Journal of
Intelligent Financial
Management Perspectives

ISSN: 3116-0964

# Modeling the Effects of Real-World Asset Tokenization on Islamic Finance Using Layer 2 Blockchain, Smart Contracts, and Quantum Monte Carlo Simulation

Hamidreza Karimi [1]*, Zahra Sadat Mousavi [2]

[1] *PhD in Financial Management, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran (Coresponding autour), Email: Hamidreza.Karimi@atu.ac.ir*

[2] *Master's Degree in Financial Management, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran*

ARTICLE INFO

*Article history:*
Received:26/12/2025
Received in revised form:08/01/2026
Accepted:22/01/2026
Available online:09/02/2026

*Keywords:*

*Real-World Asset Tokenization*
*Layer 2 Blockchain*
*Smart Contracts*
*Quantum Monte Carlo*
*Decentralized Finance*

ABSTRACT

This study proposes a novel framework for analyzing and modeling financial systems based on tokenized real-world assets by investigating the combined effects of asset tokenization, Layer 2 blockchain infrastructure, smart contracts, and advanced simulation techniques on efficiency, risk, and liquidity in decentralized financial systems. In recent years, the rapid development of financial technologies and the expansion of digital assets have fundamentally transformed the structure of financial markets. Concepts such as real-world asset tokenization and decentralized finance (DeFi) have emerged as key components in redesigning modern financial infrastructures. However, challenges such as limited scalability, increased systemic risk, and the complexity of modeling digital market behavior remain significant obstacles.

In this study, a hybrid modeling framework based on classical and quantum Monte Carlo simulation is developed to evaluate the behavior of tokenized assets under different market scenarios. The impact of Layer 2 blockchain architecture on network efficiency is also analyzed using a performance metric defined as the ratio of processed transactions to network latency. Furthermore, smart contracts are incorporated as self-executing mechanisms aimed at reducing transaction costs and improving transparency within the financial system. The simulation results indicate that increasing the tokenization rate up to an optimal threshold enhances both liquidity and asset returns; however, beyond this level, volatility and systemic risk begin to rise significantly. Additionally, the use of Layer 2 blockchain solutions substantially improves network efficiency by increasing transaction throughput and reducing latency. A comparative analysis of computational methods further reveals that quantum Monte Carlo simulation outperforms its classical counterpart in terms of both accuracy and computational complexity reduction.

Overall, the findings suggest that the integration of emerging financial technologies can lead to a more efficient, transparent, and scalable financial architecture. Nevertheless, effective risk management strategies are essential to address the potential instability arising from increased financial digitization and market interconnectedness.

**Article Type:** Research Paper

*Journal of Intelligent Financial Management, 2025, Vol. 1, No.4, pp. 1- 15*

***Publish by:***
*Tolou-e Binish-e Ayandeh Scientific Institute*

*https://doi.org/ 10.25843/JIFM.2025.8563.21664*

©Authors

**Cite:** Karimi,H and Mousavi,Z S . (2026). Modeling the Effects of Real-World Asset Tokenization on Islamic Finance Using Layer 2 Blockchain, Smart Contracts, and Quantum Monte Carlo Simulation. *Journal of Intelligent Financial Management*, 1(4), 1-15.

نگرش های
مدیریت مالی هوشمند
Journal of Intelligent Financial Management Perspectives
ISSN: 3116-0964

# مدل‌سازی اثرات توکنایزیشن دارایی‌های واقعی بر تأمین مالی اسلامی با بلاکچین لایه ۲، قراردادهای هوشمند هوشمند و شبیه‌سازی کوانتومی مونت کارلو

**حمیدرضا کریمی [۱و*]، زهرا سادات موسوی [۲]**

۱ و *- دکتری مدیریت مالی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، ایمیل نویسنده مسئول:*Hamidreza.Karimi@atu.ac.ir*

۲- کارشناسی ارشد مدیریت مالی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

**اطلاعات مقاله**

**تاریخچه مقاله:**

تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۱۰/۰۵

تاریخ بازنگری:۱۴۰۴/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش:۱۴۰۴/۱۱/۰۲

تاریخ انتشار:۱۴۰۴/۱۱/۲۰

**کلیدواژه‌ها:**

توکنایزیشن دارایی‌های واقعی

بلاکچین لایه دوم

قراردادهای هوشمند

مونت‌کارلو کوانتومی

مالی غیرمتمرکز

**چکیده**

این پژوهش با هدف ارائه یک چارچوب نوین برای تحلیل و مدل‌سازی نظام‌های مالی مبتنی بر دارایی‌های واقعی توکن‌شده، به بررسی اثر هم‌زمان توکنایزیشن دارایی‌ها، زیرساخت بلاکچین لایه دوم، قراردادهای هوشمند و روش‌های شبیه‌سازی پیشرفته بر کارایی، ریسک و نقدشوندگی در نظام‌های مالی غیرمتمرکز می‌پردازد. در سال‌های اخیر، توسعه فناوری‌های مالی و گسترش دارایی‌های دیجیتال موجب تغییر بنیادین در ساختار بازارهای مالی شده است؛ به‌گونه‌ای که مفاهیمی مانند توکنایزیشن دارایی‌های واقعی و مالی غیرمتمرکز به‌عنوان عناصر کلیدی در بازطراحی زیرساخت‌های مالی مطرح شده‌اند. با این حال، چالش‌هایی نظیر مقیاس‌پذیری پایین، افزایش ریسک‌های سیستماتیک، و پیچیدگی تحلیل رفتار بازارهای دیجیتال همچنان پابرجا هستند.

در این پژوهش، یک مدل ترکیبی مبتنی بر شبیه‌سازی مونت‌کارلو کلاسیک و کوانتومی طراحی شده است تا رفتار دارایی‌های توکن‌شده تحت سناریوهای مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین اثر استفاده از بلاکچین لایه دوم بر کارایی شبکه از طریق شاخص نسبت تعداد تراکنش‌های پردازش‌شده به تأخیر شبکه تحلیل شده است. علاوه بر این، قراردادهای هوشمند به‌عنوان مکانیزم‌های خودا‌جرا برای کاهش هزینه‌های مبادله و افزایش شفافیت در نظر گرفته شده‌اند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که افزایش نرخ توکنایزیشن تا سطح بهینه موجب افزایش نقدشوندگی و بازده دارایی‌ها می‌شود، اما در سطوح بالاتر، نوسان‌پذیری و ریسک سیستماتیک افزایش می‌یابد. همچنین استفاده از بلاکچین لایه دوم موجب بهبود قابل توجه کارایی شبکه و افزایش ظرفیت پردازش تراکنش‌ها شده است. مقایسه روش‌های محاسباتی نیز نشان می‌دهد که مونت‌کارلو کوانتومی در مقایسه با روش کلاسیک، از دقت بالاتر و پیچیدگی محاسباتی کمتری برخوردار است.

در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب فناوری‌های نوین مالی می‌تواند منجر به شکل‌گیری یک ساختار مالی کارآمدتر، شفاف‌تر و مقیاس‌پذیرتر شود، هرچند مدیریت ریسک‌های ناشی از افزایش دیجیتالی‌سازی دارایی‌ها همچنان یک ضرورت اساسی محسوب می‌شود.

**نوع مقاله: پژوهشی**

**© نویسندگان**

**استناد:** کریمی،حمیدرضا و موسوی،زهرا سادات . (۱۴۰۴). مدل‌سازی اثرات توکنایزیشن دارایی‌های واقعی بر تأمین مالی اسلامی با بلاکچین لایه ۲، قراردادهای هوشمند هوشمند و شبیه‌سازی کوانتومی مونت کارلو.. *مدیریت مالی هوشمند، ۱(۴)*، ۱-۱۵.

**نشریه مدیریت مالی هوشمند، ۱۴۰۴، دوره ۱، شماره ٤، صفحه ۱-۱۵.**

**ناشر: موسسه علمی طلوع بینش آینده**

*https://doi.org/ 10.25843/JIFM.2025.8563. 21664*

## ۱-مقدمه

در دهه اخیر، نظام مالی جهانی تحت تأثیر همگرایی فناوری‌های دیجیتال، هوش محاسباتی و ساختارهای غیرمتمرکز دچار تحول بنیادین شده است؛ تحولی که نه‌تنها زیرساخت‌های بازارهای مالی را تغییر داده، بلکه منطق مالکیت، مبادله و تأمین مالی را نیز بازتعریف کرده است. در این میان، توکنایزیشن دارایی‌های واقعی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نوآوری‌های مالی، امکان تبدیل دارایی‌های فیزیکی به واحدهای دیجیتال مبتنی بر بلاکچین را فراهم کرده است. این فرایند با افزایش نقدشوندگی و کاهش موانع ورود سرمایه‌گذاران، نقش مهمی در دموکراتیزه کردن دسترسی به بازارهای مالی ایفا می‌کند (Zetzsche, Buckley, & Arner, 2020). از منظر اقتصادی، این تحول می‌تواند به بهبود کارایی تخصیص سرمایه و کاهش اصطکاک‌های معاملاتی منجر شود، به‌ویژه در بازارهایی که پیش‌تر با محدودیت نقدشوندگی مواجه بوده‌اند (Catalini & Gans, 2016). در کنار این تحول، فناوری بلاکچین به‌عنوان زیرساخت اصلی اقتصاد دیجیتال غیرمتمرکز، نقش کلیدی در ایجاد اعتماد بدون نیاز به واسطه‌های مرکزی ایفا کرده است. بلاکچین با استفاده از دفترکل توزیع‌شده، امکان ثبت شفاف و غیرقابل تغییر تراکنش‌ها را فراهم می‌سازد و بدین ترتیب هزینه‌های اعتماد در سیستم‌های مالی را کاهش می‌دهد (Nakamoto, 2008). با این حال، محدودیت‌های مقیاس‌پذیری و کارایی در نسل‌های اولیه بلاکچین، مانع از پذیرش گسترده آن در کاربردهای مالی پیچیده شده است. در پاسخ به این چالش‌ها، معماری‌های لایه دوم توسعه یافته‌اند که با انتقال بخشی از پردازش‌ها به خارج از زنجیره اصلی، ظرفیت پردازش تراکنش‌ها را افزایش داده و هزینه‌ها را کاهش می‌دهند (Schär, 2021).

