Journal of
Management, Economics & Entrepreneurship
www.JMEK.ir

Volume 5, Issue 3, 2024

A Review of the Historical Development of Blockchain and Cryptocurrencies in Electronic Commerce

Mehran Bahram Arjavand[*1] Yegane Kharat[2] Ali Kalantari[3] Fatemeh Kamalinezhad[4]

1. Bachelor's student in Financial Management, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.(Corresponding Author) Email: mehranbahramarjavand2@gmail.com
2. Bachelor's student in Financial Management, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.
3. Bachelor's student in Financial Management, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.
4. Bachelor's student in Financial Management, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.

ARTICLE INFORMATION

Type of Article:
Original Research
Pages: 1-13

Corresponding Author's Info
Email:
mehranbahramarjavand2@gmail.com

Keywords:
Digital Currency, Blockchain, Bitcoin, Decentralization, Security, E-commerce.

ABSTRACT

Following the financial crisis and widespread distrust in central institutions, global financial markets witnessed the emergence of a novel phenomenon: cryptocurrencies. Digital currencies, fundamentally rooted in the science of cryptography, operate without central banking intermediaries, thereby enabling seamless global transactions. These digital assets are generated and managed on a decentralized technological framework known as blockchain. Blockchain, functioning as an immutable and transparent distributed ledger, has revolutionized e-commerce by enhancing security, transparency, and trust in digital interactions. This study aims to analytically review the historical evolution of cryptocurrencies and blockchain technology, comprehensively evaluating their underlying mechanisms, advantages, disadvantages, and practical applications within the modern digital ecosystem. Utilizing a descriptive-analytical method based on a systematic review of existing literature, the research examines consensus mechanisms, cryptographic security protocols, and associated challenges such as high energy consumption. Findings indicate that eliminating financial intermediaries, significantly reducing transaction costs, and ensuring absolute data integrity through advanced cryptography are the most significant features of this technology. Furthermore, the advent of Bitcoin as the first pure digital asset, alongside the development of advanced platforms like Ethereum for executing smart contracts, has opened unprecedented horizons for the digital economy. Ultimately, despite existing technical and environmental challenges, blockchain and cryptocurrencies are poised to become the fundamental backbone of next-generation e-commerce, paving the way for widespread global adoption and decentralized digital commerce.

How to Cite This Article: Bahram Arjavand, M.; Kharat, Y.; Kalantari, A.; and Kamalinezhad, F. (2024). A Review of the Historical Development of Blockchain and Cryptocurrencies in Electronic Commerce. Management, Economics and Entrepreneurship Studies, 5(3): 1-13. doi: 10.22034/jmek.2024.148629

فصلنامه مطالعات مدیریت، اقتصاد و کارآفرینی
www.JMEK.ir

دوره ۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳

مروری بر تاریخچه بلاک‌چین و رمزارزها در تجارت الکترونیک

مهران بهرام ارجاوند[1]* یگانه خرّاط[2] علی کلانتری[3] فاطمه کمالی نژاد[4]

۱. دانشجوی کارشناسی مدیریت مالی ،واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی مدیریت مالی ،واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.
۳. دانشجوی کارشناسی مدیریت مالی ،واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.
۴. دانشجوی کارشناسی مدیریت مالی ،واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی
صفحات: ۱۳-۱

اطلاعات نویسنده مسئول

ایمیل:
mehranbahramarjavand2@gmail.com

سابقه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱

واژگان کلیدی:
ارز دیجیتال، بلاک چین، بیت کوین، عدم تمرکز، امنیت، تجارت الکترونیک.

چکیده

در پی بحران مالی و بی‌اعتمادی به نهادهای مرکزی، بازارهای مالی جهان با پدیده نوینی به نام ارزهای مجازی و رمز ارزها مواجه شدند که تحولات شگرفی را در تجارت الکترونیک رقم زدند. ارز دیجیتال، شکل خاصی از پول دیجیتال است که بر پایه علم رمزنگاری و بدون نیاز به واسطه‌های بانکی متمرکز، امکان مبادلات جهانی را فراهم می‌کند. این رمز ارزها در بستر فناوری نوین و غیرمتمرکزی به نام بلاک چین تولید و مدیریت می‌شوند. بلاک چین به عنوان یک دفتر کل توزیع‌شده و تغییرناپذیر، انقلابی در نحوه تعاملات تجاری، شفافیت و امنیت داده‌ها ایجاد کرده است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی تحلیلی چگونگی شکل‌گیری رمز ارزها و بلاک چین، ارزیابی مزایا، معایب و کارکردهای آن‌ها در اکوسیستم دیجیتال است. روش پژوهش حاضر، توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر مرور نظام‌مند پیشینه و مبانی نظری فناوری بلاک چین، مکانیزم‌های اجماع و چالش‌هایی نظیر مصرف انرژی است. یافته‌ها نشان می‌دهد که حذف واسطه‌های مالی، کاهش هزینه‌های مبادله، و تضمین امنیت از طریق رمزنگاری، از مهم‌ترین ویژگی‌های این فناوری است. همچنین، ظهور بیت‌کوین به عنوان اولین دارایی دیجیتال خالص و توسعه پلتفرم‌هایی نظیر اتریوم برای قراردادهای هوشمند، افق‌های جدیدی را پیش روی اقتصاد دیجیتال قرار داده است. در نهایت، این مقاله بیان می‌کند که علیرغم چالش‌های فنی و زیست‌محیطی، بلاک چین و رمز ارزها به عنوان ستون فقرات نسل آینده تجارت الکترونیک، مسیر پذیرش گسترده را طی خواهند کرد.

۱- مقدمه

طی چند دهه گذشته، فعالیت اقتصادی جهانی به دلیل آزادسازی تجارت و سرمایه‌گذاری، ظهور اقتصادهای نوظهور و پیشرفت‌های شگرف در فناوری‌ها، به طور قابل توجهی دگرگون شده است (کانو، ۲۰۱۸). این تحولات بنیادین، زمینه‌ساز وقوع انقلاب دیجیتالی شده است که به عنوان یکی از مهم‌ترین نقاط عطف در تاریخ توسعه بشریت شناخته می‌شود. انقلاب دیجیتال، فرآیند گذار از فناوری‌های آنالوگ و الکترونیکی به فناوری‌های تمام‌عیار دیجیتال است و در حال حاضر در اوج شکوفایی و گسترش بی‌سابقه خود قرار دارد. از آنجایی که جامعه بشری به طور فزاینده‌ای در عصر دیجیتال زندگی می‌کند و تعاملات روزمره تجاری و اجتماعی به سرعت به سمت فضای مجازی سوق پیدا کرده است، ظهور شکل دیجیتالی پول، یعنی ارز دیجیتال، امری کاملاً منطقی، طبیعی و اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد.

