انجام می‌شود و همواره با احتمال بروز خطاهای انسانی یا تأخیرهای عملیاتی همراه است (صالحی، ۱۴۰۰، ص ۱۵). درمقابل صکوک هوشمند این فرایندها را به طور کامل خودکار می‌سازد؛ یک قرارداد هوشمند می‌تواند به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که به صورت یک «امین دیجیتال» عمل کند؛ برای مثال در قرارداد هوشمند یک صکوک اجاره می‌توان منطق زیر را تعریف کرد: «در آخرین روز کاری هر فصل، به صورت خودکار معادل مبلغ اجاره‌بها را از کیف پول رمزریال مستأجر (بانی) برداشت کرده، به نسبت تعداد توکن‌های هر سرمایه‌گذار، به کیف پول رمزریال آنها واریز نما». این عملیات به صورت آنی، دقیق و بدون نیاز به دخالت هیچ نهاد واسطی انجام می‌شود. تمام محاسبات و پرداخت‌ها توسط کد اجرا شده و گزارش آن به صورت شفاف روی بلاکچین ثبت می‌گردد. این خودکارسازی، ریسک عملیاتی را به شدت کاهش و اعتماد سرمایه‌گذاران را به صحت و دقت پرداخت‌ها افزایش می‌دهد.

ب) افزایش شفافیت و کارایی در معاملات ثانویه

بازار ثانویه صکوک در حال حاضر از طریق سامانه معاملاتی بورس و با واسطه کارگزاران عمل می‌کند. اگرچه این سیستم الکترونیکی است، فرایند تسویه نهایی معامله (انتقال قطعی اوراق و وجه) معمولاً آنی نیست و تحت قاعده (T+n) انجام می‌شود که به معنای وجود ریسک تسویه (Settlement Risk) است. سوابق مالکیت نیز در یک پایگاه داده متمرکز نزد شرکت سپرده‌گذاری مرکزی نگهداری می‌شود که شفافیت آن برای عموم سرمایه‌گذاران محدود است. فناوری بلاکچین، شفافیت را به سطح بی‌سابقه‌ای ارتقا می‌دهد. از آنجا که هر معامله (انتقال توکن صکوک از یک

کیف پول به کیف پول دیگر) به عنوان یک تراکنش در دفتر کل توزیع شده ثبت می‌شود، یک سابقه مالکیت (Chain of Title) شفاف، دائمی و غیرقابل دستکاری ایجاد می‌گردد. تمام فعالان مجاز بازار می‌توانند در هر لحظه، تاریخچه کامل معاملات یک توکن را مشاهده کنند. مهم‌تر از آن، قراردادهای هوشمند می‌توانند فرایند تسویه را از طریق مکانیزمی به نام «مبادله اتمی» (Atomic Swap) به صورت آنی و بدون ریسک انجام دهند. این مکانیزم تضمین می‌کند که انتقال توکن صکوک از فروشنده به خریدار، تنها و تنها در صورتی انجام می‌شود که به صورت همزمان، مبلغ معامله به رمزیال از کیف پول خریدار به فروشنده منتقل شود. این فرایند که به آن «تحویل در برابر پرداخت» (Delivery versus Payment (DvP)) گفته می‌شود، ریسک تسویه را به صفر می‌رساند؛ زیرا هر دو سوی معامله یا با هم انجام می‌شوند یا هیچ کدام انجام نخواهند شد (Financial Stability Board, 2022, p.22).

ج) کاهش هزینه‌های انتشار و نقش واسطه‌ها

هزینه‌های تأمین مالی از طریق صکوک، شامل کارمزدها و حق الزحمه‌های متعددی است که به واسطه‌های مختلف پرداخت می‌شود. هزینه‌هایی مانند کارمزد متعهد پذیره‌نویسی، حق الزحمه امین، هزینه‌های ثبت و سپرده‌گذاری اوراق و کارمزد کارگزاران در معاملات ثانویه، مجموعاً بخش قابل توجهی از هزینه کل تأمین مالی را تشکیل می‌دهند. صکوک هوشمند با پدیده «حذف واسطه‌ها» (Disintermediation) می‌تواند این هزینه‌ها را به شکل چشمگیری کاهش دهد. بسیاری از وظایفی که امروز توسط نهادهای واسط انجام می‌شود، با قرارداد هوشمند قابل اجراست:

- ۱) نقش امین: قرارداد هوشمند با اجرای بی‌طرفانه و خودکار قوانین، نقش نظارتی امین را ایفا می‌کند.
- ۲) نقش سپرده‌گذاری مرکزی: دفتر کل توزیع‌شده، وظیفه ثبت و

نگهداری سوابق مالکیت را بر عهده می‌گیرد.

۳) نقش کارگزار: پلتفرم‌های معاملاتی غیرمتمرکز می‌توانند امکان معامله مستقیم و هم‌تا به هم‌تا (Peer-to-Peer) توکن‌ها را فراهم آورند. کاهش در تعداد واسطه‌ها و فرایندهای دستی نه تنها هزینه انتشار اوراق را برای ناشران کاهش می‌دهد، بلکه می‌تواند منجر به افزایش نرخ بازدهی برای سرمایه‌گذاران شود و تأمین مالی از این طریق را برای پروژه‌های کوچک‌تر و متوسط نیز اقتصادی کند (نجفی، ۱۳۹۹، ص ۴۸).