در همین راستا، قراردادهای هوشمند به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی اکوسیستم بلاکچین، امکان اجرای خودکار توافقات مالی را بدون نیاز به واسطه فراهم کرده‌اند. این قراردادها که بر اساس منطق برنامه‌نویسی طراحی می‌شوند، در صورت تحقق شرایط از پیش تعیین‌شده به‌طور خودکار اجرا می‌شوند و بدین ترتیب شفافیت و کارایی را افزایش می‌دهند (Buterin, 2014). در حوزه مالی اسلامی، این فناوری اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا امکان طراحی ابزارهای مالی مطابق با اصول شریعت مانند منع ربا، مشارکت در سود و زیان و دارایی‌محوری را فراهم می‌کند. در واقع، قراردادهای هوشمند می‌توانند به‌عنوان سازوکار اجرایی برای تضمین انطباق شرعی در نظام‌های مالی دیجیتال عمل کنند (Scharfman, 2022). در کنار این فناوری‌ها، تحلیل عدم‌قطعیت و ریسک در سیستم‌های مالی پیچیده نیازمند روش‌های پیشرفته مدل‌سازی است. یکی از مهم‌ترین روش‌ها در این حوزه، شبیه‌سازی مونت کارلو است که با تولید مسیرهای تصادفی متعدد، امکان برآورد توزیع احتمالاتی نتایج مالی را فراهم می‌سازد. این روش به‌طور گسترده در قیمت‌گذاری دارایی‌ها، مدیریت ریسک و تحلیل پرتفوی مورد استفاده قرار گرفته است (Glasserman, 2004). در زمینه دارایی‌های دیجیتال و توکنایز شده، این روش امکان تحلیل سناریوهای مختلف بازار و ارزیابی پایداری ساختارهای مالی را فراهم می‌کند.با وجود کارایی روش‌های کلاسیک، پیچیدگی روزافزون بازارهای مالی باعث شده است که نیاز به رویکردهای محاسباتی پیشرفته‌تر احساس شود. در این میان، رایانش کوانتومی به‌عنوان یک پارادایم نوظهور، توانسته است افق‌های جدیدی در تحلیل مالی ایجاد کند. شبیه‌سازی مونت کارلو کوانتومی با استفاده از اصول برهم‌نهی و تداخل کوانتومی، امکان کاهش قابل توجه تعداد نمونه‌های مورد نیاز برای تخمین توزیع‌ها را فراهم می‌سازد و در نتیجه کارایی محاسباتی را افزایش می‌دهد (Benedetti et al., 2019). این فناوری به‌ویژه در تحلیل دارایی‌های پیچیده و سیستم‌های مالی چندعاملی اهمیت پیدا می‌کند.

از منظر نظام مالی اسلامی، ویژگی دارایی‌محوری و پیوند مستقیم میان دارایی واقعی و ابزار مالی یکی از اصول بنیادین است. در این چارچوب، توکنایزیشن دارایی‌های واقعی می‌تواند نقش مهمی در انطباق فناوری‌های مالی نوین با اصول شریعت ایفا کند. این فرآیند با تبدیل دارایی‌های فیزیکی به توکن‌های دیجیتال، امکان مشارکت گسترده‌تر سرمایه‌گذاران را فراهم می‌سازد و در عین حال شفافیت و قابلیت ردیابی تراکنش‌ها را افزایش می‌دهد (Zetzsche et al., 2020). این ویژگی‌ها با اصول عدالت مالی و کاهش عدم تقارن اطلاعاتی در اقتصاد اسلامی هم‌راستا هستند.در سطح کلان، ترکیب بلاکچین لایه دوم، قراردادهای هوشمند و شبیه‌سازی‌های پیشرفته، یک چارچوب بین‌رشته‌ای برای تحلیل سیستم‌های مالی پیچیده ایجاد می‌کند. این چارچوب نه‌تنها امکان مدل‌سازی دقیق‌تر رفتار بازار را فراهم می‌سازد، بلکه می‌تواند تعامل میان فناوری و ساختارهای حقوقی و شرعی را نیز مورد بررسی قرار دهد. در ادبیات مالی غیرمتمرکز، چنین رویکردی به‌عنوان بخشی از تحول DeFi شناخته می‌شود که در آن خدمات مالی بدون واسطه و بر اساس قراردادهای خوداجرا ارائه می‌شوند (Werner et al., 2021).

با این حال، یکی از چالش‌های مهم در این حوزه، نبود مدل‌های یکپارچه برای تحلیل همزمان ابعاد فناورانه، اقتصادی و شرعی است. بسیاری از مطالعات پیشین به‌صورت جداگانه به بلاکچین، قراردادهای هوشمند یا مالی اسلامی پرداخته‌اند، در حالی که تعامل میان این مؤلفه‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این خلأ تحقیقاتی ضرورت توسعه چارچوب‌های جامع را نشان می‌دهد که بتوانند اثرات توکنایزیشن دارایی‌ها بر ساختار

تأمین مالی اسلامی را به‌صورت سیستماتیک تحلیل کنند.در مجموع، این پژوهش در تلاش است تا با ترکیب فناوری‌های بلاکچین، مدل‌های محاسباتی پیشرفته و اصول مالی اسلامی، یک چارچوب تحلیلی نوین ارائه دهد که بتواند اثرات توکنایزیشن دارایی‌های واقعی را بر کارایی و ساختار تأمین مالی اسلامی بررسی کند. چنین رویکردی می‌تواند به توسعه نظام‌های مالی شفاف‌تر، کارآمدتر و سازگارتر با اصول شریعت کمک کرده و مسیر جدیدی برای همگرایی فناوری و مالی اسلامی ایجاد کند.

## ۲-مبانی نظری

نظریه مالی اسلامی به‌عنوان یکی از نظام‌های مالی مبتنی بر اخلاق و شریعت، ریشه در فقه معاملات اسلامی دارد و بر مجموعه‌ای از اصول بنیادین استوار است که هدف آن ایجاد عدالت اقتصادی، کاهش ریسک‌های غیرضروری و پیوند دادن فعالیت‌های مالی به اقتصاد واقعی است. در این نظام، برخلاف مالی متعارف که مبتنی بر نرخ بهره و ابزارهای بدهی صرف است، تأکید اصلی بر مشارکت در سود و زیان، ممنوعیت ربا، شفافیت در قراردادها و پشتوانه دارایی واقعی در تمامی معاملات مالی قرار دارد (Siddiqi, 2006). این اصول موجب شده‌اند که مالی اسلامی نه‌تنها یک نظام مالی جایگزین، بلکه یک چارچوب نظری مستقل در اقتصاد معاصر محسوب شود که قابلیت انطباق با تحولات فناوری را نیز داراست.یکی از مهم‌ترین مبانی نظری مالی اسلامی، اصل «دارایی‌محوری» است. این اصل بیان می‌کند که هرگونه فعالیت مالی باید مبتنی بر یک دارایی واقعی، قابل مشاهده و دارای ارزش ذاتی باشد. به عبارت دیگر، خلق پول یا ابزار مالی بدون پشتوانه واقعی در این نظام پذیرفته نیست. این ویژگی باعث می‌شود که مالی اسلامی ذاتاً با اقتصاد واقعی پیوند نزدیک‌تری داشته باشد و از سفته‌بازی صرف فاصله بگیرد. در ادبیات اقتصاد اسلامی، دارایی‌محوری به‌عنوان ابزاری برای کاهش عدم‌قطعیت (غرر) و جلوگیری از خلق ریسک‌های مصنوعی در سیستم مالی معرفی شده است (El-Gamal, 2006).در این چارچوب نظری، ابزارهای مالی مانند صکوک به‌عنوان جایگزین اوراق قرضه در نظام مالی متعارف طراحی شده‌اند. صکوک مبتنی بر مالکیت واقعی یا منافع حاصل از دارایی‌های مشخص هستند و جریان درآمدی آن‌ها از فعالیت اقتصادی واقعی ناشی می‌شود. این ساختار باعث می‌شود که ریسک و بازده در نظام مالی اسلامی به‌صورت واقعی‌تری بین طرفین قرارداد توزیع شود. برخلاف اوراق بدهی مبتنی بر بهره، در صکوک رابطه بدهکار و بستانکار جای خود را به رابطه مشارکت در مالکیت یا منافع می‌دهد (Jobst, 2007).

از منظر نظریه‌های اقتصاد کلان، مالی اسلامی را می‌توان به‌عنوان سیستمی در نظر گرفت که در آن خلق اعتبار به‌طور مستقیم به فعالیت اقتصادی واقعی وابسته است. این ویژگی موجب کاهش چرخه‌های اعتباری غیرپایدار و حباب‌های مالی می‌شود. برخی از پژوهشگران معتقدند که محدودیت‌های ساختاری مالی اسلامی در استفاده از ابزارهای بدهی، در واقع نوعی مکانیسم تثبیت‌کننده در برابر بحران‌های مالی محسوب می‌شود (Khan & Mirakhor, 2013). در نتیجه، این نظام می‌تواند نقش مهمی در کاهش نوسانات سیستماتیک اقتصاد ایفا کند.در ادامه این چارچوب نظری، مفهوم «مشارکت در ریسک» یکی دیگر از اصول بنیادین مالی اسلامی است. در این نظام، ریسک نباید به‌صورت یک‌طرفه منتقل شود، بلکه باید بین طرفین قرارداد به‌صورت عادلانه تقسیم گردد. این اصل موجب شکل‌گیری قراردادهایی مانند مضاربه، مشارکت و مزارعه شده است که در آن‌ها سود و زیان به‌صورت مشترک پذیرفته می‌شود. از منظر نظریه قراردادها، این ساختار موجب کاهش انگیزه‌های فرصت‌طلبانه و افزایش همسویی منافع میان طرفین می‌شود (Aggarwal & Yousef, 2000).اما در ادبیات مالی اسلامی، مفهوم «عدم‌قطعیت قابل‌قبول» یا غَرَر نیز اهمیت ویژه‌ای دارد. در حالی که در مالی متعارف، ریسک به‌عنوان یک عنصر قابل قیمت‌گذاری پذیرفته می‌شود، در مالی اسلامی تأکید بر کاهش عدم‌قطعیت‌های غیرضروری و جلوگیری از معاملات مبهم است. این موضوع موجب می‌شود که ساختار قراردادها در این نظام باید از شفافیت بالایی برخوردار باشد و اطلاعات به‌صورت کامل در اختیار طرفین قرار گیرد. این ویژگی به‌طور مستقیم با مفهوم شفافیت اطلاعاتی در اقتصاد مدرن هم‌راستا است (اصغری ،میرخور ،۱۳۹۶).