ارز دیجیتال به عنوان شکل نوین و دیجیتالی پول، با بهره‌گیری از تکنیکی پیشرفته و پیچیده به نام رمزنگاری (Cryptography) عمل می‌کند. رمزنگاری فرآیندی علمی است که اطلاعات خوانا و قابل فهم را به کدهای پیچیده‌ای تبدیل می‌کند که به هیچ وجه و تحت شرایط عادی قابل شکستن یا رمزگشایی غیرمجاز نیستند. این سطح عالی از امنیت، پایه و اساس اعتماد در تراکنش‌های مالی نوین را شکل می‌دهد و جایگزین مناسبی برای اعتماد سنتی به بانک‌ها و نهادهای متمرکز است که در بحران‌های مالی گذشته دچار چالش شده بودند. در این میان، پایه و بنیان اصلی تمام تراکنش‌های کریپتوکارنسی، فناوری بلاک چین است. بلاک چین به عنوان یک دفتر کل توزیع‌شده و شفاف، تراکنش‌های فردی و مالکیت تمام ارزهای دیجیتال در گردش را با دقت و امانت‌داری کامل ثبت می‌کند. این سیستم پیچیده و در عین حال کارآمد، توسط به اصطلاح «ماینرها» یا استخراج‌کنندگان بلاک چین مدیریت می‌شود. وظیفه اصلی این ماینرها، به‌روزرسانی مداوم تمام تراکنش‌های رخداده در شبکه و اطمینان حاصل کردن از صحت و اعتبار اطلاعات ثبت‌شده است، بدون آنکه نیاز به هیچ نهاد واسط یا مرجع مرکزی باشد (میلوتینوویچ، ۲۰۱۸).

محبوبیت روزافزون فناوری بلاک چین و گستره وسیع کاربرد آن در صنایع مختلف، نتیجه تحقیقات مداوم و تلاش‌های بی‌وقفه بسیاری از پژوهشگران در زمینه‌های مختلف عملی و علمی است. اگرچه فناوری بلاک چین هنوز نسبتاً جدید محسوب می‌شود و در بسیاری از جنبه‌ها در مرحله آزمایشی و توسعه قرار دارد، اما به طور فزاینده‌ای به عنوان یک راه حل انقلابی و تحول‌آفرین در نظر گرفته می‌شود. این فناوری نوین، راهکارهای مؤثری برای پاسخگویی به نگرانی‌های اساسی فناوری مدرن ارائه می‌دهد؛ مسائلی همچون تمرکززدایی از ساختارهای سنتی، ایجاد اعتماد در محیط‌های بی‌اعتماد، تضمین هویت دیجیتال، حفظ مالکیت داده‌ها توسط کاربران و تسهیل تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر داده‌های شفاف و غیرقابل دستکاری (کارافیلوسکی و میشو، ۲۰۱۷).

به ویژه پس از بحران‌های مالی بزرگ و بی‌اعتمادی فزاینده به نهادهای مالی مرکزی، نیاز به سیستم‌هایی که شفافیت، امنیت و استقلال را تضمین کنند، بیش از پیش احساس شد. ارزهای دیجیتال و فناوری زیرساختی آن‌ها، یعنی بلاک چین، پاسخی مستقیم به این نیاز جهانی بودند. این فناوری با حذف واسطه‌ها، نه تنها هزینه‌های مبادله را کاهش می‌دهد، بلکه سرعت و کارایی تراکنش‌های فرامرزی را نیز به طور چشمگیری افزایش می‌دهد. از این رو، بررسی دقیق ابعاد مختلف این پدیده نوظهور، از منظر فنی، اقتصادی و مدیریتی، اهمیتی دوچندان می‌یابد.

بنابراین، درک عمیق از چگونگی شکل‌گیری این فناوری، سازوکارهای داخلی آن و تأثیرات گسترده آن بر تجارت الکترونیک، نه تنها برای پژوهشگران حوزه مدیریت و فناوری اطلاعات، بلکه برای تمام فعالان اقتصادی و سیاست‌گذاران

نیز ضروری است. این مقاله با هدف بررسی تحلیلی تاریخچه، مبانی نظری و کارکردهای بلاک چین و رمزارزها در اکوسیستم تجارت الکترونیک نگارش یافته است تا با پر کردن خلأهای مطالعاتی موجود، تصویری شفاف و جامع از تحولات پیش‌رو در دنیای اقتصاد دیجیتال ارائه دهد.