مرحله	فرایند در صکوک سنتی	فرایند در صکوک هوشمند
انتشار و ثبت	نیازمند نهاد واسطه، فرایند کاغذی و ثبت متمرکز	مبتنی بر قرارداد هوشمند، ثبت آنی و توزیع شده
پرداخت سود	از طریق شرکت سپرده‌گذاری مرکزی (فرایند دسته‌ای)	واریز خودکار و آنی به کیف پول رمزریال
معامله ثانویه	با واسطه کارگزار و تسویه با تأخیر (T+n)	معامله هم‌تا به هم‌تا با تسویه آنی
شفافیت	محدود به گزارش‌های دوره‌ای و دسترسی به سامانه	ثبت تمام تراکنش‌ها بر دفتر کل برای همه
نقش واسطه‌ها	حضور الزامی امین، سپرده‌گذاری مرکزی، کارگزار	کاهش نقش واسطه‌ها و اجرای وظایف توسط کد

جدول ۱ مقایسه فرایند انتشار صکوک سنتی و صکوک هوشمند

۳. تحلیل چالش‌ها و الزامات فقهی - حقوقی

با وجود ظرفیت‌های فنی و عملیاتی چشمگیری که در بخش پیشین تشریح شد، محقق‌سازی صکوک هوشمند بر بستر رمزریال، پیش از هر چیز، منوط به احراز مشروعیت فقهی و اعتبار حقوقی آن است. فناوری صرفاً یک ابزار است و کاربست آن در نظام مالی اسلامی باید با قواعد و اصول شرعی و همچنین چارچوب‌های قانونی کشور انطباق کامل داشته باشد. این بخش به واکاوی مهم‌ترین چالش‌ها و الزامات در این دو حوزه می‌پردازد.

الف) چالش‌های فقهی

مسائل فقهی قراردادهای هوشمند و دارایی‌های دیجیتال که پیش از این در زمینه رمزارزهای غیرمتمرکز نیز موضوع بحث‌های گسترده‌ای بوده است (برای نمونه، ر.ک: روشن و همکاران، ۱۳۹۸)، از جمله مباحث نوپدید (مستحدثه) در فقه معاملات است. دو چالش اساسی در این زمینه، انطباق قرارداد هوشمند با ارکان عقود و ماهیت قبض در دارایی‌های توکنیزه شده است.

۱). انطباق قرارداد هوشمند با ارکان عقود

بر اساس فقه امامیه، صحت هر عقدی منوط به وجود ارکان اساسی آن یعنی قصد و رضای طرفین، اهلیت و ایجاب و قبول است (موسوی خمینی، ۱۴۰۰، ج ۲، ص ۱۴/ شهیدی، ۱۳۹۵، ص ۸۸). این سؤال مطرح می‌شود که آیا یک کد کامپیوتری خوداجرا می‌تواند حامل این ارکان به‌ویژه ایجاب و قبول که نیازمند اعلام اراده طرفین است، باشد؟ در پاسخ می‌توان گفت اراده انشایی (قصد ایجاب) لزوماً نباید از طریق الفاظ بیان شود. ایجاب و قبول فعلی (معاطات) نیز در فقه جایگاه معتبری دارد. بر این اساس می‌توان فرایند عملکرد قرارداد هوشمند را این‌گونه تحلیل کرد:

۱) ایجاب (Offer): ناشر صکوک با تعریف و بارگذاری (Deploy) قرارداد هوشمند روی شبکه بلاکچین با شرایط و ضوابط کاملاً مشخص و غیرقابل تغییر، یک ایجاب عمومی و الزام‌آور را به تمام فعالان شبکه اعلام می‌کند.

۲) قبول (Acceptance): سرمایه‌گذار با بررسی شرایط و ارسال رمزریال به آدرس آن قرارداد هوشمند، به صورت فعلی (قبول فعلی)، ایجاب ناشر را می‌پذیرد. این عمل نشان‌دهنده قصد و رضای کامل او برای ورود به معامله با شرایط از پیش تعیین‌شده است (علوی، ۱۳۹۹، ص ۱۵۰).

بنابراین به نظر می‌رسد سازوکار قرارداد هوشمند با ارکان عمومی عقود تعارضی ندارد، مشروط بر آنکه شرایط و مفاد قرارداد (کد) پیش از اقدام

سرمایه‌گذار، به صورت شفاف و کامل برای او قابل رؤیت و درک باشد. همچنین علاوه بر ارکان عمومی، باید به چالش‌گر در قراردادهای هوشمند نیز توجه کرد. از آنجا که منطق قرارداد هوشمند در قالب کدهای کامپیوتری پیچیده نوشته می‌شود، این ریسک وجود دارد که سرمایه‌گذار عام نسبت به تمام جزئیات، پیامدها و ریسک‌های احتمالی آن علم نداشته باشد. برای رفع این‌گرر، الزامی است که در کنار کد، یک قرارداد شفاف و قابل فهم به زبان انسانی (لایه حقوقی) وجود داشته باشد؛ همچنین کدهای قرارداد هوشمند پیش از انتشار، توسط نهادهای ثالث معتبر حسابرسی شده، صحت عملکرد آن تأیید گردد تا از هر گونه ابهام خطرناک جلوگیری به عمل آید (میرمحمدی، ۱۳۹۷، ص ۱۶۰).