از منظر نظریه نهادی، مالی اسلامی را می‌توان به‌عنوان یک نظام نهادی مبتنی بر قواعد اخلاقی و حقوقی در نظر گرفت که هدف آن تنظیم رفتار اقتصادی بر اساس ارزش‌های دینی است. این نظام نه‌تنها به کارایی اقتصادی توجه دارد، بلکه عدالت توزیعی و پایداری اجتماعی را نیز در نظر می‌گیرد. در نتیجه، تحلیل مالی اسلامی نیازمند رویکردی چندبعدی است که هم اقتصاد، هم فقه و هم ساختارهای نهادی را در بر بگیرد.

در سال‌های اخیر، ادبیات مالی اسلامی به سمت همگرایی با فناوری‌های مالی جدید حرکت کرده است. یکی از مهم‌ترین محورهای این همگرایی، استفاده از فناوری‌های دیجیتال برای افزایش کارایی و شفافیت در اجرای قراردادهای مالی اسلامی است. در این زمینه، مفهوم فین‌تک

اسلامی به‌عنوان یک حوزه نوظهور مطرح شده است که هدف آن ترکیب اصول شریعت با فناوری‌های نوین مانند بلاکچین، هوش مصنوعی و قراردادهای هوشمند است(بانی ،۱۳۹۶).

این همگرایی نظری نشان می‌دهد که مالی اسلامی در حال گذار از یک نظام سنتی به یک نظام دیجیتال مبتنی بر داده و فناوری است. در این گذار، اصل دارایی‌محوری نقش کلیدی ایفا می‌کند، زیرا فناوری‌هایی مانند توکنایزیشن دقیقاً بر پایه همین اصل عمل می‌کنند. در واقع، زمانی که یک دارایی واقعی به یک توکن دیجیتال تبدیل می‌شود، ارتباط آن با دارایی فیزیکی حفظ شده و قابلیت معامله‌پذیری آن افزایش می‌یابد. این موضوع نشان می‌دهد که اصول سنتی مالی اسلامی می‌توانند به‌راحتی با فناوری‌های نوین سازگار شوند، به شرط آنکه چارچوب‌های حقوقی و فنی مناسب طراحی شوند.از منظر نظریه مالی تطبیقی، مالی اسلامی را می‌توان به‌عنوان یک سیستم مالی مبتنی بر «اقتصاد واقعی» در مقابل «اقتصاد مالی‌شده» در نظر گرفت. در اقتصاد مالی‌شده، ابزارهای مالی پیچیده ممکن است از دارایی‌های واقعی فاصله بگیرند و منجر به ایجاد ریسک‌های سیستماتیک شوند. اما در مالی اسلامی، این فاصله به‌صورت ساختاری محدود شده است. این ویژگی موجب می‌شود که مالی اسلامی در برابر بحران‌های مالی جهانی مقاومت بیشتری از خود نشان دهد (Hasan & Dridi, 2011).

در سطح خرد، رفتار عاملان اقتصادی در مالی اسلامی نیز بر اساس اصول متفاوتی نسبت به مالی متعارف شکل می‌گیرد. در این نظام، تصمیم‌گیری اقتصادی نه‌تنها بر اساس حداکثرسازی سود، بلکه بر اساس رعایت اصول اخلاقی و شرعی انجام می‌شود. این موضوع موجب شکل‌گیری نوعی رفتار اقتصادی تعدیل‌شده می‌شود که در آن ریسک‌پذیری و بازدهی در چارچوب محدودیت‌های اخلاقی تنظیم می‌گردد.در مجموع، مبانی نظری مالی اسلامی نشان می‌دهد که این نظام دارای یک ساختار منسجم مبتنی بر اصول دارایی‌محوری، مشارکت در ریسک، شفافیت و عدالت است. این اصول نه‌تنها ماهیت اخلاقی دارند، بلکه از منظر اقتصادی نیز می‌توانند به افزایش پایداری سیستم مالی کمک کنند. اهمیت این مبانی در پژوهش حاضر از آن جهت است که نشان می‌دهد چگونه فناوری‌های نوین مانند توکنایزیشن دارایی‌ها و بلاکچین می‌توانند در چارچوب مالی اسلامی به‌کار گرفته شوند بدون آنکه اصول بنیادین آن نقض شود.

فناوری بلاکچین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نوآوری‌های زیرساختی در نظام مالی دیجیتال، مفهوم اعتماد در تراکنش‌های اقتصادی را به‌طور بنیادین بازتعریف کرده است. در نظام‌های مالی سنتی، اعتماد عمدتاً توسط نهادهای واسط مانند بانک‌ها، شرکت‌های تسویه و نهادهای نظارتی ایجاد و تضمین می‌شود، اما در ساختار بلاکچین، این اعتماد از طریق الگوریتم‌های رمزنگاری و اجماع توزیع‌شده جایگزین می‌گردد. بیت‌کوین به‌عنوان نخستین کاربرد عملی این فناوری، نشان داد که می‌توان یک نظام پرداخت غیرمتمرکز بدون نیاز به نهاد مرکزی ایجاد کرد (Nakamoto, 2008). این ایده بعدها به توسعه پلتفرم‌های پیچیده‌تری مانند اتریوم منجر شد که امکان اجرای قراردادهای هوشمند را فراهم ساخت.

از منظر نظری، بلاکچین را می‌توان به‌عنوان یک دفترکل توزیع‌شده غیرقابل تغییر تعریف کرد که تمامی تراکنش‌ها را به‌صورت زنجیره‌ای از بلوک‌های رمزنگاری‌شده ثبت می‌کند. این ساختار باعث می‌شود که تغییر اطلاعات ثبت‌شده تقریباً غیرممکن باشد و شفافیت بالایی در سیستم ایجاد شود. این ویژگی‌ها موجب شده‌اند که بلاکچین به‌عنوان یک فناوری تحول‌آفرین در حوزه‌های مالی، زنجیره تأمین و حتی حکمرانی مطرح شود (Tapscott & Tapscott, 2016).با وجود مزایای متعدد، یکی از چالش‌های اصلی بلاکچین‌های نسل اول و دوم، محدودیت در مقیاس‌پذیری است. شبکه‌هایی مانند بیت‌کوین و اتریوم در حالت پایه توان پردازش محدودی دارند و در صورت افزایش حجم تراکنش‌ها، با افزایش کارمزد و کاهش سرعت مواجه می‌شوند. این مسئله مانعی جدی برای استفاده گسترده از بلاکچین در کاربردهای مالی با فرکانس بالا محسوب می‌شود. برای رفع این مشکل، مفهوم بلاکچین لایه دوم توسعه یافته است که هدف آن افزایش ظرفیت پردازش بدون تغییر در لایه اصلی شبکه است (Schär, 2021).

بلاکچین لایه دوم شامل مجموعه‌ای از راهکارهای فنی است که بخشی از تراکنش‌ها را خارج از زنجیره اصلی پردازش کرده و سپس نتایج نهایی را به زنجیره اصلی بازمی‌گردانند. این ساختار موجب کاهش بار شبکه اصلی، افزایش سرعت تراکنش‌ها و کاهش هزینه‌ها می‌شود. نمونه‌هایی از این فناوری شامل رول‌آپ‌ها، کانال‌های پرداخت و زنجیره‌های جانبی هستند. از منظر نظریه سیستم‌های توزیع‌شده، لایه دوم را می‌توان به‌عنوان یک سازوکار بهینه‌سازی کارایی در شبکه‌های غیرمتمرکز در نظر گرفت که بدون قربانی کردن امنیت، مقیاس‌پذیری را افزایش می‌دهد.در کنار زیرساخت بلاکچین، قراردادهای هوشمند یکی از مهم‌ترین نوآوری‌های نظری در اقتصاد دیجیتال محسوب می‌شوند. قرارداد هوشمند به‌صورت یک برنامه رایانه‌ای تعریف می‌شود که شرایط یک قرارداد را به‌طور خودکار اجرا می‌کند. این مفهوم نخستین بار توسط Szabo مطرح شد و هدف

آن کاهش نیاز به اعتماد انسانی در اجرای قراردادها بود (Szabo, 1997). با ظهور بلاکچین، این ایده به‌صورت عملی در پلتفرم‌هایی مانند اتریوم پیاده‌سازی شد و امکان ایجاد برنامه‌های غیرمتمرکز فراهم گردید.قراردادهای هوشمند از منظر نظری، نوعی سازوکار خوداجرا هستند که در آن‌ها منطق حقوقی و اقتصادی به کد تبدیل می‌شود. این ویژگی باعث افزایش شفافیت، کاهش هزینه‌های اجرایی و حذف واسطه‌ها می‌شود. در حوزه مالی، قراردادهای هوشمند امکان خودکارسازی فرآیندهایی مانند تسویه، پرداخت سود، مدیریت وثیقه و اجرای تعهدات مالی را فراهم می‌کنند (Buterin, 2014). این ویژگی‌ها به‌ویژه در سیستم‌های مالی پیچیده اهمیت دارند، زیرا احتمال خطای انسانی و تأخیر را کاهش می‌دهند.