۲. چارچوب نظری و پیشینه تحقیق

در این بخش، مبانی نظری و پیشینه پژوهش‌های مرتبط با فناوری بلاک‌چین و رمز ارزها در بستر تجارت الکترونیک مورد بررسی نظام‌مند قرار می‌گیرد. درک عمیق این پدیده نوظهور نیازمند شناخت ریشه‌های تاریخی، سازوکارهای فنی پیچیده و تحولات نظری آن است. فناوری بلاک‌چین در اصل نامی است که به طراحی زیربنای عملیات دیجیتال داده شده است. اگرچه مدت‌ها قبل از معرفی بیت‌کوین، این فناوری به عنوان یک دفتر کل توزیع‌شده در سال ۱۹۹۱ توسط هابر و استورنتا توسعه یافته بود، اما هفده سال بعد، ساتوشی ناکاموتو در سال ۲۰۰۸ اولین کاربرد عملی و در مقیاس بزرگ آن را با معرفی بیت‌کوین ارائه کرد. این ارز دیجیتال بدون نیاز به واسطه‌های قابل اعتماد سنتی عمل می‌کند. بلاک‌چین‌ها دفاتر دیجیتالی قابل ردیابی و مقاوم در برابر دستکاری هستند که به صورت توزیع‌شده و معمولاً بدون یک مرجع مرکزی مانند بانک، شرکت یا دولت اجرا می‌شوند. این فناوری به عنوان یک راهکار بالقوه و تحول‌آفرین برای شرکت‌ها و دولت‌ها جهت حمایت از تبادل اطلاعات و تراکنش‌هایی که نیازمند احراز هویت و اعتماد هستند، ظهور کرده است. در سطح بنیادین، بلاک‌چین به جامعه‌ای از کاربران امکان می‌دهد تا تراکنش‌ها را در یک دفتر کل مشترک ثبت کنند، به طوری که تحت عملکرد عادی شبکه، هیچ تراکنشی پس از انتشار قابل تغییر یا حذف نیست. سازوکار فنی بلاک‌چین بر پایه زنجیره‌ای از بلوک‌های مرتب‌شده زمانی و مرتبط با رمزنگاری استوار است. هر بلوک، رکوردی تغییرناپذیر از مجموعه‌ای از تراکنش‌هاست که توسط گره‌های شرکت‌کننده در شبکه تعیین و تأیید می‌شود. تغییرناپذیری با پیوند دادن بلوک‌ها به صورت متوالی تضمین می‌شود، به طوری که هر بلوک شامل امضای دیجیتال (معروف به هش) بلوک قبلی است. بنابراین، هرگونه تغییر در یک بلوک، مستلزم اصلاح تمام بلوک‌های بعدی است که عملاً غیرممکن می‌باشد. برای الحاق یک بلوک جدید به زنجیره، مکانیسم اعتبارسنجی خاصی به نام «مکانیزم اجماع» مورد نیاز است. رایج‌ترین این مکانیزم‌ها، «اثبات کار» (PoW) و «اثبات سهام» (PoS) هستند. در حالی که اثبات کار بر رقابت محاسباتی برای حل معماهای ریاضی متکی است، چالش‌های جدی در زمینه مصرف انرژی ایجاد می‌کند. طبق مطالعات، کل انرژی مصرف‌شده توسط صنعت استخراج بیت‌کوین قابل مقایسه با مصرف برق کشورهایی مانند ایرلند است که منجر به اتلاف عظیم منابع می‌شود. در مقابل، اثبات سهام گره اعتبارسنجی را بر اساس سهم مالکیت انتخاب می‌کند که اگرچه کارآمدتر است، اما ممکن است به تمرکز ثروت منجر شود. پژوهشگران اخیراً به دنبال توسعه مفاهیمی مانند «اثبات کار مفید» (PoUW) هستند تا ضمن حفظ غیرمتمرکز بودن شبکه، از اتلاف منابع محاسباتی جلوگیری کرده و خروجی‌های مفیدی برای اکوسیستم‌هایی مانند حمل‌ونقل دریایی یا یادگیری عمیق ارائه دهند.

در حوزه پیشینه تحقیق، مطالعات متعددی به بررسی ابعاد مختلف این فناوری پرداخته‌اند. بهنکه و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که بلاک‌چین فناوری مفیدی است که منجر به اشتراک‌گذاری داده‌های بیشتر میان اعضای زنجیره تأمین می‌شود؛ با این حال، شرایط مرزی و سازمان‌دهی مناسب باید پیش از پیاده‌سازی آن برآورده گردد. حسین کاکاوند، کاست دِ سورس، نیکولت و چیلتون برت (۲۰۱۷) دریافتند که بلاک‌چین یک پلتفرم دیجیتالی است که کل تاریخچه تراکنش‌ها را ذخیره و تأیید می‌کند و به عنوان یک پایگاه داده غیرقابل برگشت و یک معماری غیرمتمرکزِ در

حال ظهور و الگوی محاسباتی توزیع‌شده عمل می‌نماید. جی و همکاران (۲۰۲۰) نیز تأکید کردند که پشتیبانی و تحریک توسعه برنامه‌های کاربردی فناوری بلاک‌چین، به عنوان بخشی از استراتژی دیجیتال‌سازی، برای بهبود شفافیت، کارایی، رقابت‌پذیری و پایداری بازار جهانی ضروری است.

علاوه بر این، تپسکات و تپسکات (۲۰۱۶) بیان کردند که بلاک‌چین می‌تواند نه تنها برای ثبت تراکنش‌های مالی، بلکه برای ثبت هر شیء با ارزش ذاتی استفاده شود و این مزیت، موجب تحولی بزرگ در دنیای دیجیتال و حتی آثار هنری می‌گردد. یوان ونگ (۲۰۱۸) نیز با اجماع نظر سایر محققان، مزیت اصلی این فناوری را در امکان استقرار اکوسیستم‌های مستقل، امن، قابل اعتماد و غیرمتمرکز برای سناریوهای مختلف، به ویژه برای استفاده بهینه از دستگاه‌ها، زیرساخت‌ها و منابع قدیمی دانست. دیلان یاگا، پیتر مل، نیک رابی و کارن اسکارفونه (۲۰۱۸) شبکه بلاک‌چین را شبکه‌ای وسیع، امن و بدون نیاز به واسطه معرفی کردند که عامل اصلی به وجود آمدن رمز ارزهاست. در همین راستا، جیک فرانکن‌فیلد (۲۰۲۱) تصریح کرد که ارز دیجیتال نوعی رمز ارز دیجیتالی است که انواع مختلفی دارد و تراکنش‌های آن بر روی بلاک‌چین ذخیره می‌شود؛ امری که باعث ایجاد امنیت بالا برای تراکنش‌ها و حذف مشکل اعتماد می‌گردد، هرچند هنوز به عنوان ارز رسمی در بسیاری از کشورها شناخته نمی‌شود. همچنین، پژوهش‌ها نشان می‌دهد که پس از بیت‌کوین، ارزهای دیگری مانند اتریوم (معرفی‌شده توسط ویتالیک بوترین در ۲۰۱۵ با قابلیت قراردادهای هوشمند)، لایت‌کوین، دش و زی‌کش با ارائه معیارهای طراحی جایگزین و بهبود سرعت یا حریم خصوصی، توسعه یافته‌اند.

با توجه به دانش و اطلاعات موجود، تاکنون پژوهش جامعی که به طور همزمان به تاریخچه، مبانی نظری، چالش‌های فنی (مانند مصرف انرژی و مکانیزم‌های اجماع) و کارکردهای بلاک‌چین و رمز ارزها در دنیای دیجیتال و تجارت الکترونیک بپردازد، کمتر انجام شده است. بنابراین، این مقاله با هدف پر کردن این خلأ مطالعاتی و غنی‌سازی منابع علمی موجود در این زمینه نگارش یافته است تا تصویری شفاف و یکپارچه از تحولات این فناوری نوظهور ارائه دهد.