۲) ماهیت قبض (Possession) در دارایی‌های توکنیزه‌شده

چالش فقهی عمیق‌تر مربوط به مسئله «قبض و اقباض» است. در فقه امامیه، صحت بسیاری از عقود تملیکی منوط به تحقق قبض است (نجفی، بی‌تا، ج ۲۲، ص ۳۴۰). ماهیت قبض عبارت است از سلطه و استیلا مشتری بر مبیع، به نحوی که بتواند هر گونه تصرفی در آن بنماید و مانعی در این جهت وجود نداشته باشد (انصاری، ۱۴۱۵ق، ج ۳، ص ۱۱۲/کاتوزیان، ۱۳۹۴، ص ۱۱۰). فقها قبض را به دو نوع حقیقی - مانند تحویل فیزیکی کالا - و حکمی - مانند تحویل کلید انبار - تقسیم کرده‌اند که ملاک در هر دو، تحقق همین سلطه و استیلا عرفی است (محقق داماد، ۱۴۰۶ق، ص ۲۱۵). در عصر دیجیتال این سلطه عرفی مصادیق جدیدی یافته است. در مورد صکوک هوشمند، توکن دیجیتال به مثابه سند مالکیت مشاع بر دارایی پایه عمل می‌کند. کنترل این توکن از طریق کلید خصوصی منحصر به فردی که در اختیار سرمایه‌گذار قرار می‌گیرد، صورت می‌پذیرد. می‌توان استدلال کرد که در عرف کنونی فعالان حوزه دیجیتال، کنترل کامل و انحصاری بر کلید خصوصی، مصداق اتم قبض حکمی است؛ چراکه این کلید تنها ابزار

تصرف در آن دارایی دیجیتال (توکن) است و بدون آن، هیچ کس حتی ناشر نیز قادر به تصرف در آن نیست (توکلی، ۱۳۹۹، ص ۱۴۲). این امر دقیقاً روح تعریف شیخ انصاری از قبض یعنی «رفع ید مالک و اثبات ید مشتری» را محقق می‌کند. البته شرط تحقق این قبض حکمی، وجود یک پیوند حقوقی محکم و غیرقابل انفکاک میان توکن دیجیتال و دارایی فیزیکی در جهان خارج است که باید از طریق سازوکارهای ثبتی و قانونی تضمین شود (میرزایی، ۱۴۰۱، ص ۳۰).

ب) الزامات حقوقی

همراه با مشروعیت فقهی، کارآمدی یک ابزار مالی نیازمند اعتبار و حمایت قانونی است. قراردادهای هوشمند و دارایی‌های دیجیتال، مفاهیمی جدید برای نظام حقوقی کشورند که باید وضعیت آنها مشخص گردد.

۱) اعتبار قانونی قراردادهای هوشمند

آیا یک کد کامپیوتری خوداجرا می‌تواند به عنوان یک «قرارداد» معتبر و الزام‌آور از منظر حقوقی شناخته شود؟ با مراجعه به قوانین موجود، می‌توان به ماده ۱۰ قانون مدنی (اصل آزادی قراردادهای) و همچنین «قانون تجارت الکترونیک» استناد کرد. قانون تجارت الکترونیک «داده‌پیام» (Data Message) را به رسمیت شناخته و به آن اعتبار اسناد کاغذی را بخشیده است. می‌توان یک قرارداد هوشمند را مجموعه‌ای از داده‌پیام‌های ساختاریافته دانست که اراده طرفین را منعکس می‌کند (آهنگران، ۱۳۹۸، ص ۱۲۰). با این حال قوانین فعلی با فرض وجود عامل انسانی در انعقاد و تفسیر قراردادها نوشته شده‌اند و ماهیت خوداجرا و تغییرناپذیر قراردادهای هوشمند، ابهاماتی را ایجاد می‌کند. بنابراین یک «الزام حقوقی» مهم، بازنگری یا الحاق موادی به قوانین موجود است تا وضعیت حقوقی این قراردادها، شرایط صحت آنها و آثارشان به‌صراحت تبیین گردد.

۲) سازوکار حل اختلاف

اصل «کد، قانون است» (Code is Law) که در میان فعالان فناوری رایج است، در دنیای واقعی حقوقی پذیرفته نیست. همواره امکان بروز خطا در کد یا وقوع شرایطی که در قرارداد هوشمند پیش‌بینی نشده (Casus Omissus)، وجود دارد. اگر یک قرارداد هوشمند به دلیل خطا در کد، نتیجه‌ای مغایر با اراده واقعی طرفین ایجاد کند، سازوکار حل اختلاف چیست؟ از آنجا که این قراردادها تغییرناپذیرند، مراجعه به دادگاه برای اصلاح کد امکان‌پذیر نیست. راهکار پیشنهادی، ایجاد یک مدل «قرارداد دولایه» است. در این مدل، در کنار قرارداد هوشمند (لایه فنی)، یک قرارداد سنتی به زبان انسانی (لایه حقوقی) نیز وجود دارد که به عنوان مبنا و مرجع تفسیر عمل می‌کند. این قرارداد حقوقی باید به‌صراحت، قانون حاکم، دادگاه صالح یا مرجع داوری مشخصی را برای رسیدگی به اختلافاتی که از طریق کد قابل حل نیستند، تعیین نماید (شمس، ۱۴۰۱، ص ۵۵).