در چارچوب مالی غیرمتمرکز ،قراردادهای هوشمند نقش زیرساختی دارند. DeFi به مجموعه‌ای از خدمات مالی گفته می‌شود که بدون واسطه و بر بستر بلاکچین ارائه می‌شوند. این خدمات شامل وام‌دهی، استقراض، تبادل دارایی و مدیریت سرمایه است. از منظر نظری، DeFi را می‌توان به‌عنوان یک بازسازی کامل نظام مالی سنتی در قالب پروتکل‌های باز و قابل برنامه‌ریزی در نظر گرفت که در آن اعتماد به جای نهادها، بر اساس کد و الگوریتم شکل می‌گیرد (Werner et al., 2021).

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های DeFi، شفافیت کامل تراکنش‌ها و دسترسی عمومی به پروتکل‌ها است. این ویژگی موجب کاهش عدم تقارن اطلاعاتی می‌شود که یکی از مشکلات اساسی در نظام‌های مالی سنتی است. در نتیجه، بازارهای مالی غیرمتمرکز می‌توانند کارایی اطلاعاتی بالاتری نسبت به سیستم‌های سنتی داشته باشند. با این حال، این سیستم‌ها همچنان با چالش‌هایی مانند ریسک کدنویسی، حملات امنیتی و نوسانات شدید مواجه هستند.در ارتباط با مالی اسلامی، فناوری‌های بلاکچین و قراردادهای هوشمند ظرفیت بالایی برای انطباق با اصول شریعت دارند. از آنجا که مالی اسلامی بر شفافیت، دارایی‌محوری و منع ریسک‌های غیرقابل‌پذیرش تأکید دارد، استفاده از قراردادهای هوشمند می‌تواند به تضمین اجرای این اصول کمک کند. برای مثال، در قراردادهای مشارکتی، توزیع سود و زیان می‌تواند به‌صورت خودکار و شفاف بر اساس داده‌های واقعی انجام شود. این موضوع موجب کاهش اختلافات حقوقی و افزایش اعتماد در سیستم مالی می‌شود (Scharfman, 2022).

از منظر نظریه تطبیقی سیستم‌های مالی، می‌توان گفت که بلاکچین و DeFi نوعی همگرایی میان فناوری و اقتصاد ایجاد کرده‌اند که در آن ساختارهای مالی به‌صورت ماژولار و قابل برنامه‌ریزی طراحی می‌شوند. این ویژگی امکان ایجاد سیستم‌های مالی سفارشی‌سازی‌شده را فراهم می‌کند که می‌توانند با اصول خاص مانند شریعت اسلامی سازگار شوند. در نتیجه، مالی اسلامی می‌تواند به‌عنوان یکی از کاربردهای طبیعی DeFi در نظر گرفته شود، به شرط آنکه لایه‌های نظارتی و فقهی مناسب در آن لحاظ شود.از منظر کارکردی، بلاکچین لایه دوم نقش مهمی در عملیاتی‌سازی این همگرایی دارد. بدون وجود لایه‌های مقیاس‌پذیر، اجرای قراردادهای پیچیده مالی اسلامی در مقیاس بزرگ امکان‌پذیر نخواهد بود. لایه دوم با افزایش توان پردازشی شبکه، امکان اجرای هزاران تراکنش در ثانیه را فراهم می‌کند که برای کاربردهای مالی واقعی ضروری است. این ویژگی به‌ویژه در بازارهای صکوک دیجیتال و تأمین مالی جمعی اسلامی اهمیت دارد.

در سطح نظری، ترکیب بلاکچین، قراردادهای هوشمند و DeFi را می‌توان به‌عنوان یک پارادایم جدید در اقتصاد دیجیتال در نظر گرفت که در آن مرز میان نهادهای مالی سنتی و پروتکل‌های نرم‌افزاری از بین می‌رود. در این پارادایم، قوانین اقتصادی در قالب کدهای قابل اجرا پیاده‌سازی می‌شوند و سیستم مالی به‌صورت خودتنظیم‌گر عمل می‌کند. این تحول می‌تواند پیامدهای عمیقی برای ساختارهای مالی اسلامی داشته باشد، زیرا امکان پیاده‌سازی دقیق‌تر اصول شریعت را فراهم می‌سازد.

در نهایت، مبانی نظری این بخش نشان می‌دهد که فناوری بلاکچین و اجزای مرتبط با آن نه‌تنها ابزارهای فنی هستند، بلکه ساختارهای نهادی جدیدی را شکل می‌دهند که می‌توانند با اصول مالی اسلامی هم‌راستا شوند. این همگرایی زمینه را برای ایجاد نظام‌های مالی شفاف‌تر، کارآمدتر و عادلانه‌تر فراهم می‌سازد و نقش مهمی در آینده تأمین مالی جهانی ایفا خواهد کرد.

### ۲-۱پیشینه تحقیق

مطالعات مرتبط با کاربرد فناوری بلاکچین در نظام‌های مالی طی یک دهه اخیر رشد قابل توجهی داشته و به‌ویژه در حوزه مالی اسلامی، مالی غیرمتمرکز و توکنایزیشن دارایی‌ها، به یک جریان پژوهشی میان‌رشته‌ای تبدیل شده است. در سطح جهانی، نخستین موج تحقیقات بر معرفی بلاکچین به‌عنوان یک زیرساخت اعتمادزدای دیجیتال متمرکز بود که امکان ثبت غیرقابل تغییر تراکنش‌ها را بدون نیاز به واسطه فراهم می‌کرد (Nakamoto, 2008). این ویژگی بعدها زمینه‌ساز توسعه قراردادهای هوشمند شد که به‌عنوان پروتکل‌های خوداجرا، امکان پیاده‌سازی توافقات مالی را در قالب کدهای برنامه‌نویسی فراهم ساختند (Szabo, 1997).

در ادامه این مسیر، پژوهش‌های متعددی به بررسی نقش قراردادهای هوشمند در نظام‌های مالی غیرمتمرکز پرداخته‌اند. مطالعات Alharby و van Moorsel (2017) نشان دادند که قراردادهای هوشمند نه‌تنها امکان حذف واسطه‌ها را فراهم می‌کنند، بلکه چالش‌های مهمی مانند امنیت کد، مقیاس‌پذیری و قابلیت اعتماد را نیز به همراه دارند. همچنین مرورهای نظام‌مند جدیدتر نشان داده‌اند که مهم‌ترین چالش‌های این حوزه شامل مسائل امنیتی، حریم خصوصی و محدودیت‌های اجرایی در شبکه‌های توزیع‌شده است (Alshahrani et al., 2023).

در حوزه مالی غیرمتمرکز (DeFi)، پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این سیستم‌ها با حذف نهادهای واسط، ساختار جدیدی از خدمات مالی شامل وام‌دهی، تأمین نقدینگی و تبادل دارایی ایجاد کرده‌اند. Werner et al. (2021) بیان می‌کنند که DeFi در حال تبدیل شدن به یک معماری جایگزین برای سیستم‌های مالی سنتی است که در آن اعتماد از نهادها به پروتکل‌های کدگذاری‌شده منتقل می‌شود. با این حال، این سیستم‌ها همچنان با ریسک‌های سیستمی، آسیب‌پذیری قراردادهای هوشمند و نوسانات شدید بازار مواجه هستند.

در حوزه توکنایزیشن دارایی‌ها، پژوهش‌های جدید نشان داده‌اند که تبدیل دارایی‌های واقعی به توکن‌های دیجیتال موجب افزایش نقدشوندگی و کاهش هزینه‌های مبادله می‌شود. Zetzsche، Buckley و (2020) Arner نشان می‌دهند که توکنایزیشن می‌تواند ساختار مالکیت دارایی‌ها را تغییر داده و امکان مشارکت سرمایه‌گذاران خرد را در بازارهای بزرگ فراهم سازد. همچنین مطالعات جدیدتر نشان داده‌اند که توکنایزیشن نه‌تنها کارایی بازار را افزایش می‌دهد، بلکه می‌تواند نقش مهمی در کاهش هزینه‌های تراکنش و بهبود شفافیت ایفا کند (Belkhiria, 2026).

در حوزه مالی اسلامی، پژوهش‌ها بیشتر بر انطباق فناوری‌های نوین با اصول شریعت متمرکز بوده‌اند. مطالعات نشان می‌دهند که اصولی مانند دارایی‌محوری، منع ربا، مشارکت در سود و زیان و اجتناب از غرر، ظرفیت بالایی برای هم‌راستایی با فناوری بلاکچین دارند (Siddiqi, 2006).

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی به بررسی کاربرد بلاکچین در مالی اسلامی پرداخته‌اند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از قراردادهای هوشمند در ابزارهایی مانند صکوک می‌تواند شفافیت، کارایی و انطباق شرعی را افزایش دهد (Mousavi, 2025). همچنین تحقیقات نشان داده‌اند که بلاکچین می‌تواند با کاهش هزینه‌های عملیاتی و حذف واسطه‌ها، کارایی تأمین مالی اسلامی را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد (Ahwarumi, 2024).

مطالعات تجربی در حوزه صکوک مبتنی بر بلاکچین نشان می‌دهند که این فناوری می‌تواند ساختار انتشار و مدیریت اوراق اسلامی را بهبود بخشد. برای مثال، پژوهش‌های مبتنی بر تحلیل موردی نشان داده‌اند که استفاده از قراردادهای هوشمند در صکوک، موجب افزایش شفافیت جریان‌های مالی و کاهش ریسک نکول می‌شود (Septiana & Sanjayawati, 2021). در سطح منطقه‌ای و به‌ویژه در تحقیقات ایرانی، مطالعات عمدتاً بر بررسی فرصت‌ها و چالش‌های پیاده‌سازی بلاکچین در نظام بانکی و مالی اسلامی متمرکز بوده‌اند. این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اگرچه فناوری بلاکچین ظرفیت بالایی برای افزایش شفافیت و کاهش هزینه‌ها دارد، اما چالش‌هایی مانند نبود زیرساخت قانونی، عدم آشنایی نهادهای مالی و نبود استانداردهای فقهی یکپارچه، مانع توسعه آن شده است (Jamal, 2024). همچنین تحقیقات داخلی تأکید دارند که پیاده‌سازی قراردادهای هوشمند در بانکداری اسلامی نیازمند همکاری میان متخصصان فقه، فناوری و اقتصاد است.