۳. روش تحقیق

روش تحقیق حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و مرور نظام‌مند اسناد و پیشینه پژوهشی است. با توجه به اینکه فناوری بلاک‌چین و رمزارزها پدیده‌هایی نوظهور، پیچیده و در حال تحول سریع هستند، رویکرد اصلی این پژوهش، گردآوری، دسته‌بندی و تحلیل انتقادی منابع معتبر علمی، گزارش‌های فنی و مقالات منتشرشده در بازه زمانی مشخص به منظور تبیین چگونگی شکل‌گیری، مزایا، معایب و کارایی‌های این فناوری در اکوسیستم تجارت الکترونیک است. همان‌طور که در بخش بیان مسئله اشاره شد، با توجه به دانش و اطلاعات موجود، تاکنون پژوهش جامعی که به طور همزمان به تاریخچه، مبانی نظری، چالش‌های فنی (نظیر مصرف انرژی و مکانیزم‌های اجماع) و کارکردهای بلاک‌چین و رمزارزها در دنیای دیجیتال بپردازد، کمتر انجام شده است. بنابراین، این مقاله با هدف پر کردن این خلأ مطالعاتی و غنی‌سازی منابع علمی موجود در این زمینه نگارش یافته است.

قلمرو زمانی و موضوعی این پژوهش، بررسی تحولات فناوری دفتر کل توزیع‌شده (DLT) از زمان معرفی اولیه مفهوم آن در سال ۱۹۹۱ توسط هابر و استورنتا، تا تکامل آن با معرفی بیت‌کوین توسط ساتوشی ناکاموتو در سال ۲۰۰۸ و ادامه آن تا پژوهش‌های اخیر در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲ را در بر می‌گیرد. به طور خاص، در بخش تحلیل روندهای پژوهشی و کتاب‌سنجی، بازه زمانی نمونه‌گیری از سال ۲۰۱۳ تا ژوئن ۲۰۲۱ مورد بررسی دقیق قرار گرفته است تا ظهور تجارت ارزهای دیجیتال به عنوان یک حوزه تحقیقاتی جدید و رو به رشد در تجارت مالی به وضوح نشان داده شود. داده‌های این

پژوهش از طریق مطالعه عمیق اسناد کتابخانه‌ای، شامل کتاب‌های تخصصی (مانند آثار مارک پیلینگتون و درشر)، مقالات ژورنال‌های معتبر بین‌المللی (نمونه‌هایی از IEEE Access، مجله مدیریت ریسک و مالی، PLOS ONE، نوآوری مالی)، گزارش‌های نهادی استاندارد (مانند گزارش NIST در سال ۲۰۱۸ توسط یاگا، مل، رابی و اسکارفونه) و وایت‌پیپرهای اصلی و دست‌اول (مانند وایت‌پیپر بیت‌کوین ناکاموتو و وایت‌پیپر اتریوم ویتالیک بوترین) گردآوری شده است.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش، تحلیل محتوای کیفی و سنتز پژوهشی است. در این راستا، ابتدا مفاهیم پایه‌ای شامل تعریف بلاک‌چین، سازوکار اجماع (مکانیزم‌های اثبات کار PoW و اثبات سهام PoS) و ساختار بلوک‌ها، هش‌ها و مقادیر Nonce تشریح شده است. سپس، با استناد به دیدگاه‌های پژوهشگران مختلف (از جمله بهنکه و همکاران، ۲۰۲۰؛ کاکاوند و همکاران، ۲۰۱۷؛ جی و همکاران، ۲۰۲۰؛ تپسکات و تپسکات، ۲۰۱۶؛ و یوان ونگ، ۲۰۱۸)، ابعاد مختلف این فناوری از منظر زنجیره تأمین، شفافیت، کارایی، حذف واسطه‌ها و استقرار اکوسیستم‌های مستقل مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین، چالش‌های فنی نظیر مصرف انرژی عظیم در پروتکل‌های اثبات کار (که با مصرف برق کشورهایی مانند ایرلند مقایسه شده است) و راهکارهای پیشنهادی نوین مانند «اثبات کار مفید» (PoUW) که توسط بال و همکاران (۲۰۱۷) برای یادگیری عمیق و حمل‌ونقل دریایی مطرح شده، به عنوان بخشی از تحلیل انتقادی پژوهش مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

علاوه بر این، برای درک بهتر روندهای پژوهشی و محبوبیت فزاینده این فناوری، داده‌های کمی نیز از طریق بررسی تعداد مقالات منتشر شده در عرصه ارز دیجیتال استخراج و تحلیل شده‌اند. مشاهدات مستخرج از منابع نشان می‌دهد که بیش از ۸۵ درصد از مقالات مرتبط با این حوزه از سال ۲۰۱۸ به بعد منتشر شده‌اند که این امر، ظهور تجارت ارزهای دیجیتال را به عنوان یک حوزه تحقیقاتی جدید و رو به رشد در تجارت مالی تأیید می‌کند. در این تحلیل، انواع ارزهای دیجیتال نیز به دقت طبقه‌بندی شده‌اند: بیت‌کوین به عنوان اولین دارایی دیجیتال خالص و پیشرو، آلت‌کوین‌ها (مانند اتریوم با قراردادهای هوشمند، لایت‌کوین با هش Scrypt، دش با الگوریتم X11 و زی‌کش با اثبات دانش صفر برای حریم خصوصی)، و توکن‌های وابسته به شبکه‌های دیگر. این طبقه‌بندی به درک بهتر تنوع و تکامل فنی اکوسیستم کمک می‌کند.

این روش‌شناسی ترکیبی (کیفی و کمی توصیفی) اطمینان حاصل می‌کند که یافته‌های پژوهش نه تنها بر پایه شواهد مستند، معتبر و به‌روز علمی استوار است، بلکه تصویری جامع، شفاف و دقیق از وضعیت کنونی، چالش‌ها (مانند مشکل دوبار خرج کردن و تمرکز ثروت در PoS) و چشم‌انداز آینده بلاک‌چین و رمزارزها در دنیای تجارت الکترونیک ارائه می‌دهد. اعتبار و روایی علمی این پژوهش از طریق استناد به منابع دست‌اول، پرهیز از تعمیم‌های بی‌پایه و ارجاع‌دهی دقیق به مطالعات پیشین با فرمت استاندارد تضمین شده است.