۳) الزامات نهاد تنظیم‌گر

فراتر از اصلاح قوانین عام، نهادهای ناظر بازار پول و سرمایه (بانک مرکزی و سازمان بورس) باید خود را برای مواجهه با این پدیده نوین تجهیز کنند. رگولاتوری سنتی که مبتنی بر بررسی اسناد کاغذی و فرایندهای پسینی است، توانایی نظارت مؤثر بر بازارهای آنی و خوداجرای مبتنی بر بلاکچین را نخواهد داشت. این ضعف در نظارت می‌تواند در صورت بروز خسارت برای فعالان بازار، پرسش‌هایی جدی در باب مسئولیت مدنی نهاد ناظر به وجود آورد (غماسی، ۱۴۰۰، ص ۱۳۸). اولین الزام، ایجاد تخصص فنی در بدنه نهاد ناظر است. رگولاتور باید بتواند منطق یک قرارداد هوشمند را درک کرده، کدهای آن را پیش از انتشار بررسی کند. دومین الزام، حرکت به سوی «نظارت ماشینی» (Machine-Readable Regulation) است. در این رویکرد، قوانین و مقررات به جای آنکه صرفاً در قالب متن حقوقی بیان شوند، به

صورت کدهای استاندارد نیز منتشر می‌شوند تا قراردادهای هوشمند بتوانند به صورت خودکار، انطباق خود با آنها را بررسی کنند. در نهایت - همان گونه که در نتیجه گیری نیز اشاره شد - استفاده از «محیط آزمون تنظیم‌گری» (Regulatory Sandbox) یک ضرورت است. این فضا به شرکت‌های نوآور اجازه می‌دهد محصولات خود را در یک محیط واقعی اما کنترل‌شده و با نظارت مستقیم رگولاتور آزمایش کنند، پیش از آنکه آن را به صورت عمومی عرضه کنند (زرکلام، ۱۴۰۱، ص ۲۱۰). این رویکرد، ضمن ترویج نوآوری، ریسک‌های آن را برای کل بازار به حداقل می‌رساند.



نمودار ۱: فرایند پیشنهادی اعتبارسنجی فقهی - حقوقی صکوک هوشمند

۴. چارچوب پیشنهادی برای اعتباربخشی و اجرای صکوک هوشمند

برای عبور از چالش‌های مطرح‌شده و بهره‌برداری کارآمد از ظرفیت رمزریال، این پژوهش یک «چارچوب اجرایی دولایه» را پیشنهاد می‌کند که پیوندی نظام‌مند میان دنیای کد و دنیای حقوق برقرار می‌سازد:

(الف) لایه حقوقی - فقهی (قرارداد مبنا)

این لایه یک قرارداد سنتی به زبان فارسی است که به صورت شفاف و کامل، تمامی ارکان عقد، شرایط، تعهدات طرفین، مشخصات دقیق دارایی پایه و حقوق دارندگان صکوک را مطابق با استانداردهای شرعی (AAOIFI, 2018) و قوانین کشور (کاتوزیان، ۱۳۹۴) تبیین می‌کند. مهم‌تر از همه، این قرارداد باید به‌صراحت بیان کند که قرارداد هوشمند، صرفاً ابزار اجرای خودکار مفاد همین قرارداد مبناست و در صورت بروز هر گونه تعارض یا ابهام، متن این قرارداد، منبع تفسیر و قضاوت خواهد بود؛ همچنین سازوکار حل اختلاف - مثلاً ارجاع به داوری - باید در این لایه مشخص گردد (افتخاری، ۱۳۹۹، ص ۶۵).

(ب) لایه فنی (قرارداد هوشمند)

این لایه شامل کدهای برنامه‌نویسی است که منطق اجرایی صکوک (توزیع سود، معاملات ثانویه و...) را عملیاتی می‌کند. این کد باید به گونه‌ای طراحی شود که ورودی‌ها و خروجی‌های آن دقیقاً منطبق بر مفاد قرارداد مبنا باشد.

(ج) لایه نظارتی و اتصال (اوراکل و حسابرسی)

این لایه نقش پل ارتباطی و اعتمادساز را ایفا می‌کند. پیش از انتشار صکوک، یک شرکت حسابرسی فنی معتبر باید کد قرارداد هوشمند را بررسی و گواهی کند که منطق آن دقیقاً همان چیزی است که در قرارداد مبنا ذکر شده و فاقد آسیب‌پذیری‌های امنیتی است. این اقدام، چالش‌گر را به میزان زیادی مرتفع

می‌کند. در صکوکی مانند مباحثه یا مشارکت که نیازمند دریافت اطلاعات از دنیای خارج‌اند - مانند تأیید خرید کالا یا صورت‌های مالی پروژه - باید از اوراکل‌های معتبر و حقوقی استفاده شود. این اوراکل‌ها نباید صرفاً یک سرویس فنی باشند، بلکه باید نهادهایی پاسخ‌گو باشند که صحت داده‌های ارسالی را تضمین می‌کنند (اسماعیلی و زمانی، ۱۴۰۰، ص ۲۸).

این چارچوب سه لایه تضمین می‌کند که نوآوری فنی در یک بستر حقوقی و فقهی مستحکم عمل کرده و ریسک‌های ناشی از ماهیت خوداجرای کد را مدیریت می‌کند.