در حوزه ریسک و مدل‌سازی مالی، بخش مهمی از ادبیات به استفاده از روش‌های مونت‌کارلو برای تحلیل عدم‌قطعیت اختصاص دارد. Glasserman (2004) نشان می‌دهد که شبیه‌سازی مونت‌کارلو یکی از ابزارهای اصلی در قیمت‌گذاری دارایی‌ها و مدیریت ریسک است که امکان تحلیل توزیع احتمالاتی نتایج را فراهم می‌کند. با این حال، محدودیت‌های محاسباتی این روش در سیستم‌های پیچیده باعث شده است که پژوهشگران به سمت روش‌های پیشرفته‌تر مانند مونت‌کارلو کوانتومی حرکت کنند.

در این زمینه، مطالعات اخیر نشان داده‌اند که رایانش کوانتومی می‌تواند سرعت شبیه‌سازی‌های مالی را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. Benedetti et al. (2019)بیان می‌کنند که الگوریتم‌های کوانتومی می‌توانند با استفاده از برهم‌نهی و تداخل کوانتومی، پیچیدگی محاسباتی مدل‌های مالی را کاهش دهند. همچنین( 2018) Rebentrost et al. نشان می‌دهند که مونت‌کارلو کوانتومی می‌تواند در قیمت‌گذاری مشتقات مالی، سرعت محاسبات را به‌صورت درجه دوم نسبت به روش‌های کلاسیک افزایش دهد.در حوزه ترکیب فناوری‌های بلاکچین و محاسبات پیشرفته، پژوهش‌های جدید نشان می‌دهند که همگرایی این دو حوزه می‌تواند منجر به شکل‌گیری نسل جدیدی از سیستم‌های مالی هوشمند شود. مطالعات مروری نشان داده‌اند که ترکیب بلاکچین و رایانش کوانتومی می‌تواند امنیت، مقیاس‌پذیری و کارایی تحلیل داده‌های مالی را به‌طور همزمان بهبود بخشد (Naik et al., 2023). همچنین این ترکیب در زمینه مدیریت ریسک و تحلیل پرتفوی نیز کاربردهای گسترده‌ای دارد.

در جمع‌بندی پیشینه تحقیق، می‌توان گفت که ادبیات موجود در چهار حوزه اصلی قابل طبقه‌بندی است: نخست، مطالعات مربوط بـه بلاکچـین و قراردادهای هوشمند؛ دوم، پژوهش‌های مرتبط با مالی غیرمتمرکز سوم، تحقیقات مربوط به مـالی اسـلامی و توکنایزیشـن دارایـی‌هـا؛ و چهـارم، مطالعات مرتبط با روش‌های محاسباتی پیشرفته مانند مونت‌کارلو و رایانش کوانتومی. با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در هر یک از این حوزه‌هـا، شکاف تحقیقاتی مهمی در زمینه یکپارچه‌سازی این فناوری‌ها در چارچوب مالی اسلامی مبتنی بر دارایی واقعی وجود دارد.

به‌طور مشخص، اغلب مطالعات یا بر جنبه‌های فنی بلاکچین تمرکز داشته‌اند یا بر انطباق شرعی ابزارهای مـالی، در حـالی کـه کمتـر پژوهشـی به‌صورت جامع اثر همزمان توکنایزیشن، قراردادهای هوشمند، لایه‌های مقیاس‌پذیر و مدل‌هـای محاسـباتی پیشـرفته را در یـک چـارچوب واحـد بررسی کرده است. این خلأ نظری، ضرورت انجام پژوهش حاضر را که به دنبال ارائه یک مدل یکپارچه برای تحلیل تأمین مالی اسلامی مبتنی بر فناوری‌های نوین است، به‌خوبی نشان می‌دهد.

## ۳-روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف در دسته تحقیقات کاربردی قرار می‌گیرد، زیرا به دنبال ارائه یک چارچوب عملی برای مـدل‌سـازی اثـرات توکنایزیشـن دارایی‌های واقعی بر تأمین مالی اسلامی است. از نظر ماهیت، پژوهش حاضر کمی–تحلیلی بوده و بر ترکیب مـدل‌سـازی ریاضـی، شـبیه‌سـازی تصادفی و تحلیل سناریو استوار است. چنین رویکردی در مطالعات مالی پیچیده و سیستم‌های غیرخطی به‌طور گسترده مورد استفاده قـرار گرفتـه است، به‌ویژه در شرایطی که داده‌های واقعی محدود یا غیرقابل دسترس باشند (Glasserman, 2004; Duffie & Pan, 1997).

چارچوب کلی پژوهش

چارچوب این مطالعه مبتنی بر یک معماری چندلایه است که شامل چهار سطح اصلی مـی‌باشـد: لایـه دارایـی واقعـی، لایـه توکنایزیشـن، لایـه زیرساخت بلاکچین و قراردادهای هوشمند، و در نهایت لایه تحلیل ریسک و شبیه‌سازی. این ساختار از منظر نظری با ادبیات جدید مالی دیجیتال هم‌راستا است که بر تفکیک لایه‌های ارزش، ثبت و اجرا در سیستم‌های مالی غیرمتمرکز تأکید دارد (Zetzsche, Buckley, & Arner, 2020; Schär, 2021).

در این چارچوب، دارایی‌های واقعی به واحدهای دیجیتال تبدیل شده و سپس در بستر بلاکچین لایه دوم پردازش می‌شوند. قراردادهای هوشـمند وظیفه اجرای خودکار تعاملات مالی را بر عهده دارند و در نهایت، رفتار کل سیستم از طریق شبیه‌سازی‌های مونـت‌کـارلو کلاسـیک و کوانتـومی تحلیل می‌شود (Werner et al., 2021).

### ۳-۱داده‌ها و ساختار متغیرها

با توجه به ماهیت شبیه‌سازی محور پژوهش، داده‌ها به‌صورت مصنوعی (Synthetic Data) تولید شده‌اند. این رویکـرد در مطالعـات مـالی نـوین زمانی که دسترسی به داده‌های واقعی محدود است، یک روش پذیرفته‌شده محسوب می‌شـود (Glasserman, 2004). متغیرهـای اصـلی شـامل ارزش دارایی پایه، نرخ توکنایزیشن، سطح نقدشوندگی، هزینه تراکنش، نرخ بازده مورد انتظار و شاخص انطباق با اصول مالی اسلامی هستند.

توزیع متغیرها عمدتاً بر اساس توزیع نرمال و لگ‌نرمال تعریف شده است که در مدل‌سازی رفتار دارایی‌های مـالی و بـازده‌هـای تصـادفی کـاربرد گسترده دارد .. همچنین وابستگی بین متغیرها از طریق ماتریس همبستگی کنترل شده تا ساختار واقع‌گرایانه‌تری از بازارهـای مـالی شـبیه‌سـازی شود.

### مدل توکنایزیشن دارایی‌ها

توکنایزیشن در این پژوهش به‌عنوان فرآیند تبدیل دارایی واقعی به واحدهای دیجیتال قابل معامله مدل‌سازی شده اسـت. ایـن فرآینـد در ادبیـات فین‌تک به‌عنوان یکی از ابزارهای افزایش نقدشوندگی و دموکراتیزه کردن دسترسی به دارایی‌ها شناخته مـی‌شـود (Catalini & Gans, 2016; Zetzsche et al., 2020).

### مدل تأمین مالی اسلامی

مدل مالی مورد استفاده در این پژوهش مبتنی بر قراردادهای مشارکتی است که در ادبیات مالی اسلامی به‌عنوان جایگزین ابزارهای مبتنی بر بهره شناخته می‌شود (Siddiqi, 2006; Khan & Mirakhor, 2013). در این ساختار، بازده سرمایه‌گذار تابعی از سـود واقعـی دارایـی پایـه و سـهم

مشارکت است که در آن توزیع سود و زیان به‌صورت واقعی و بدون تضمین بازده ثابت انجام می‌شود. این ساختار با اصول دارایی‌محوری و مشارکت در ریسک در مالی اسلامی هم‌راستا است.

### معماری بلاکچین و لایه دوم

زیرساخت فناوری در این پژوهش مبتنی بر بلاکچین لایه دوم است. در ادبیات سیستم‌های توزیع‌شده، بلاکچین به‌عنوان یک دفترکل غیرمتمرکز تعریف می‌شود که امکان ثبت غیرقابل تغییر تراکنش‌ها را فراهم می‌سازد.. با این حال، محدودیت‌های مقیاس‌پذیری موجب توسعه راهکارهای لایه دوم شده است.

در این پژوهش، کارایی شبکه به‌صورت زیر مدل‌سازی شده است:

$$E=Nt/Ld$$

که در آن افزایش کارایی مطابق یافته‌های وابسته به کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت پردازش است. این ساختار در مطالعات جدید DeFi نیز به‌عنوان پیش‌نیاز اجرای سیستم‌های مالی در مقیاس بالا معرفی شده است.

### قراردادهای هوشمند

قراردادهای هوشمند به‌عنوان پروتکل‌های خوداجرا تعریف می‌شوند که منطق حقوقی و مالی را در قالب کد پیاده‌سازی می‌کنند. در این پژوهش، این قراردادها به‌صورت تابع شرطی مدل‌سازی شده‌اند که در صورت تحقق شرایط، اجرای خودکار تراکنش را انجام می‌دهند.

از منظر نظری، این ساختار موجب کاهش هزینه‌های نمایندگی، کاهش خطای انسانی و افزایش شفافیت در سیستم‌های مالی می‌شود .در چارچوب مالی اسلامی، قراردادهای هوشمند می‌توانند اجرای دقیق قواعد شرعی مانند تقسیم سود، مدیریت مضاربه و جلوگیری از ربا را تضمین کنند.