٤. یافته‌ها

یافته‌های پژوهش حاضر که بر اساس مرور نظام‌مند ادبیات موضوع، وایت‌پیپرها و مقالات معتبر علمی استخراج شده است، ابعاد فنی، ساختاری و تکاملی فناوری بلاک‌چین و رمزارزها را در بستر تجارت الکترونیک به روشنی تبیین می‌سازد. بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که این فناوری فراتر از یک ابزار مالی صرف، به عنوان یک زیرساخت انقلابی و همه‌منظوره برای تبادل اطلاعات و ارزش در محیط‌های بی‌اعتماد عمل می‌کند. یافته‌های این پژوهش را می‌توان در پنج محور اصلی دسته‌بندی و به تفصیل تشریح کرد:

نخست، سازوکار و ساختار بنیادین فناوری بلاک‌چین. یافته‌ها حاکی از آن است که بلاک‌چین در هسته خود یک دفتر کل

توزیع‌شده است که بدون نیاز به یک مرجع مرکزی مانند بانک، شرکت یا دولت اداره می‌شود. اگرچه مفهوم دفتر کل توزیع‌شده از سال ۱۹۹۱ توسط هابر و استورنتا مطرح شده بود، اما کاربرد عملی و در مقیاس بزرگ آن در سال ۲۰۰۸ با معرفی بیت‌کوین توسط ساتوشی ناکاموتو محقق شد. این فناوری اطلاعات را در قالب بلوک‌هایی ذخیره می‌کند که به صورت زنجیره‌ای و با مهر زمانی به یکدیگر متصل هستند. هر بلوک شامل مجموعه‌ای از تراکنش‌های تأییدشده، هش یا امضای دیجیتال بلوک قبلی و یک مقدار عددی به نام نانس است که تغییرناپذیری داده‌ها را تضمین می‌کند. به طوری که هرگونه دستکاری در محتوای یک بلوک، نیازمند تغییر تمام بلوک‌های بعدی در زنجیره است که از نظر محاسباتی عملاً غیرممکن می‌باشد. این ساختار به جامعه‌ای از کاربران اجازه می‌دهد تا تراکنش‌ها را در یک شبکه همتا به همتا ثبت و تأیید کنند، بدون آنکه نگران حذف یا تغییر سوابق باشند. پژوهش‌ها تأیید می‌کنند که این ویژگی، وابستگی به بازیگران مرکزی را کاهش داده، هزینه‌های مبادله را حذف می‌کند و خطر دستکاری یا خرابی سیستم را به حداقل می‌رساند. همچنین، این فناوری پتانسیل ارائه منافع برای دولت و جامعه را دارد و می‌تواند گام بعدی را در توسعه دولت الکترونیکی ارائه دهد، زیرا هزینه‌ها و پیچیدگی‌ها را کاهش می‌دهد و قابلیت کشف و حسابرسی را بهبود می‌بخشد.

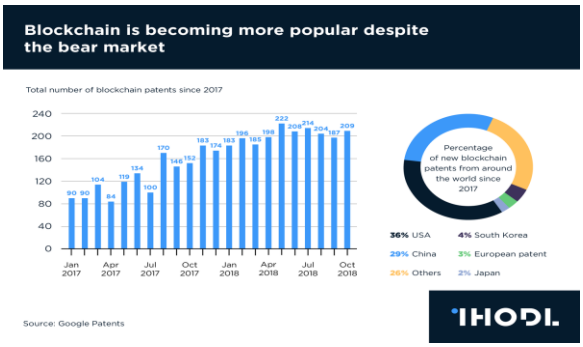
دوم، مکانیزم‌های اجماع و چالش حیاتی مصرف انرژی. برای الحاق بلوک‌های جدید به زنجیره و اعتبارسنجی تراکنش‌ها، شبکه‌های بلاک‌چین از پروتکل‌های خاصی به نام مکانیزم اجماع استفاده می‌کنند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که دو مکانیزم اثبات کار و اثبات سهام رایج‌ترین روش‌ها هستند. در اثبات کار، گره‌ها یا ماینرها برای حل معماهای پیچیده ریاضی و یافتن مقدار نانس معتبر با یکدیگر رقابت محاسباتی می‌کنند. اگرچه این روش امنیت بالایی فراهم می‌کند، اما یافته‌ها به وضوح نشان می‌دهند که رقابت شدید در قدرت محاسباتی، منجر به مصرف عظیم انرژی الکتریکی و اتلاف گسترده منابع می‌شود. برآوردهای انجام‌شده نشان می‌دهد که مصرف انرژی صنعت استخراج بیت‌کوین با میانگین مصرف برق کشورهایی مانند ایرلند قابل مقایسه است که تأثیرات شدیدی بر محیط‌زیست دارد. در مقابل، مکانیزم اثبات سهام اگرچه مصرف انرژی کمتری دارد، اما ممکن است منجر به تمرکز ثروت و کاهش قابلیت اطمینان شود، زیرا احتمال انتخاب گره برای اعتبارسنجی و دریافت پاداش، مستقیماً بر اساس میزان سهام و دارایی آن تعیین می‌شود که شبیه به فرآیند حراج عمل می‌کند. در پاسخ به این چالش بزرگ، پژوهش‌های اخیر به توسعه مفهوم اثبات کار مفید پرداخته‌اند. این رویکرد نوین که توسط پژوهشگرانی مانند بال و همکاران مطرح شده، تلاش می‌کند تا با هدایت قدرت محاسباتی به سمت حل مسائل ریاضی با پیوستگی سودمندی، مانند پردازش‌های یادگیری عمیق یا بهینه‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل دریایی، اتلاف انرژی را کاهش داده و یکی از بزرگترین کاستی‌های بلاک‌چین را به یک مزیت اکوسیستمی تبدیل کند.