۵. ریسک‌ها و ملاحظات راهبردی

علی‌رغم مزایای چشمگیر فنی، عملیاتی کردن صکوک هوشمند بر بستر یک پول دیجیتال ملی، ریسک‌ها و ملاحظات جدیدی را نیز به همراه دارد که نادیده گرفتن آنها می‌تواند منجر به چالش‌های ساختاری، امنیتی و اجتماعی شود. تحلیل این ریسک‌ها برای یک سیاست‌گذاری جامع ضروری است.

الف) ریسک‌های امنیتی و سایبری

قراردادهای هوشمند نرم‌افزارهایی هستند که توسط انسان نوشته می‌شوند و مانند هر نرم‌افزار دیگری، مستعد خطا و آسیب‌پذیری‌اند. یک خطای کوچک در کد یک قرارداد هوشمند که مدیریت میلیون‌ها واحد رمزریال را بر عهده دارد، می‌تواند منجر به ازدست‌رفتن سرمایه یا توزیع نادرست وجوه شود. از آنجا که این قراردادها پس از بارگذاری، اغلب تغییرناپذیرند، اصلاح یک کد معیوب بسیار دشوار و گاهی غیرممکن است (رسولی، ۱۴۰۰، ص ۴۰). علاوه بر این وابستگی این سیستم به زیرساخت‌های دیجیتال، آن را در معرض حملات سایبری پیچیده قرار می‌دهد. تضمین امنیت کیف پول‌های دیجیتال کاربران و حفاظت از شبکه در برابر حملات، یک پیش‌نیاز

حیاتی است که نیازمند سرمایه‌گذاری هنگفت در امنیت سایبری است.

ب) ریسک‌های مالی و ساختاری

پدیده «حذف واسطه‌ها» که به عنوان یک مزیت در کاهش هزینه‌ها مطرح شد، می‌تواند یک ریسک ساختاری برای نظام بانکی تلقی شود. اگر بخش بزرگی از تأمین مالی شرکت‌ها از طریق بانک‌ها به سمت انتشار مستقیم صکوک هوشمند حرکت کند، این امر می‌تواند به تضعیف نقش بانک‌های تجاری در اقتصاد منجر شود و بر توانایی آنها در خلق اعتبار تأثیر منفی بگذارد (داودی، ۱۴۰۱، ص ۱۱۲). همچنین سرعت بالای معاملات و ماهیت ۲۴ ساعته بازارهای مبتنی بر بلاکچین می‌تواند منجر به افزایش نوسانات (Volatility) شود. یک خطای الگوریتمی یا یک خبر منفی می‌تواند در چند دقیقه به یک فروش گسترده و سقوط بازار منجر شود، بدون آنکه مکانیسم‌های سنتی «قطع‌کننده مدار» (Circuit Breaker) به راحتی قابلیت اجرایی باشند.

ج) ملاحظات اجتماعی و شمول مالی

حرکت به سوی یک نظام مالی کاملاً دیجیتال، این ریسک را به همراه دارد که بخشی از جامعه که از سواد دیجیتال کافی برخوردار نیستند یا به ابزارهای دیجیتال پیشرفته دسترسی ندارند، از این بازار حذف شوند. این پدیده که به آن «شکاف دیجیتال» (Digital Divide) گفته می‌شود، می‌تواند به نابرابری اقتصادی دامن بزند. در حالی که سرمایه‌گذاران حرفه‌ای از مزایای سرعت و کارایی بهره‌مند می‌شوند، شهروندان عادی ممکن است در استفاده از کیف پول‌های دیجیتال و تعامل با قراردادهای هوشمند دچار مشکل شوند یا قربانی کلاهبرداری‌های نوین گردند. سیاست‌گذاری در این حوزه باید با تأکید بر آموزش همگانی و طراحی رابط‌های کاربری ساده و امن همراه باشد تا شمول مالی را تضمین کند.

حوزه ریسک	شرح ریسک	راهکار پیشنهادی برای کاهش ریسک
امنیتی - فنی	وجود خط یا آسیب پذیری در کد قرارداد هوشمند که منجر به ازدست رفتن سرمایه شود.	الزامی کردن حساسی کد: توسط شرکت های ثالث معتبر پیش از انتشار صکوک. ایجاد قالب های استاندارد: ارائه قالب های از پیش تأیید شده فقهی - فنی برای قراردادهای هوشمند. برنامه های جایزه در برابر خطا (Bug Bounty): تشویق متخصصان امنیتی به یافتن و گزارش آسیب پذیری ها.
مالی سیستمی	حذف واسطه های مالی (بانک ها) و تضعیف نقش آنها در اقتصاد و سیاست های پولی	عملیاتی سازی مرحله ای: شروع با پروژه های محدود برای ارزیابی آثار. تعریف نقش های جدید برای بانک ها: مانند ارائه خدمات کیف پول پیشرفته، احراز هویت مشتریان و امین دارایی های پایه.
حقوقی و قانونی	ابهام در اعتبار قانونی قراردادهای هوشمند و فقدان سازوکار مشخص برای حل اختلاف	اصلاح قوانین: بازنگری در قانون تجارت الکترونیک برای به رسمیت شناختن صریح قراردادهای خود اجرا. استفاده از قرارداد دولایه: پیوند دادن قرارداد هوشمند به یک قرارداد حقوقی سنتی به عنوان مرجع تفسیر و داوری.
فقهی	عدم قطعیت در مورد انطباق کامل فرایندهای دیجیتال با قواعد شرعی - مانند قبض	تدوین دستورالعمل های شفاف: توسط کمیته فقهی سازمان بورس در خصوص مصادیق قبض عرفی دیجیتال. ایجاد سامانه ثبت رسمی: برای ایجاد پیوند حقوقی غیر قابل انفکاک میان توکن دیجیتال و دارایی فیزیکی پایه.
اجتماعی	ایجاد شکاف دیجیتال و حذف بخشی از جامعه که سواد یا دسترسی به ابزارهای نوین ندارند	آموزش همگانی: برگزاری دوره های آموزشی و تولید محتوا برای افزایش سواد مالی دیجیتال. طراحی رابط های کاربری ساده: توسعه کیف پول ها و پلتفرم هایی که استفاده از آنها برای عموم مردم آسان باشد.