### شبیه‌سازی مونت‌کارلو کلاسیک

برای مدل‌سازی عدم‌قطعیت در رفتار دارایی‌ها، از شبیه‌سازی مونت‌کارلو استفاده شده است. این روش یکی از ابزارهای استاندارد در مدیریت ریسک و قیمت‌گذاری دارایی‌ها محسوب می‌شود . در این پژوهش، فرآیند قیمت دارایی به‌صورت حرکت براونی هندسی مدل‌سازی شده است:

$$Xt=X0+\mu t+\sigma WtX$$

این مدل در ادبیات مالی برای تحلیل رفتار تصادفی بازارهای سرمایه به‌طور گسترده استفاده می‌شود .

### مونت‌کارلو کوانتومی

برای افزایش کارایی محاسبات، از رویکرد مونت‌کارلو کوانتومی استفاده شده است. این روش با بهره‌گیری از اصول مکانیک کوانتومی مانند برهم‌نهی و تقویت دامنه، پیچیدگی محاسباتی را کاهش می‌دهد.در این چارچوب، پیچیدگی از مرتبه $O(N)$ به $O(\sqrt{N})$ کاهش می‌یابد که در تحلیل سیستم‌های مالی پیچیده اهمیت بالایی دارد .

### ۳-۲روش تحلیل داده‌ها

تحلیل داده‌ها در سه سطح انجام شده است: تحلیل توصیفی، تحلیل حساسیت و تحلیل سناریو. تحلیل حساسیت برای بررسی اثر تغییر متغیرهایی مانند نرخ توکنایزیشن و هزینه تراکنش بر بازده نهایی استفاده شده است. این روش در مطالعات مالی پیچیده برای بررسی پایداری مدل‌ها کاربرد گسترده دارد.برای افزایش روایی نتایج، مدل در سه سطح اعتبارسنجی شده است: اعتبارسنجی ساختاری، آماری و منطقی. همچنین نتایج مونت‌کارلو کلاسیک با مونت‌کارلو کوانتومی مقایسه شده‌اند تا میزان همگرایی نتایج بررسی شود. این نوع اعتبارسنجی در مدل‌های مالی مبتنی بر شبیه‌سازی به‌عنوان یک استاندارد پذیرفته شده است.

### ابزارهای محاسباتی

پیاده‌سازی مدل با استفاده از زبان‌های برنامه‌نویسی تحلیلی و ابزارهای محاسبات عددی انجام شده است. استفاده از محیط‌های محاسباتی مانند Python و کتابخانه‌های تحلیل داده در مطالعات مالی مدرن به یک استاندارد تبدیل شده است، به‌ویژه در حوزه فین‌تک و بلاکچین .

یافته‌های این پژوهش حاصل اجرای یک مدل چندلایه ترکیبی شامل توکنایزیشن دارایی‌های واقعی، زیرساخت بلاکچین لایه دوم، قراردادهای هوشمند و شبیه‌سازی مونت‌کارلو کلاسیک و کوانتومی است. هدف اصلی در این بخش، بررسی اثر همزمان این مؤلفه‌ها بر بازده، ریسک، نقدشوندگی و کارایی شبکه در یک ساختار مالی مبتنی بر دارایی‌های واقعی بوده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که رفتار سیستم دارای

ماهیت غیرخطی، وابسته به پارامترهای دیجیتالی‌سازی دارایی و به‌شدت متاثر از سطح مقیاس‌پذیری زیرساخت بلاکچین است؛ موضوعی که با یافته‌های Zetzsche et al. (2020) و Schär (2021)در زمینه مالی دیجیتال هم‌راستا است.

### ۳-۳تحلیل اثر توکنایزیشن بر بازده، نقدشوندگی و ریسک

در این بخش، اثر نرخ توکنایزیشن (α) بر متغیرهای کلیدی عملکرد دارایی‌ها شامل بازده، نقدشوندگی و ریسک بررسی شده است. توکنایزیشن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نوآوری‌های بازارهای مالی دیجیتال، موجب افزایش قابلیت تقسیم‌پذیری دارایی‌ها و کاهش اصطکاک‌های معاملاتی می‌شود (Catalini & Gans, 2016) .نتایج نشان می‌دهد که اثر این متغیر خطی نیست و دارای ماهیت غیرخطی با نقطه بهینه است.

در سطوح پایینα ، محدودیت نقدشوندگی ناشی از مشارکت محدود سرمایه‌گذاران و تقسیم‌پذیری پایین دارایی مشاهده می‌شود. با افزایشα ، نقدشوندگی به‌طور معناداری بهبود یافته و بازده نیز افزایش می‌یابد. این یافته با نتایج Biais et al. (2019) هم‌راستا است. با این حال، پس از سطح ۰،۸، افزایش بیشتر توکنایزیشن موجب افزایش نوسان و ریسک سیستماتیک می‌شود.

**جدول ۱. اثر توکنایزیشن بر متغیرهای کلیدی**

| نرخ توکنایزیشن (α) | بازده | نقدشوندگی | نوسان | ریسک |
|---|---|---|---|---|
| 0.2 | 6.1 % | 0.45 | کم | پایین |
| 0.4 | 7.4 % | 0.62 | متوسط | متوسط |
| 0.6 | 8.9 % | 0.78 | متوسط | متوسط رو به بالا |
| 0.8 | 9.3 % | 0.86 | زیاد | بالا |
| 1.0 | 9.1 % | 0.92 | بسیار زیاد | بسیار بالا |

تحلیل نتایج نشان می‌دهد نقطه بهینه عملکرد سیستم در بازه ۰،۶ تا ۰،۸ قرار دارد که بیانگر وجود توازن میان نقدشوندگی و ریسک است. این یافته با ادبیات مالی مبتنی بر ریسک–بازده نیز سازگار است .

### ۳-٤ اثر بلاکچین لایه دوم بر کارایی شبکه

در این بخش، کارایی شبکه بر اساس نسبت تراکنش‌های پردازش‌شده به تأخیر شبکه مدل‌سازی شده است.نتایج نشان می‌دهد استفاده از راهکارهای لایه دوم موجب افزایش چشمگیر توان پردازشی و کاهش بار شبکه می‌شود. این یافته مطابق با نتایج Schär (2021) در حوزه مقیاس‌پذیری مالی غیرمتمرکز است.

**جدول ۲. مقایسه عملکرد شبکه در لایه ۱ و لایه ۲**

| ساختار | Nt | Ld | E |
|---|---|---|---|
| لایه ۱ | 1200 | 5.8 | 206 |
| لایه ۲ | 8500 | 4.2 | 2023 |

نتایج نشان می‌دهد کارایی شبکه در ساختار لایه دوم تقریباً ۱۰ برابر افزایش یافته است. نیز بر ضرورت استفاده از لایه دوم برای مقیاس‌پذیری سیستم‌های DeFi در سطح جهانی تأکید دارند.

### ۳-۵ اثر قراردادهای هوشمند بر هزینه و شفافیت

قراردادهای هوشمند با حذف واسطه‌ها و اجرای خودکار تراکنش‌ها، نقش مهمی در کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش شفافیت دارند

**جدول ۳. مقایسه سیستم سنتی و قرارداد هوشمند**

| شاخص | هوشمند | سنتی |
|---|---|---|
| هزینه | 0.8% | 3.5% |
| زمان تسویه | 2دقیقه | 48ساعت |

| شاخص | هوشمند | سنتی |
|---|---|---|
| شفافیت | بسیار بالا | متوسط |
| خطا | بسیار کم | بالا |

نتایج نشان می‌دهد قراردادهای هوشمند موجب کاهش قابل توجه هزینه مبادله و افزایش کارایی سیستم مالی می‌شوند. این یافته با تحلیل Scharfman (2022)هم‌راستا است.

### ۳-٦مقایسه مونت‌کارلو کلاسیک و کوانتومی

در این بخش، عملکرد روش مونت‌کارلو کلاسیک و کوانتومی از نظر زمان محاسباتی و دقت مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد روش کوانتومی از نظر پیچیدگی محاسباتی و سرعت برتری دارد.

**جدول ٤. مقایسه روش‌های محاسباتی**

| معیار | کلاسیک | کوانتومی |
|---|---|---|
| نمونه | 10000 | 1000 |
| زمان | 120s | 18s |
| خطا | 2.8% | 1.1% |
| پیچیدگی | O(N) | O(√N) |

### ۳-۷تحلیل سناریوهای سیستم

در این بخش، رابطه بین بازده و ریسک در سه سناریوی سرمایه‌گذاری بررسی شده است.

**جدول ٥. سناریوهای ریسک–بازده**

| سناریو | بازده | ریسک |
|---|---|---|
| محافظه‌کار | 5.8% | پایین |
| متعادل | 8.7% | متوسط |
| تهاجمی | 11.2% | بالا |

نتایج نشان می‌دهد سناریوی متعادل بهترین توازن میان بازده و ریسک را ایجاد می‌کند. این یافته با اصول مالی اسلامی در زمینه پرهیز از ریسک افراطی هم‌راستا است.

## ٤-بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که همگرایی میان توکنایزیشن دارایی‌های واقعی، زیرساخت‌های بلاکچین لایه دوم، قراردادهای هوشمند و روش‌های محاسباتی پیشرفته مانند مونت‌کارلو کوانتومی، می‌تواند یک چارچوب یکپارچه، چندلایه و کارآمد برای طراحی نظام‌های مالی نوین مبتنی بر دارایی ایجاد کند. این چارچوب نه‌تنها از منظر فنی قابل بررسی است، بلکه پیامدهای عمیقی در حوزه‌های اقتصادی، نهادی، رفتاری و حتی حقوقی به همراه دارد. در واقع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تحول در نظام‌های مالی دیگر صرفاً مبتنی بر یک فناوری منفرد نیست، بلکه حاصل تعامل پیچیده مجموعه‌ای از فناوری‌های مکمل است که در کنار یکدیگر ساختار بازارهای مالی را بازتعریف می‌کنند.یکی از مهم‌ترین نتایج به‌دست‌آمده، وجود رابطه غیرخطی میان میزان توکنایزیشن و عملکرد اقتصادی دارایی‌ها است. در مراحل ابتدایی افزایش توکنایزیشن، بازار با بهبود قابل توجه در نقدشوندگی مواجه می‌شود، زیرا تقسیم‌پذیری دارایی‌ها افزایش یافته و امکان ورود طیف گسترده‌تری از سرمایه‌گذاران فراهم می‌شود. این موضوع موجب افزایش حجم معاملات و بهبود کارایی تخصیص منابع می‌گردد. با این حال، با عبور از یک سطح مشخص، افزایش بیشتر توکنایزیشن به جای بهبود عملکرد، منجر به افزایش نوسانات و کاهش ثبات سیستم می‌شود.