سوم، امنیت پیشرفته و حل مشکل دوبار خرج کردن. یکی از مهم‌ترین یافته‌های این پژوهش، تبیین چگونگی غلبه بلاک‌چین بر مشکل دوبار خرج کردن است. در سیستم‌های دیجیتال سنتی، بدون وجود یک مرجع مرکزی، امکان کپی و خرج مجدد یک دارایی دیجیتال وجود دارد. اما در شبکه بلاک‌چین، هر همتا تاریخچه کاملی از تمام تراکنش‌ها را در پایگاه داده خود نگهداری می‌کند. زمانی که تراکنشی امضا و در شبکه پخش می‌شود (مثلاً فرد الف مقداری ارز به فرد ب پرداخت می‌کند)، گره‌ها اعتبار امضا را با استفاده از رمزنگاری منحنی بیضوی بررسی می‌کنند. این نوع رمزنگاری با کلید عمومی بر ریاضیات متکی است و دور زدن آن با روش‌های نیروی وحشیانه، زمان‌هایی معادل کسری از سن جهان را نیاز دارد. پس از تأیید، تراکنش در یک بلوک قرار گرفته و با افزودن بلوک‌های بعدی، تأییدیه‌های متعددی دریافت می‌کند. به

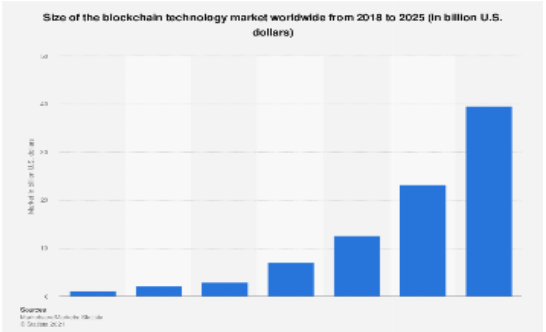
عنوان مثال، اگر تراکنشی در بلوک شماره ۵۰۲ وجود داشته باشد و طول زنجیره به ۵۰۷ بلوک رسیده باشد، آن تراکنش دارای پنج تأییدیه است. این شفافیت و ردیابی کامل، هویت منحصربه‌فرد هر واحد ارز دیجیتال را از لحظه ایجاد تا لحظه حال تضمین می‌کند و امنیت تراکنش‌ها را نه بر اساس اعتماد به افراد یا مؤسسات، بلکه بر پایه ریاضیات و رمزنگاری پیشرفته استوار می‌سازد. فرآیند تطبیق و تأیید نهایی معمولاً حدود ده دقیقه طول می‌کشد.

چهارم، تکامل و طبقه‌بندی دقیق ارزهای دیجیتال. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ارزهای دیجیتال را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم کرد. دسته نخست، بیت‌کوین است که به عنوان اولین دارایی خالص دیجیتال و پیشرو در این عرصه شناخته می‌شود و سیستم انتقال پول غیرمتمرکز را پایه‌گذاری کرد. اگرچه رشد اولیه آن توسط وب‌سایت‌های تاریک مانند جاده ابریشم هدایت می‌شد، اما امروزه ارزش آن بیشتر توسط سفته‌بازی و استفاده‌های تجاری اصلی تعیین می‌شود. دسته دوم، آلت‌کوین‌ها هستند که با هدف رفع محدودیت‌های بیت‌کوین و ارائه قابلیت‌های افزوده توسعه یافته‌اند. برای مثال، اتریوم که در سال ۲۰۱۵ توسط ویتالیک بوترین معرفی شد، به عنوان اولین پلتفرم محاسباتی توزیع‌شده، مفهوم قراردادهای هوشمند را معرفی کرد که اجرای خودکار توافق‌ها را بدون واسطه ممکن می‌سازد. لایت‌کوین با استفاده از تابع هش اسکریپت به جای الگوریتم استاندارد، سرعت تراکنش‌ها را چهار برابر افزایش داد و دارای بلاک‌چین مجزایی است. دش نیز با الگوریتم ایکس یازده کارایی را بهبود بخشید و زی‌کش با بهره‌گیری از اثبات دانش صفر، سطح بی‌سابقه‌ای از حریم خصوصی و ناشناس بودن را برای کاربران فراهم کرده است. دسته سوم، توکن‌ها هستند که برخلاف بیت‌کوین و آلت‌کوین‌ها، بلاک‌چین مستقل ندارند و بر بستر شبکه‌های ارز دیجیتال دیگر اجرا می‌شوند و اغلب برای دیجیتالی کردن ارزش دارایی‌ها یا به عنوان ابزارهای کاربردی استفاده می‌شوند.

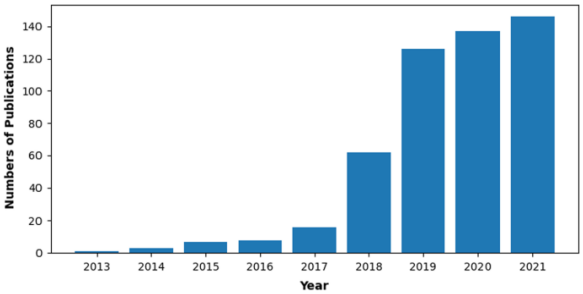
پنجم، روندهای پژوهشی و پذیرش عمومی. تحلیل داده‌های کتاب‌سنجی و مرور مقالات نشان می‌دهد که علاقه آکادمیک و علمی به این حوزه رشدی نمایی و شتابان داشته است. یافته‌ها حاکی از آن است که بیش از ۸۵ درصد از مقالات علمی مرتبط با ارزهای دیجیتال از سال ۲۰۱۸ به بعد منتشر شده‌اند. این آمار به وضوح ظهور تجارت ارزهای دیجیتال را به عنوان یک حوزه تحقیقاتی جدید، پویا و رو به رشد در عرصه تجارت مالی و مدیریت تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که این فناوری از مرحله پذیرش اولیه عبور کرده و در حال ورود به جریان اصلی است.



شکل ۱- محبوبیت بلاک چین در بازار نزولی افزایش می یابد



شکل ۲- محبوبیت بلاک چین و پیش بینی آن از ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۵



شکل ۳- مقالات منتشر شده در عرصه ارز دیجیتال در طول سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۳