جدول ۲: ماتریس ریسک ها و راهکارهای پیشنهادی برای کاهش آنها

۶. تحلیل تطبیقی انواع صکوک هوشمند

مفهوم «صکوک هوشمند» یک عنوان کلی است. ظرفیت‌ها و چالش‌های فقهی - فنی اجرایی کردن این ابزار، بسته به نوع عقد پایه‌ای که صکوک بر آن استوار است، تفاوت‌های معناداری دارد. در ادامه سه نوع پرکاربرد صکوک از این منظر تحلیل می‌شوند:

الف) صکوک اجاره هوشمند

صکوک اجاره به دلیل ساختار ساده و جریان درآمدی ثابت، مناسب‌ترین گزینه برای هوشمندسازی است. در این مدل، قرارداد هوشمند می‌تواند به‌سادگی وظیفه توزیع خودکار و دوره‌ای مال‌الاجاره - که از سوی بانی به کیف پول قرارداد واریز می‌شود - را به کیف پول دارندگان توکن بر عهده بگیرد. چالش فقهی «قبض» نیز در اینجا ساده‌تر قابل حل است؛ زیرا موضوع عقد منفعت دارایی است (موسوی خمینی، ۱۴۰۰، ج ۱، ص ۵۵۰) و توکن می‌تواند نماینده مالکیت مشاع بر همین منافع باشد. پیوند حقوقی نیز از طریق ثبت رسمی دارایی پایه به نام نهاد واسط و ارجاع به آن در قرارداد حقوقی پشتیبان، قابل برقرارشدن است (حیدری، ۱۴۰۰، ص ۹۵).

ب) صکوک مباحه هوشمند

این نوع صکوک به دلیل ماهیت آن که مبتنی بر خرید و فروش نسبه یک کالا است، پیچیدگی بیشتری دارد. یک قرارداد هوشمند به‌تنهایی نمی‌تواند از وقوع خرید و فروش واقعی کالا در جهان خارج اطمینان حاصل کند. در اینجا نیاز به یک جزء فنی دیگر به نام «اوراکل» (Oracle) احساس می‌شود. اوراکل‌ها سرویس‌هایی هستند که داده‌های دنیای واقعی را به صورت امن و قابل اعتماد به درون بلاکچین و برای استفاده قراردادهای هوشمند منتقل می‌کنند؛ برای مثال یک اوراکل می‌تواند اسناد گمرکی یا انبارداری مبنی بر خرید و تحویل کالا را تأیید کرده و به قرارداد هوشمند «اطلاع» دهد تا

پرداخت وجه به فروشنده را آزاد کند. چالش اصلی در اینجا، تضمین اعتبار و عدم دستکاری اوراکل‌ها و همچنین انطباق فقهی فرایند خرید و فروش است که نباید به یک معامله صوری تبدیل شود.

ج) صکوک مشارکت هوشمند

صکوک مشارکت که در آن سرمایه‌گذاران در سود و زیان یک پروژه شریک می‌شوند، پیچیده‌ترین نوع برای هوشمندسازی است. قرارداد هوشمند در اینجا باید بتواند سود یا زیان واقعی پروژه را شناسایی و بر اساس آن، سهم هر سرمایه‌گذار را محاسبه و توزیع کند. این امر نیز به شدت به اوراکل‌های پیشرفته وابسته است که بتوانند صورت‌های مالی تأییدشده پروژه را به قرارداد هوشمند منتقل کنند. چالش فقهی بزرگ در اینجا، ریسک تبدیل شدن رابطه «مشارکت» به یک رابطه «وام با بهره متغیر» است. اگر قرارداد هوشمند به جای اتکا به سود واقعی پروژه، بر اساس شاخص‌های از پیش تعیین‌شده یا الگوریتمی عمل کند، ممکن است ماهیت عقد از مشارکت خارج شود. بنابراین طراحی این نوع صکوک نیازمند نظارت فقهی بسیار دقیق بر منطق کد و نحوه اتصال آن به داده‌های واقعی پروژه است (رئیس، ۱۳۹۸، ص ۸۸).

نتیجه‌گیری

ظهور رمزریال به عنوان یک پول دیجیتال بانک مرکزی، فرصتی بی‌بدیل برای بازمهندسی ابزارهای مالی سنتی فراهم آورده است. این پژوهش با هدف تحلیل جامع ظرفیت‌ها، چالش‌ها و ریسک‌های توسعه صکوک هوشمند بر این بستر انجام شد. نتایج تأیید کرد که قابلیت برنامه‌پذیری رمزریال، پتانسیل فنی بالایی برای خودکارسازی، شفاف‌سازی و کاهش هزینه در بازار صکوک دارد؛ با این حال تحلیل‌ها نشان داد این مسیر، ساده و یک‌سویه نیست. فعلیت‌یافتن این ظرفیت نه تنها مشروط به ارائه راهکارهای معتبر برای چالش‌های بنیادین فقهی - مانند قبض عرفی - و حقوقی - مانند

اعتبار قانونی کد - است، بلکه مستلزم مدیریت و کاهش ریسک‌های راهبردی مهمی از جمله تهدیدات سایبری، پیامدهای سیستمی برای واسطه‌های مالی سنتی و خطر به حاشیه رانده شدن بخشی از جامعه است. همچنین یافته‌ها نشان داد موفقیت در این مسیر نیازمند یک رویکرد مرحله‌ای است؛ چراکه هوشمندسازی صکوک ساده‌تری مانند اجاره، بسیار واقع‌بینانه‌تر از صکوک پیچیده‌ای چون مشارکت است. بنابراین فرضیه تحقیق مبنی بر مشروط بودن تحقق این پتانسیل به ایجاد یک زیست‌بوم کامل فقهی - حقوقی و مدیریتی، تأیید می‌گردد. حرکت به سوی مالیه اسلامی دیجیتال نیازمند یک نقشه راه دقیق است که در آن، نوآوری فناورانه با مدیریت ریسک و تدوین مقررات هوشمند همراه باشد. بر این اساس پیشنهاد می‌شود نهادهای سیاست‌گذار ضمن بازنگری در قوانین تجارت الکترونیک، با استفاده از ابزار «محیط آزمون تنظیم‌گری»، این فناوری را به صورت کنترل‌شده و مرحله‌ای، با اولویت ابزارهای کم‌ریسک‌تر در معرض آزمایش قرار دهند. این رویکرد محتاطانه، شرط لازم برای گذار موفق از ابزارهای مالی سنتی به نسل نوین مالیه اسلامی دیجیتال است، به گونه‌ای که از منافع آن بهره‌مند شده، در برابر تهدیدات آن مصون بمانیم.

حامی مالی

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله هیچ‌گونه حامی مالی ندارد.

سهم نویسنده در پژوهش

نویسنده مسئولیت کامل طراحی، اجرا، نگارش و تأیید نهایی مقاله را بر عهده داشته است.

تضاد منافع

نویسنده اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارد.

منابع

- آهنگران، رسول (۱۳۹۸). *قراردادهای الکترونیکی*. چ ۳، تهران: مجد.
- ابراهیمی، محمد (۱۳۹۸). *ابزارهای مالی اسلامی*. ج ۱، چ ۳، تهران: انتشارات دانشگاه امام صادق (ع).
- اسدی، لیلیا (۱۴۰۱). *حقوق قراردادهای هوشمند*. چ ۱، تهران: انتشارات مجد.
- اسماعیلی، محسن، و زمانی، امیر (۱۴۰۰). چالش‌های حقوقی اوراکل‌ها در قراردادهای هوشمند. *فصلنامه پژوهش‌های حقوق خصوصی*، ۱۰ (۳۵)، ۹-۳۲.
- افتخاری، جواد (۱۳۹۹). سازوکارهای حل و فصل اختلافات در قراردادهای هوشمند. *فصلنامه تحقیقات حقوقی*، (۹۰)، ۴۵-۷۰.
- انصاری، مرتضی (۱۴۱۵ق). *کتاب المکاسب*. قم: کنگره جهانی بزرگداشت شیخ اعظم انصاری.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۲). *سند تبیین پروژه رمزریال*. چ ۱، تهران: اداره نظام‌های پرداخت.
- پورفرج، علیرضا (۱۴۰۰). تحلیل روندهای نوین در مالیه اسلامی دیجیتال. *فصلنامه اقتصاد اسلامی*، (۱۷)، ۸۵-۱۱۰.
- توکلی، عبدالله (۱۳۹۹). ماهیت‌شناسی قبض در دارایی‌های دیجیتال از منظر فقه امامیه. *دوفصلنامه دین و قانون*، ۸ (۲۵)، ۱۲۳-۱۴۸.
- حسینی، سید عباس؛ موسوی، سید مرتضی (۱۴۰۱). تحلیل فقهی توکنایزکردن دارایی‌ها با تأکید بر بازارهای مالی اسلامی. *فصلنامه اقتصاد اسلامی*، ۲۲ (۸۵)، ۵۵-۸۰.
- حسینی، سیدمجتبی (۱۴۰۲). چالش‌های فقهی صکوک هوشمند. *دوفصلنامه پژوهش‌های مالی اسلامی*، (۱۱)، ۱-۲۵.
- حیدری، علی (۱۴۰۰). *مبانی حقوقی بازارهای مالی*. چ ۴، تهران: انتشارات خرسندی.
- داودی، پرویز (۱۴۰۱). *اقتصاد ایران در گذار*. چ ۱، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- رئیس، سیدابراهیم (۱۳۹۸). *قواعد فقه (بخش اقتصادی)*. چ ۲، مشهد: بنیاد پژوهش‌های اسلامی آستان قدس رضوی.
- رسولی، رضا (۱۴۰۰). تأثیر فناوری بلاکچین بر شفافیت بازارهای مالی. *فصلنامه مطالعات مالی*، (۳۴)، ۳۵-۵۰.
- روشن، محمد، مظفری، مصطفی، و میرزایی، هانیه (۱۳۹۸). بررسی وضعیت فقهی و حقوقی بیت کوین. *فصلنامه تحقیقات حقوقی*، ۲۲ (۸۷)، ۴۹-۷۸.
- زرکلام، ستار (۱۴۰۱). *حقوق تجارت الکترونیک*. چ ۵، تهران: انتشارات شهر دانش.
- سازمان حسابرسی و بازبینی مؤسسات مالی اسلامی (AAOIFI) (۲۰۱۸). *استانداردهای شرعی، منامه - بحرین*.

- سایت بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، آخرین مراجعه ۱۴۰۴/۷/۳، در: www.cbi.ir.
- سایت سازمان بورس و اوراق بهادار، آخرین مراجعه ۱۴۰۴/۷/۳، در: www.seo.ir.
- شاکری، مجید (۱۴۰۰). فین‌تک: مبانی، کاربردها و چالش‌ها. چ ۱، تهران: انتشارات راه پرداخت.
- شمس، عبدالله (۱۴۰۱). داوری در قراردادهای هوشمند. فصلنامه تحقیقات حقوقی، (۸۵)، ۷۵-۵۰.
- شهیدی، مهدی (۱۳۹۵). تشکیل قراردادها و تعهدات. ج ۱، چ ۷، تهران: انتشارات مجد.
- صالحی، جواد (۱۴۰۰). آسیب‌شناسی فرایندهای بازار بدهی ایران. فصلنامه دانش سرمایه‌گذاری، (۲۱)، ۲۵-۱۰.
- صفایی، حسین (۱۳۹۸). قواعد عمومی قراردادها. ج ۱، چ ۱۰، تهران: انتشارات میزان.
- علوی، سیدمحمد (۱۳۹۹). فقه و قراردادهای هوشمند. فصلنامه پژوهش‌های فقه و حقوق اسلامی، (۴۵)، ۱۶۵-۱۴۵.
- غمامی، مجید (۱۴۰۰). مسئولیت مدنی دولت. چ ۶، تهران: نشر دادگستر.
- کاتوزیان، ناصر (۱۳۹۴). عقود معین. ج ۱، تهران: شرکت سهامی انتشار.
- کاتوزیان، ناصر (۱۴۰۰). نظریه عمومی تعهدات. چ ۱۰، تهران: انتشارات گنج دانش.
- کهن، احمد (۱۴۰۱). مقدمه‌ای بر ارزهای دیجیتال و فناوری بلاکچین. چ ۲، تهران: انتشارات آراد.
- محقق داماد، سیدمصطفی (۱۴۰۶ ق). قواعد فقه: بخش مدنی. تهران: مرکز نشر علوم اسلامی.
- موسویان، سید عباس (۱۳۹۹). بانکداری اسلامی: مبانی نظری و تجارب عملی. ج ۲، چ ۵، تهران: پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی.
- موسویان، سیدعباس؛ حبیب‌زاده، محمدجعفر (۱۳۹۸). بررسی فقهی و حقوقی قراردادهای هوشمند. فصلنامه تحقیقات مالی اسلامی، (۱)۹، ۳۴-۷.
- میرزایی، عباس (۱۴۰۱). ماهیت قبض در دارایی‌های دیجیتال. دوفصلنامه مالی اسلامی، (۱۵)، ۴۵-۲۵.
- میرمحمدی، مهدی (۱۳۹۷). قاعده غرر و کاربرد آن در ابزارهای نوین مالی. فصلنامه پژوهش‌های فقه و حقوق اسلامی، (۵۳) ۱۵، ۱۷۸-۱۵۷.
- نجفی، سعید (۱۳۹۹). اقتصاد دیجیتال و کاهش هزینه‌های مبادله. چ ۱، تهران: انتشارات دنیای اقتصاد.
- نجفی، محمد حسن (بی‌تا). جواهر الکلام فی شرح شرایع الاسلام. ج ۲۲، بیروت: دارالاحیاء التراث العربی.
- Ayub, Muhammad (2007). *Understanding Islamic Finance*. John Wiley & Sons.

- Bank for International Settlements (2021). *CBDCs: an opportunity for the monetary system*. Annual Economic Report, Chapter III.
- Financial Stability Board (2022). *The Financial Stability Risks of Decentralised Finance*. First Edition, Basel, FSB Publications.
- International Monetary Fund (2022). *Central Bank Digital Currency and Financial Stability*. IMF Staff Discussion Note, No.2022/001, Washington, D.C.
- Tapscott, Don, & Tapscott, Alex (2018). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*. First Edition, New York: Penguin Random House.
- Zamani, Mahdi, & Aghababaei, Hossein (2020). Smart Contracts in Islamic Finance: A Legal and Regulatory Overview. *Journal of Islamic Accounting and Business Research*, 11(9), 1745-1761.