این پدیده را می‌توان به افزایش سرعت گردش سرمایه و حساسیت بالاتر بازارهای دیجیتال نسبت به رفتارهای کوتاه‌مدت سرمایه‌گذاران نسبت داد. در چنین شرایطی، واکنش‌های هیجانی و هم‌جهتی سرمایه‌گذاران خرد می‌تواند موجب تشدید نوسانات قیمتی شود. بنابراین، توکنایزیشن اگرچه ابزار قدرتمندی برای دموکراتیزه کردن دسترسی به بازارهای مالی است، اما در عین حال می‌تواند زمینه‌ساز انتقال سریع‌تر شوک‌های

قیمتی و افزایش ریسک سیستماتیک نیز باشد.از منظر نظری، این نتایج بیانگر وجود یک تضاد ساختاری میان نقدشوندگی و ثبات مالی است. در نظام‌های مالی سنتی، افزایش نقدشوندگی معمولاً به‌عنوان یک مزیت مطلق تلقی می‌شود، اما در محیط‌های مالی دیجیتال، نقدشوندگی بیش از حد می‌تواند به کاهش زمان واکنش بازار و افزایش شدت نوسانات منجر شود. به بیان دیگر، هرچه بازار روان‌تر و سریع‌تر باشد، احتمال انتقال سریع‌تر بی‌ثباتی نیز افزایش می‌یابد. این مسئله به‌ویژه در بازارهایی که سهم بالایی از سرمایه‌گذاران خرد دارند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

یافته مهم دیگر پژوهش مربوط به نقش بلاکچین‌های لایه دوم در بهبود کارایی شبکه است. نتایج نشان داد که استفاده از این معماری موجب افزایش قابل توجه ظرفیت پردازش تراکنش‌ها و کاهش چشمگیر تأخیر در شبکه می‌شود. در ساختارهای سنتی بلاکچین، محدودیت اصلی در ظرفیت پردازش و مقیاس‌پذیری نهفته است، به‌گونه‌ای که افزایش حجم تراکنش‌ها منجر به ازدحام شبکه و کاهش کارایی می‌شود. در مقابل، در معماری‌های مبتنی بر لایه دوم، بخش عمده پردازش‌ها خارج از زنجیره اصلی انجام شده و تنها نتایج نهایی در شبکه اصلی ثبت می‌شود.

این تغییر معماری باعث کاهش بار شبکه، افزایش سرعت پردازش و بهبود تجربه کاربری می‌شود. از منظر اقتصادی، این یافته اهمیت بالایی دارد، زیرا نشان می‌دهد که بدون استفاده از راهکارهای لایه دوم، پیاده‌سازی نظام‌های مالی در مقیاس بزرگ با محدودیت‌های جدی مواجه خواهد شد. در واقع، لایه دوم را می‌توان یکی از زیرساخت‌های حیاتی برای تحقق نظام‌های مالی غیرمتمرکز در مقیاس جهانی دانست.

در بخش قراردادهای هوشمند، نتایج نشان داد که این فناوری نقش اساسی در کاهش هزینه‌های عملیاتی، افزایش سرعت تسویه و بهبود شفافیت اطلاعاتی ایفا می‌کند. قراردادهای هوشمند با حذف واسطه‌ها و اجرای خودکار تعهدات، ساختار سنتی اجرای قراردادها را دگرگون می‌کنند. در نظام‌های مالی سنتی، اجرای قراردادها نیازمند نهادهای واسطه، فرآیندهای حقوقی پیچیده و زمان‌بر است، در حالی که در ساختارهای مبتنی بر قرارداد هوشمند، اجرای تعهدات به‌صورت خودکار و مبتنی بر کد انجام می‌شود.این تحول موجب کاهش خطاهای انسانی، افزایش اعتماد سیستمی و بهبود کارایی کلی نظام مالی می‌شود. از منظر نهادی، قراردادهای هوشمند را می‌توان به‌عنوان نقطه گذار از نهادهای انسانی به نهادهای الگوریتمی در نظر گرفت. در این چارچوب، قواعد اجرایی به جای تفسیر انسانی، در قالب کدهای نرم‌افزاری تعریف و اجرا می‌شوند که این امر پیامدهای گسترده‌ای برای آینده نظام‌های مالی و حقوقی دارد.

در بخش تحلیل ریسک، نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نشان داد که رفتار بازده دارایی‌ها از توزیع‌های پیچیده و نامتقارن پیروی می‌کند. این موضوع بیانگر آن است که فرضیات ساده‌سازی‌شده در مدل‌های کلاسیک مالی، توانایی کافی برای توصیف رفتار واقعی بازارهای دیجیتال را ندارند. در چنین بازارهایی، نوسانات شدید و رفتارهای غیرخطی به‌طور مکرر مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده وجود ریسک‌های پنهان و ساختاری است.مقایسه میان روش مونت‌کارلو کلاسیک و کوانتومی نیز نشان داد که روش کوانتومی از نظر سرعت محاسبات و دقت تخمین عملکرد بهتری دارد. این موضوع نشان می‌دهد که ورود محاسبات کوانتومی به حوزه مالی می‌تواند تحول اساسی در حوزه‌هایی مانند قیمت‌گذاری دارایی‌ها، مدیریت ریسک و بهینه‌سازی پرتفوی ایجاد کند. در واقع، این فناوری امکان تحلیل سناریوهای پیچیده را در زمان بسیار کوتاه‌تر و با خطای کمتر فراهم می‌سازد.

از منظر یکپارچه‌سازی نتایج، می‌توان بیان کرد که سیستم مورد بررسی دارای ویژگی‌های هم‌افزایی میان اجزای مختلف است. توکنایزیشن موجب افزایش نقدشوندگی می‌شود، بلاکچین لایه دوم زیرساخت مقیاس‌پذیر فراهم می‌کند، قراردادهای هوشمند هزینه‌ها و خطاها را کاهش می‌دهند و محاسبات پیشرفته امکان تحلیل دقیق‌تر و سریع‌تر سیستم را فراهم می‌کنند. این هم‌افزایی نشان می‌دهد که آینده نظام‌های مالی نه بر اساس یک فناوری منفرد، بلکه بر پایه تعامل چندین فناوری مکمل شکل خواهد گرفت.با وجود این مزایا، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که این تحول فناورانه بدون چالش نیست. افزایش بیش از حد توکنایزیشن می‌تواند منجر به تشدید رفتارهای هیجانی در بازار شود. همچنین وابستگی شدید به قراردادهای هوشمند، ریسک‌های جدیدی از جمله خطاهای کدنویسی، آسیب‌پذیری‌های امنیتی و حملات سایبری را به سیستم اضافه می‌کند. بنابراین، در کنار مزایای قابل توجه، این فناوری‌ها نیازمند چارچوب‌های کنترلی و نظارتی دقیق هستند.

از منظر مالی اسلامی نیز، نتایج نشان می‌دهد که این فناوری‌ها ظرفیت بالایی برای همگرایی با اصول شریعت دارند. دارایی‌محوری در توکنایزیشن، شفافیت در قراردادهای هوشمند و مشارکت در ریسک در ساختارهای مالی جدید، همگی با مبانی نظری مالی اسلامی هم‌راستا هستند. در این چارچوب، حذف بهره و تأکید بر دارایی واقعی و قراردادهای مشارکتی می‌تواند زمینه‌ساز توسعه مدل‌های مالی اسلامی مبتنی بر فناوری‌های نوین باشد.

در جمع‌بندی نهایی، می‌توان گفت که این پژوهش نشان می‌دهد آینده نظام‌های مالی در گرو ترکیب و همگرایی فناوری‌های نوین است. این همگرایی نه‌تنها ساختار بازارهای مالی را متحول می‌کند، بلکه مفهوم سنتی اعتماد، واسطه‌گری و اجرای قراردادها را نیز بازتعریف می‌نماید. با این حال، تحقق کامل این چشم‌انداز نیازمند توسعه چارچوب‌های نهادی، حقوقی و نظارتی متناسب با این فناوری‌ها است.

در نهایت، این پژوهش را می‌توان گامی در جهت درک عمیق‌تر از تحول ساختاری نظام‌های مالی مبتنی بر دارایی‌های دیجیتال و فناوری‌های نوین دانست؛ تحولی که به‌تدریج مرز میان اقتصاد، فناوری و نهادهای مالی را کمرنگ‌تر کرده و ساختار جدیدی از تعاملات اقتصادی را شکل خواهد داد.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده تمرکز بیشتری بر مدل‌سازی تجربی رابطه میان توکنایزیشن، نقدشوندگی و ریسک در بازارهای واقعی دارایی‌های دیجیتال صورت گیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که این روابط ماهیتی غیرخطی دارند، بنابراین استفاده از داده‌های واقعی بازار می‌تواند به اعتبارسنجی و تعمیم‌پذیری بهتر مدل‌ها کمک کند. همچنین پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، متغیرهای رفتاری سرمایه‌گذاران از جمله رفتارهای هیجانی، اثر شبکه‌های اجتماعی و واکنش‌های جمعی در تصمیم‌گیری‌های مالی وارد مدل‌های تحلیلی شوند تا تصویر دقیق‌تری از پویایی بازارهای توکن‌شده ارائه شود. علاوه بر این، بررسی یکپارچه فناوری‌های نوین مالی به‌صورت هم‌زمان و در قالب یک سیستم چندلایه می‌تواند مسیرهای جدیدی برای توسعه نظریه‌های مالی دیجیتال ایجاد کند.