در نهایت، یافته‌ها تأیید می‌کنند که اگرچه فناوری بلاک‌چین و رمزارزها با چالش‌هایی نظیر مقیاس‌پذیری، مصرف انرژی و ابهامات مقرراتی روبرو هستند، اما پتانسیل آن‌ها برای ایجاد اکوسیستم‌های مستقل، امن، شفاف و غیرمتمرکز، آن‌ها را به ستون فقرات نسل آینده تجارت الکترونیک و تحول دیجیتال تبدیل کرده است. این فناوری نه تنها برای ثبت تراکنش‌های مالی، بلکه برای مدیریت زنجیره تأمین، احراز هویت، ثبت اسناد مالکیت، گواهی‌های آموزشی و حتی آثار هنری دیجیتال کاربرد دارد و مسیر را برای پذیرش گسترده در جریان اصلی اقتصاد جهانی هموار می‌سازد.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تحلیلی تاریخچه، مبانی نظری و کارکردهای فناوری بلاک‌چین و رمزارزها در بستر تجارت الکترونیک انجام شد. یافته‌های این مطالعه به وضوح نشان می‌دهد که این فناوری فراتر از یک ابزار مالی نوین، به عنوان یک زیرساخت تحول‌آفرین و همه‌منظوره برای تبادل اطلاعات و ارزش در محیط‌های فاقد اعتماد عمل می‌کند. همان‌طور که در بخش یافته‌ها تشریح شد، بلاک‌چین با ارائه ویژگی‌هایی نظیر عدم تمرکز، شفافیت، تغییرناپذیری و امنیت رمزنگاری‌شده، پارادایم سنتی مبادلات تجاری را که متکی بر واسطه‌های مالی متمرکز بود، به چالش کشیده است. به اتفاق نظر محققان، ظهور این فناوری فرصت‌های بی‌شماری را در بستر معاملات دیجیتال فراهم آورده که منحصر به دارایی‌های مالی خاصی نیست و می‌تواند شامل طیف وسیعی از دارایی‌های دیجیتال، از جمله اسناد مالکیت، گواهی‌های آموزشی، آثار هنری، موسیقی و حتی داده‌های زنجیره تأمین باشد. این فناوری موجب تحولی بنیادین در جهان امروز شده است که هم می‌تواند مفید و هم در صورت سوءاستفاده، مضر باشد. هدف نهایی بلاک‌چین ارائه ناشناس بودن، امنیت، حریم خصوصی و شفافیت برای همه کاربرانش است.

با این حال، همان‌طور که نتایج پژوهش حاکی از آن است، این فناوری نوپا با چالش‌ها و محدودیت‌های فنی قابل‌توجهی نیز روبرو است. مهم‌ترین این چالش‌ها، مصرف بالای انرژی در مکانیزم‌های اجماع مبتنی بر اثبات کار، مسائل مقیاس‌پذیری در پردازش حجم بالای تراکنش‌ها، و ابهامات مقرراتی و حقوقی در سطح جهانی است. با وجود این موانع، شواهد نشان می‌دهد که ارزهای دیجیتال از مرحله پذیرش اولیه که معمولاً فناوری‌های جدید تجربه می‌کنند، گذشته‌اند. بلاک‌چین از طریق تکرارهای متعدد توسعه خواهد یافت و به ناچار مراحل آزمایشات، تکامل، شکست‌ها و در نهایت پذیرش گسترده را پشت سر خواهد گذاشت. جامعه بیت‌کوین و توسعه‌دهندگان این حوزه با تمرکز بر نوآوری‌هایی مانند قراردادهای هوشمند و مکانیزم‌های اجماع جایگزین، در تلاش برای رفع مشکلات قدیمی و ورود به جریان اصلی اقتصاد هستند. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که رمزنگاری به عنوان علم بنیادین پشت بیت‌کوین و سایر رمزارزها، نه تنها مکانیسمی برای ایجاد پول دیجیتال، بلکه بستری برای اختراعات دیجیتال جدید و هیجان‌انگیز در قرن بیست و یکم فراهم آورده است.

با وجود تلاش‌های صورت‌گرفته برای ارائه تحلیلی جامع، این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه بوده است که تعمیم‌پذیری یافته‌ها را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. نخستین محدودیت، ماهیت به‌شدت پویا و در حال تحول سریع فناوری بلاک‌چین و بازار رمزارزها است. نوسانات شدید قیمت، تغییرات مکرر در مقررات کشورهای مختلف و ظهور مداوم پروتکل‌ها و پلتفرم‌های جدید، باعث می‌شود که داده‌های این حوزه به سرعت منسوخ شوند و بررسی جامع تمام ابعاد آن در یک بازه زمانی محدود دشوار گردد. دومین محدودیت، کمبود منابع علمی فارسی به‌روز و معتبر در این حوزه است که پژوهشگر را ناگزیر به اتکای بیشتر به منابع لاتین و ترجمه مفاهیم فنی پیچیده (مانند اثبات دانش صفر، توکن‌های غیرمثلی یا رمزنگاری منحنی بیضوی) می‌کند که ممکن است در برخی

موارد با چالش‌های معنایی همراه باشد. سومین محدودیت، عدم دسترسی به داده‌های کمی میدانی و نظرسنجی از فعالان واقعی بازار یا سازمان‌های پیاده‌سازی‌کننده این فناوری است. این پژوهش عمدتاً بر مرور نظام‌مند ادبیات و مطالعات کتابخانه‌ای استوار بوده و فاقد تحلیل‌های آماری کمی روی شبکه‌های واقعی تراکنش‌های مالی است که نیازمند ابزارهای تخصصی استخراج داده از دفتر کل توزیع‌شده (DLT) می‌باشد. با توجه به خلأهای موجود و جهت‌گیری‌های آینده این حوزه، پژوهش‌های آتی می‌توانند در چند محور کلیدی متمرکز شوند. اول، انجام مطالعات تجربی و میدانی برای بررسی تأثیر واقعی پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین بر کارایی عملیاتی، کاهش هزینه‌ها و شفافیت در صنایع خاص ایران، مانند صنعت بانکداری، زنجیره تأمین دارو و مدیریت اسناد دولتی. دوم، پژوهش‌های تطبیقی در زمینه تنظیم‌گری و تدوین چارچوب‌های حقوقی و نظارتی بومی برای رمزارزها، به منظور ایجاد تعادل بین حمایت از نوآوری و مدیریت ریسک‌های سیستماتیک و پولشویی. سوم، بررسی عمیق‌تر پیامدهای زیست‌محیطی مکانیزم‌های اجماع مختلف و ارزیابی اقتصادی گذار از اثبات کار به مکانیزم‌های سازگارتر با محیط‌زیست مانند اثبات کار مفید یا اثبات سهام. چهارم، انجام تحلیل‌های کمی بر روی گراف تراکنش‌های ارزهای دیجیتال برای درک بهتر الگوهای رفتاری شبکه. در نهایت، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده به بررسی نقش رمزارزها در تسهیل تراکنش‌های خرد و شمول مالی برای قشرهای کم‌برخوردار جامعه بپردازند. توانایی ارزهای دیجیتال برای انجام تراکنش‌های خرد ممکن است به آن‌ها اجازه دهد تا شکاف اقتصادی حالت سنتی را که ارزهای حمایت‌شده قادر به حل آن نیستند، پر کنند، اما این موضوع نیاز به بازار و تحلیل اقتصادی بسیار عمیق‌تری دارد.

ملاحظات اخلاقی: کلیه اصول اخلاق در پژوهش، همچنین امانت‌داری علمی در استفاده از منابع، استنادها و ارجاعات موردتوجه قرار گرفته و رعایت شده است.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند که تدوین و انتشار این مقاله فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

سهم نویسندگان: نگارش و تدوین مقاله به‌صورت مشترک و با مشارکت برابر تمامی نویسندگان انجام شده است.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از تمامی افرادی که در تهیه و تکمیل این مقاله همکاری و مساعدت داشته‌اند، قدردانی می‌شود.

تأمین اعتبار پژوهش: این پژوهش بدون دریافت هرگونه حمایت یا تأمین مالی انجام شده است.

فهرست منابع

Ammous, S. (2016). Blockchain technology: What is it good for? *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.2832751

Baldominos, A., & Saez, Y. (2019). Coin.AI: A proof-of-useful-work scheme for blockchain-based distributed deep learning. *Entropy*, *21*(8), 723. https://doi.org/10.3390/e21080723

Ball, M., Rosen, A., Sabin, M., & Vasudevan, P. N. (2017). Proofs of useful work. *IACR Cryptology ePrint Archive*, 2017, 203.

Beck, R., Czepluch, J. S., Lollike, N., & Malone, S. (2016). Blockchain – The gateway to trust-free cryptographic transactions. *24th European Conference on Information Systems (ECIS 2016)*.

Behnke, K., & Janssen, M. (2019). Boundary conditions for traceability in food

Haber, S., & Stornetta, W. S. (1991). How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology, 3*(2), 99-111.

Harwick, C. (2017). Cryptocurrency and the problem of intermediation. *The Independent Review, 22*(1), 5-24.

Hileman, G. (2016). State of Bitcoin and blockchain 2016: Blockchain hits critical mass. *Coindesk.* http://www.coindesk.com/state-of-bitcoin-blockchain-2016/

Hofman, A. (2014). The dawn of the national currency – An exploration of country-based cryptocurrencies. *Bitcoin Magazine*. https://bitcoinmagazine.com/articles/dawnnational-currency-exploration-country-based-cryptocurrencies-1394146138

Johar, S., Ahmad, N., Asher, W., Cruickshank, H., & Durrani, A. (2018). Research and applied perspective to blockchain technology: A comprehensive survey.

Kakavand, H., Kost De Sevres, N., & Chilton, B. (2017). The blockchain revolution: An analysis of regulation and technology related to distributed ledger technologies. *SSRN Electronic Journal*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2849251

Koteska, B., Karafiloski, E., & Mishev, A. (2017). Blockchain implementation quality challenges: A literature review.

Lin, I. C., & Liao, T. C. (2017). A survey of blockchain security issues and challenges. *International Journal of Network Security, 19*(5), 653-659.

supply chains using blockchain technology. *International Journal of Information Management, 52*. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.025

Buterin, V. (2014). *Ethereum white paper: A next generation smart contract & decentralized application platform*.

Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation, 2*.

DeVries, P. D. (2016). An analysis of cryptocurrency, bitcoin, and the future. *International Journal of Business Management and Commerce, 1*(2).

Dhillon, V., Metcalf, D., & Hooper, M. (2017). *Blockchain enabled applications: Understand the blockchain ecosystem and how to make it work for you*. Apress.

Drescher, D. (2017). *Blockchain basics: A non-technical introduction in 25 steps*. Apress.

Fang, F., Ventre, C., Basios, M., Kanthan, L., Martinez-Rego, D., Wu, F., & Li, L. (2022). Cryptocurrency trading: A comprehensive survey. *Financial Innovation, 8*, 13. https://doi.org/10.1186/s40854-021-00321-6

Farell, R. (2015). *An analysis of the cryptocurrency industry*.

Frankenfield, J. (2022). Cryptocurrency. *Investopedia*. https://www.investopedia.com/terms/c/cryptocurrency.asp

Perboli, G., Musso, S., & Rosano, M. (2018). Blockchain in logistics and supply chain: A lean approach for designing real-world use cases. *IEEE Access, 6*, 62018-62028. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2875782

Pilkington, M. (2016). Blockchain technology: Principles and applications. In F. X. Olleros & M. Zhegu (Eds.), *Research handbook on digital transformations*. Edward Elgar Publishing.

Roşu, I., & Saleh, F. (2021). Evolution of shares in a proof-of-stake cryptocurrency. *Management Science, 67*(1).

Saad, M., Qin, Z., Ren, K., Nyang, D. H., & Mohaisen, D. (2021). E-PoS: Making proof-of-stake decentralized and fair. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 32*(8), 1961-1973. https://doi.org/10.1109/TPDS.2020.3048853

Singhal, B., Dhameja, G., & Panda, P. (2018). *Beginning blockchain*. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3444-0

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: How the technology behind Bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin Random House. https://doi.org/10.1080/10686967.2018.1404373

Tredinnick, L. (2019). Cryptocurrencies and the blockchain. *Business Information Review, 36*(1). https://doi.org/10.1177/0266382119836314

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). *Blockchain technology overview* (NIST Interagency/Internal Report No. NISTIR 8202). National Institute of

Milutinovic, M. (2018). Cryptocurrency. *Ekonomika: Journal for Economic Theory and Practice and Social Issues, 64*(4).

Monrat, A. A., Schelén, O., & Andersson, K. (2019). A survey of blockchain from the perspectives of applications, challenges, and opportunities. *IEEE Access, 7*, 117134-117151. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2936094

Motamed, A. P., & Bahrak, B. (2019). Quantitative analysis of cryptocurrencies transaction graph. *Applied Network Science, 4*, 131. https://doi.org/10.1007/s41109-019-0249-6

Nair, P., & Dorai, D. (2021). Evaluation of performance and security of proof of work and proof of stake using blockchain. *IEEE International Conference on Image Processing and Computer Vision (ICICV)*, 279-283. https://doi.org/10.1109/ICICV50876.2021.9388487

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

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

O'Dwyer, K. J., & Malone, D. (2014). Bitcoin mining and its energy footprint. *Proceedings of the 25th Joint IET Irish Signals & Systems Conference 2014*.

Palfreyman, J. (2015). Blockchain for government? *IBM Insights on Business*. https://www.ibm.com/blogs/insights-on-business/government/blockchain-for-government/

Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8202

Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is current research on blockchain technology?—A systematic review. *PLOS ONE*, *11*(10), e0163477. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2017). An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends. *IEEE International Congress on Big Data*.