در سطح سیاست‌گذاری، با توجه به افزایش هم‌زمان نقدشوندگی و ریسک در برخی سطوح توکنایزیشن، ضرورت طراحی چارچوب‌های نظارتی انعطاف‌پذیر و مبتنی بر داده بیش از پیش احساس می‌شود. سیاست‌گذاران باید به سمت ایجاد نظام‌های نظارتی هوشمند حرکت کنند که بتوانند رفتار بازار را در زمان واقعی رصد کرده و از بروز نوسانات شدید جلوگیری کنند. همچنین تدوین مقررات شفاف در زمینه مالکیت دارایی‌های دیجیتال، نحوه اجرای قراردادهای هوشمند و استانداردهای امنیت سایبری ضروری است. ایجاد چارچوب‌های حقوقی مشخص برای دارایی‌های توکن‌شده نیز می‌تواند از بروز ابهامات قانونی و ریسک‌های نهادی جلوگیری کند.در حوزه فنی، توسعه و بهینه‌سازی زیرساخت‌های بلاکچین به‌ویژه در لایه دوم اهمیت اساسی دارد، زیرا نتایج نشان داد این معماری نقش کلیدی در افزایش مقیاس‌پذیری و کاهش بار شبکه دارد. پیشنهاد می‌شود معماری‌های ترکیبی توسعه یابند که بتوانند میان امنیت لایه اول و سرعت لایه دوم تعادل برقرار کنند. همچنین استانداردسازی فرآیند توکنایزیشن دارایی‌های واقعی برای جلوگیری از ناهمگونی ساختاری و افزایش قابلیت تعامل میان سیستم‌های مختلف ضروری است. از سوی دیگر، ارتقای امنیت قراردادهای هوشمند از طریق روش‌های اعتبارسنجی رسمی و ابزارهای خودکار شناسایی خطا می‌تواند ریسک‌های ناشی از آسیب‌پذیری‌های نرم‌افزاری را کاهش دهد.

در حوزه توسعه مالی اسلامی دیجیتال نیز نتایج پژوهش نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین ظرفیت بالایی برای انطباق با اصول شریعت دارند. در این راستا، پیشنهاد می‌شود چارچوب‌های تخصصی برای طراحی ابزارهای مالی اسلامی مبتنی بر دارایی دیجیتال توسعه یابد. توکنایزیشن دارایی‌های واقعی می‌تواند با اصل دارایی‌محوری در مالی اسلامی هم‌راستا باشد و زمینه شکل‌گیری ابزارهای مالی مبتنی بر مشارکت را فراهم کند. همچنین استفاده از قراردادهای هوشمند در اجرای قراردادهای مشارکتی مانند مضاربه و مشارکت می‌تواند شفافیت، عدالت قراردادی و کارایی اجرایی را افزایش دهد. در کنار این موارد، همکاری میان نهادهای فقهی و نهادهای مالی برای تدوین استانداردهای شرعی مرتبط با دارایی‌های دیجیتال ضروری است تا همگرایی میان فناوری و اصول شریعت به‌صورت نظام‌مند و پایدار تحقق یابد.

## منابع

### منابع فارسی

#### مقالات


احمدی، س. و نادری، پ. (۱۴۰۱). بلاکچین و آینده نظام بانکی. فصلنامه اقتصاد دیجیتال، ۱۰(۲) ، ۲۵–۵۴.

اصغری ،ر.ومیرخور ،ح(۱۳۹۶)آینده نظام بانکی در اصول اسلامی .فصلنامه مدیریت مالی،۱۱(۳)،۲۸-۳۹.

بابایی، م. (۱۴۰۰). قراردادهای هوشمند در بانکداری دیجیتال. مجله فناوری مالی، ۸(۳)، ۷۱–۹۸.

بانی، س.(۱۳۹۶) *بررسی ادبیات مالی اسلامی و ثبات مالی*. مجله علوم اقتصادی کاربردی، ۱۲(۷)، ۱۸-۳۴.

تقوی، ر. و موسوی، ز. (۱۳۹۹). تحلیل ریسک در دارایی‌های دیجیتال. مجله تحقیقات مالی ایران، ۶(۲)، ۳۳–۶۲.

حسینی، ک. (۱۳۹۸). توکنایزیشن دارایی‌ها و اثرات آن. پژوهش‌های مالی نوین، ۵(۲)، ۱۲–۴۰.
صادقی، ف. (۱۴۰۲). کاربرد یادگیری ماشین در مالی. فصلنامه هوش مالی، ۳(۴)، ۴۵–۷۶.
علیزاده، م. (۱۳۹۷). بررسی مالی اسلامی در بازارهای نوین. مجله اقتصاد اسلامی، ۴(۲)، ۶۰–۸۸.
نادری، ع. (۱۳۹۶). فناوری‌های نوین در بازار سرمایه. مجله بورس و اوراق بهادار، ۷(۱)، ۱۵–۴۲.

**کتاب‌ها**

آقاجانی، م. (۱۳۹۸). مدیریت ریسک در بازارهای مالی نوین. تهران: انتشارات سمت.
اسفندیاری، ف. (۱۳۹۹). بانکداری و مالی اسلامی. تهران: دانشگاه تهران.
امیری، ح. (۱۴۰۰). فین‌تک و تحول دیجیتال در نظام مالی. تهران: نشر چالش.
بهرامی، ن. (۱۳۹۷). اقتصاد مالی پیشرفته. تهران: انتشارات نگاه نو.
حسینی، ع. (۱۳۹۶). نظریه‌های سرمایه‌گذاری. تهران: سمت.
رضایی، م. (۱۴۰۱). بازار سرمایه و فناوری‌های نوین مالی. تهران: انتشارات دانشگاه علامه.
کریمی، ر. (۱۳۹۸). مدیریت مالی پیشرفته. تهران: نشر نور علم.
مرادی، ف. (۱۳۹۵). اقتصاد اسلامی کاربردی. تهران: دانشگاه امام صادق.

**اسناد و گزارش‌ها**

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۴۰۱).گزارش تحول دیجیتال در نظام بانکی. تهران.
سازمان بورس و اوراق بهادار. (۱۴۰۰).گزارش توسعه بازار سرمایه دیجیتال. تهران.
وزارت اقتصاد و دارایی. (۱۳۹۹). سند راهبردی اقتصاد دیجیتال ایران. تهران.
مرکز پژوهش‌های مجلس. (۱۴۰۱).گزارش آینده فناوری‌های مالی. تهران.

**منابع انگلیسی**

**Articles**

Aggarwal, R. K., & Yousef, T. (2000). Islamic banks and investment financing. Journal of Money, Credit and Banking, 32(1), 93–120.Auer, R., & Claessens, S. (2018). Regulating cryptocurrencies: Assessing market reactions., 17(1), 2–12.

Biais, B., Bisière, C., Bouvard, M., & Casamatta, C. (2019). Blockchain economics. Review of Financial Studies, 32(5), 1662–1715.

Bhattacharyya, S., Jha, S., Tharakunnel, K., & Westland, J. C. (2011). Data mining for credit card fraud: A comparative study. Decision Support Systems, 50(3), 602–613.

Bolton, R. J., & Hand, D. J. (2002). Statistical fraud detection: A review. Statistical Science, 17(3), 235–255.

Cheng, J., & Da, Z. (2021). Fintech innovation and financial markets. Journal of Finance, 76(3), 145–182.

Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys, 41(3), 1–58.

Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, *9*(8), 1735–1780.

Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, *3*(4), 305–360.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., et al. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *30*, 5998–6008.

Bhattacharyya, S., Jha, S., Tharakunnel, K., & Westland, J. (2011). Data mining for credit card fraud: A comparative study. *Decision Support Systems*, *50*(3), 602–613.

Kirkos, E., Spathis, C., & Manolopoulos, Y. (2007). Data mining techniques for the detection of fraudulent financial statements. *Expert Systems with Applications*, *32*(4), 995–1003.

Kou, Y., Peng, Y., & Wang, G. (2021). Evaluation of clustering algorithms for financial risk analysis using MCDM methods. *Information Sciences*, *275*, 1–12.

Levi, M., & Burrows, J. (2008). Measuring the impact of fraud in the UK: A conceptual and empirical journey. *British Journal of Criminology*, *48*(3), 293–318.

Mnih, V., et al. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. Nature, 518, 529–533.

Ngai, E. W. T., Hu, Y., Wong, Y. H., Chen, Y., & Sun, X. (2011). The application of data mining techniques in financial fraud detection. *Decision Support Systems*, *50*(3), 559–569.

Phua, C., Lee, V., Smith, K., & Gayler, R. (2010). A comprehensive survey of data mining-based fraud detection research. *Artificial Intelligence Review, 34*(1), 1–14.

Pozzolo, A. D., Boracchi, G., Caelen, O., Alippi, C., & Bontempi, G. (2015). Credit card fraud detection and concept-drift adaptation with delayed supervised information. *International Joint Conference on Neural Networks*, 1–8.

Reurink, A. (2018). Financial fraud: A literature review. *Journal of Economic Surveys, 32*(5),10-17.

Gomber, P., Koch, J.-A., & Siering, M. (2017). Digital finance and fintech. Journal of Business Economics, 87(5), 537–580.

Siddiqi, M. N. (2006). *Islamic banking and finance in theory and practice: A survey of state of the art*. Islamic Economic Studies, 13(2), 1–48.

Zetzsche, D. A., Buckley, R. P., Arner, D. W. (2020). Fintech and data-driven finance.31(8)21-37.

**Books**

Ang, A. (2014). *Asset management: A systematic approach to factor investing*. Oxford University Press.

Askari, H., & Mirakhor, A. (2015). *Islamic finance: Principles and practice*. Wiley.

Bogle, J. C. (2017). *The little book of common sense investing*. Wiley.

Cont, R., & Tankov, P. (2004). *Financial modelling with jump processes*. CRC Press.

Glasserman, P. (2004). *Monte Carlo methods in financial engineering*. Springer.

Hull, J. C. (2018). *Options, futures, and other derivatives*. Pearson.

Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and cryptocurrency technologies*. Princeton University Press.

Shreve, S. (2004). *Stochastic calculus for finance*. Springer.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی