

## Application of the Internet of Things and Blockchain to Clarify Information in the Financing of the Supply Chain of Businesses

Moheb Ali Rahdar<sup>1✉</sup>| Mohammad Reza Asghariyan<sup>2</sup>

1. Corresponding Author, Department of Industrial Engineering, Shahid Nikbakht Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. Email: m.ali.rahdar@eng.usb.ac.ir
2. Department of Industrial Engineering, Shahid Nikbakht Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. Email: mr.asghariyan@pgs.usb.ac.ir

### Article Info

**Article type:**

Research Article

**Article history:**

Received: 26. 07. 2023

Revised: 27. 12. 2023

Accepted: 27. 12. 2023

**Keywords:**

Blockchain,  
Business Financing,  
Information Clarity,  
Internet of Things,  
Supply Chain Financing.

### ABSTRACT

The main factor in successful supply chain financing services is the use of business-oriented information systems. The current research aimed to further associate blockchain technology with the Internet of Things (IoT) and apply them in the field of supply chain finance. The research presents a new information management framework based on blockchain technology and IoT, which contributes to information transparency in the supply chain financing process. By managing information based on blockchain technology and IoT, the operational cost of the entire supply chain can be greatly reduced due to the integration of capital, information, and commercial flows in the supply chain. The results can be summarized as follows: (1) In a symmetric information environment subject to the limitation of maximizing the expected return of all parties, the incentive subsidy under the compatible incentive mechanism has a positive relationship with the maturity of blockchain technology and the operational capability of small and medium-sized enterprises (SMEs) and a negative relationship with the action level coefficient, absolute risk aversion coefficient, and external uncertainty of these companies. (2) The expected income that satisfies the mechanism of incentive compatibility has a positive relationship with the maturity of the blockchain technology, the broker's profitability, and the net profit received by the employer. (3) In an asymmetric information environment, a varied incentive subsidy is more effective than an equal incentive subsidy in different SMEs with different operational capabilities and provides different incentives for these companies. Therefore, it can be concluded that in a symmetrical information environment, the equal incentive subsidy is more effective, but in an asymmetric information environment, a varied incentive subsidy is more effective.

**Cite this article:** Rahdar, M. A., & Asghariyan, M. R. (2024). Application of the Internet of Things and Blockchain to Clarify Information in the Financing of the Supply Chain of Businesses. *Journal of Entrepreneurship Research*, 2 (4), 33-54.



DOI: <https://doi.org/10.22034/jer.2023.2007862.1049>

© The Author(s).

Publisher: Ilam University Press.



## کاربرد اینترنت اشیا و بلاک‌چین جهت شفاف‌سازی اطلاعات در تأمین مالی زنجیره تأمین کسب‌وکارها

محبلی رهدار<sup>۱</sup> | محمدرضا اصغریان<sup>۲</sup>

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. رایانامه: m.ali.rahdar@eng.usb.ac.ir  
۲. گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. رایانامه: mr.asghariyan@pgs.usb.ac.ir

### چکیده

### اطلاعات مقاله

عامل اصلی در خدمات تأمین مالی زنجیره تأمین موفق، به‌کارگیری سامانه‌های اطلاعاتی کسب‌وکار محور است. هدف پژوهش حاضر همراهی بیشتر فناوری بلاک‌چین با اینترنت اشیا و به‌کارگیری آن‌ها در زمینه امور مالی زنجیره تأمین کسب‌وکار است. در پژوهش حاضر به ارائه چارچوب مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا پرداخته شده است که باعث شفافیت اطلاعات در فرآیند تأمین مالی زنجیره تأمین کسب‌وکار می‌شود. با مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، هزینه اجرایی کل زنجیره تأمین را می‌توان به‌خاطر یک‌پارچگی جریان‌های سرمایه، اطلاعات و تجاری در زنجیره تأمین بسیار کاهش داد. نتایج پژوهش حاضر شامل، ۱. تحت محیط اطلاعاتی متقارن، با محدودیت بیشینه‌سازی بازده مورد انتظار همه طرفین، یارانه تشویقی تحت سازوکار تشویقی سازگار رابطه مثبتی با بلوغ فناوری بلاک‌چین و قابلیت عملیاتی شرکت‌های کوچک و متوسط و رابطه منفی با ضریب سطح اقدامات، ضریب ریسک‌گریزی مطلق و عدم قطعیت خارجی این شرکت‌ها دارد؛ ۲. درآمد مورد انتظار که سازوکار سازگاری تشویقی را برآورده می‌کند رابطه مثبتی با بلوغ فناوری بلاک‌چین، سودآوری کارگزار و سود خالص دریافتی کارفرما دارد؛ و ۳. در محیط اطلاعاتی نامتقارن، یارانه تشویقی متفاوت مؤثرتر از یارانه تشویقی یکسان در شرکت‌های کوچک و متوسط متمایز با قابلیت‌های عملیاتی متفاوت و ارائه‌گر مشوق‌های مختلف برای این شرکت‌ها است؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در محیط اطلاعاتی متقارن، یارانه تشویقی یکسان، مؤثرتر است، اما در محیط اطلاعاتی نامتقارن یارانه تشویقی متفاوت، مؤثرتر است.

### نوع مقاله:

مقاله علمی - پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶

### کلیدواژه‌ها:

بلاک‌چین،  
اینترنت اشیا،  
تأمین مالی کسب‌وکار،  
زنجیره تأمین،  
شفاف‌سازی اطلاعات.

**استناد:** رهدار، محبلی. و اصغریان، محمدرضا. (۱۴۰۲). کاربرد اینترنت اشیا و بلاک‌چین جهت شفاف‌سازی اطلاعات در تأمین مالی زنجیره تأمین کسب‌وکارها. مجله پژوهش‌های کارآفرینی، ۲ (۴)، ۵۴-۳۳.

DOI: <https://doi.org/10.22034/jer.2023.2007862.1049>



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه ایلام.



## مقدمه

تأمین مالی زنجیره تأمین یعنی خدمات مالی که در آن بنگاه‌ها به منظور مدیریت جریان سرمایه شرکت‌های بالادستی و پایین‌دستی به شرکت‌های مرکزی تکیه می‌کنند. با رشد فزاینده تقاضا برای تأمین مالی شرکت‌ها، تأمین مالی زنجیره تأمین<sup>۱</sup>، به رویکرد محبوبی تبدیل شده است (Berger & Udell, 2006; Hofmann, 2005). منظور از مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت روابط بین تأمین‌کنندگان و مشتریان در سفرشی است که ارزشی افزون را با قیمتی پایین‌تر در کل فرآیند زنجیره تأمین از بالا تا پایین به مشتریان می‌دهد (Sangpech & Ueasang Komsate, 2022). شرکت‌های مرکزی در زنجیره تأمین با تأمین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان بالادستی و پایین‌دستی در جهت ارائه خدمات مالی همکاری می‌کنند. مهم‌ترین مسیرهای تأمین مالی برای شرکت‌های کوچک و متوسط<sup>۲</sup> عبارتند از، تأمین مالی تجاری از شرکت‌های موجود در زنجیره تأمین، تأمین مالی از بانک‌های تجاری و تأمین مالی از طریق بازار اوراق بهادار. با این حال به دلیل مقیاس کوچک و مدیریت عملیاتی ضعیف، شرکت‌های کوچک و متوسط بیشتر تنها از طریق تأمین مالی تجاری به دنبال تأمین مالی هستند (Berger & Udell, 2006).

مدل‌های کسب‌وکار نقشی تعیین‌کننده در موفقیت کسب‌وکار دارند و رابطه اثربخش با مشتری یکی از عوامل مهم در این زمینه است (گلابی و همکاران، ۱۴۰۰). در عمل، مدیریت ریسک در تأمین مالی زنجیره تأمین بیشتر بر شرکت‌هایی متمرکز است که متقاضی تأمین مالی و معاملات مربوطه هستند. با این حال بررسی اعتبار طرفین درگیر، داده‌های معاملاتی و داده‌های زیربنایی اغلب دشوار است (Basu & Nair, 2012). افزون بر این، چنین محیط کسب‌وکاری با شرکا متنوع و فرآیندهای کسب‌وکار پیچیده، کنترل ریسک را دشوارتر از کسب‌وکارهای مالی عمومی می‌نماید (Wei et al., 2004; Du et al., 2002). در یک معامله تأمین مالی زنجیره تأمین سوابق معاملات زیادی (مثل سفارشات، حساب‌های دریافتی، فاکتورها، حساب‌های پرداختی، وثیقه‌های مالی و غیره) در میان طرفین مختلف وجود دارند. این سوابق بیشتر به صورت نظیربه‌نظیر ایجاد شده و تنها برای افرادی که آشکارا درگیرند قابل مشاهده می‌باشند. به عنوان مثال، از آنجایی که سامانه برنامه‌ریزی منابع سازمانی<sup>۳</sup> بیشتر در دسترس شرکت‌های موجود در زنجیره تأمین نیست، برای شرکت‌هایی که به صورت غیرمستقیم درگیرند (مثل شرکت‌های کوچک و متوسط بالادستی و پایین‌دستی) کسب اطلاعات کامل در یک معامله دشوار است (Banerjee, 2018). بنابراین، اطلاعات غیرمستقیم تجاری بین شرکت‌های کوچک و متوسط بالادستی و پایین‌دستی و شرکت‌های مرکزی را نمی‌توان به طور موثر ردیابی نمود که به بروز مشکل سیلوی اطلاعاتی منجر می‌شود (Li et al., 2019; Ding, 2018). علاوه بر این، شرکت‌های کوچک و متوسط بیشتر فاقد قابلیت فناوری اطلاعات<sup>۴</sup> کافی برای هوشمند نمودن مدیریت داخلی یا خودکارسازی همکاری خارجی با طرف‌های تجاری هستند که این امر پیوستن شرکت‌های کوچک و متوسط را به سامانه زنجیره تأمین مشکل می‌سازد (Gottlieb & Moreira, 2022).

فناوری نقش مهمی در پشتیبانی از فرآیندهای کسب‌وکار تأمین مالی زنجیره تأمین ایفا می‌کند. قابلیت‌های حاصل از فناوری اطلاعات کسب‌وکار اجازه می‌دهند تا در طول مدیریت زنجیره تأمین گردهم آمده و روند کاری را ساده نموده و انواع مختلف تراکنش‌های مالی را از تأمین مالی حساب‌های پرداختی تا اوراق بهادارسازی معکوس تسهیل نمایند (Eyal, 2017). ناکاموتو نخستین بار مفهوم فناوری بلاک‌چین را مطرح نمود که شامل عناصر فنی مانند امضاهای هوشمند، اثبات کار، مهر زمانی، دفاتر کل توزیع‌یافته و شبکه‌های نظیربه‌نظیر می‌باشد (Nakamoto, 2008). دینگ فناوری بلاک‌چین را با سامانه‌های برنامه‌ریزی

<sup>1</sup> Supply Chain Financing

<sup>2</sup> Small and Medium Enterprises

<sup>3</sup> Enterprise Resource Planning

<sup>4</sup> Information Technology

منابع سازمانی ترکیب نمود، تا درباره نحوه استفاده از فناوری بلاک چین برای بهبود شفافیت سامانه های برنامه ریزی منابع سازمانی بحث نماید (Deng & Chuen, 2017). بسیاری از محققان تأکید کردند که ترکیب فناوری بلاک چین، اینترنت اشیا و فناوری های دیگر متضمن اصالت و اعتبار داده ها در حین کسب اطلاعات مشتری با هزینه پایین و فراوانی بالا بوده و در حین حال مشکلات عدم تقارن اطلاعاتی و قابلیت ردیابی ضعیف را در تأمین مالی زنجیره تأمین سنتی مرتفع می کند (Seebacher & Schuritz, 2017; Hofmann et al., 2017; Treleven et al., 2017; Salah et al., 2019).

شیوه های تأمین مالی زنجیره تأمین نه تنها سرمایه در حال گردش را در زنجیره تأمین بهینه می کنند، بلکه راه ادغام بهتر سه جریان در زنجیره تأمین را با کاهش ریسک پیش فرض تأمین کننده و ساده سازی فرآیندها هموار می کنند (Jia et al., 2020). توضیح جزئی تر در مورد مقاله حاضر بدین صورت است که فرآیند با بهره مندی از دفترکل توزیع یافته، مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا یک دفترکل دارایی هوشمند را ایجاد خواهد نمود که دست کاری آن دشوار است. با ورود قراردادهای هوشمند به مدیریت فرآیند، فرآیندهای مالی سنتی را می توان به صورت کارآمدی بهینه نمود. برخی از دستاوردهای مقاله در این حوزه یعنی فناوری بلاک چین، اینترنت اشیا و تأمین مالی زنجیره تأمین عبارتند از:

بر اساس دفترکل توزیع یافته و اینترنت اشیا، هوشمندسازی دارایی های مالی زیربنایی (مانند بدهی ها، اوراق قرضه، صورت حساب ها، اسناد و غیره) و خدمات ردیابی تراکنش پیشنهاد می گردد که مشکل ثبت درست دارایی های مالی را در سامانه زنجیره تأمین حل می نماید.

بر اساس فناوری بلاک چین، خدمات کارآمد یک پارچه سازی و اشتراک گذاری برای اطلاعات تجاری، اطلاعات لجستیکی، جریان سرمایه و جریان اطلاعات برای حل مساله سیلوهای اطلاعاتی پیشنهاد می شود. با توجه به این خدمات، مکانیزم ردیابی فرآیند تکاملی برای اطمینان از اعتبار، شفافیت و قابلیت ردیابی فرآیند تراکنش ایجاد می شود.

بهینه سازی مدل کسب و کار تأمین مالی زنجیره تأمین بر اساس قراردادهای هوشمند تا جداسازی اعتباری شرکت های مرکزی و انتقال کارآمد بین تأمین کنندگان و توزیع کنندگان صورت پذیرد. شرکت مرکزی قادر خواهد بود روابط اعتباری و بدهی را با تأمین کنندگان و توزیع کنندگان خود در پلتفرم بلاک چین ثبت کرده و دارایی های هوشمند شکل دهد که در بین زنجیره تأمین تقسیم و مبادله می شود.

در مقاله حاضر به ارائه راه حل برای مدیریت اطلاعات تأمین مالی زنجیره تأمین مبتنی بر فناوری بلاک چین پرداخته شده است که تنظیم کارآمد جریان اطلاعات و فرآیند کسب و کار را تسهیل نموده و مدیریت فرآیند را تقویت کرده و به صاحبان کسب و کارها در حوزه زنجیره تأمین کمک می کند تا ریسک ها و هزینه های عملیاتی را در تأمین مالی زنجیره تأمین کاهش دهند. عدم انجام این راه حل باعث اتلاف زمان در فرآیند زنجیره تأمین، افزایش هزینه ها در تأمین مالی زنجیره تأمین و همچنین عدم اشراف دقیق کارآفرینان حوزه زنجیره تأمین بر بخش های مختلف تشکیل دهنده زنجیره تأمین می گردد.

## مبانی نظری و پیشینه پژوهش

### تأمین مالی زنجیره تأمین

تیم مفهوم تأمین مالی زنجیره تأمین را در سال ۲۰۰۰ معرفی نمود (Timme, 2000). مفهوم جدیدی از تأمین مالی شرکت های کوچک و متوسط با این باور مطرح شد که خدمات وام دهی تجاری معمولی، عوامل کلیدی تاثیر کلی زنجیره تأمین را نادیده می گیرد (Berger & Udell, 2006). لامورو بر تاثیر مثبت ساخت زنجیره تأمین بر بهینه سازی تأمین مالی و سرمایه تاکید نمود (Lamoureux, 2008). باسو و نایر برای مطالعه مدل پیش پرداخت بر روی یک شرکت تمرکز نمودند و آن ها از طریق تحلیل های عددی متعدد ثابت کردند که مدل تأمین مالی از طریق پیش پرداخت در مواجهه با تغییرات نامشخص جریان نقدی

آینده، معنی‌دار است (Basu & Nair, 2012). عبدی (۱۳۹۹) عنوان می‌کند که رکود اقتصادی سالیان اخیر منجر به کاهش چشم‌گیری در دریافت وام‌های جدید شده و با افزایش قابل توجه هزینه استقراض شرکت‌ها همراه بوده است. وی راه‌حل این مشکل را تأمین مالی مبتنی بر زنجیره تأمین دانسته است. هارتلی برای نخستین بار مدل تأمین مالی از طریق پیش‌پرداخت را مطرح نمود (Hartley, 2000). مرادی و همکاران (۱۳۹۸) عنوان کردند که انتخاب روش تأمین مالی جهت تأمین نقدینگی و سودآوری شرکت‌های کوچک و متوسط از اهمیت بالایی برخوردار است. آن‌ها به ارائه یک مدل برای تأمین مالی شرکت‌های کوچک و متوسط مبتنی بر عاملیت حساب‌های دریافتی با در نظر گرفتن جریان‌های مالی و فیزیکی شرکت با اجزای زنجیره تأمین شامل بنگاه و خریداران محصولاتش پرداخته‌اند. خرمی و آذر (۱۴۰۰) روش ساختاری تفسیری را ارائه کردند که به مدیران در برنامه‌ریزی راهبردی برای بهبود چابکی زنجیره تأمین کمک می‌کند. همچنین، آرامش و کشاورز (۱۳۹۷) ابعاد دوگانه درون‌سازمانی و برون‌سازمانی را به ترتیب ۸۳ درصد، ۷۳ درصد از تغییرات الگوی موفقیت شرکت‌های مورد بررسی تبیین می‌کنند. لورا مدل وثیقه منقول موجودی را مطرح نمود و تأمین مالی فاکتورینگ معکوس را ساخت. لورا عنوان می‌کند که به تأمین مالی موجودی، تأمین مالی انبار نیز گفته می‌شود. تأمین مالی موجودی شامل اعتبار تعهدی یا وثیقه ایستا، اعتبار وثیقه رسیده انبار و غیره می‌گردد (Leora, 2004). صیادی و همکاران (۱۴۰۱) شناسایی و اولویت‌بندی کاربردهای اینترنت اشیا در بخش مدیریت زنجیره تأمین با رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره را بررسی کردند. اسماعیلی بهبهانی و استخریان حقیقی (۱۴۰۱) نقش تجارت الکترونیک برای کمک در دستیابی به اهداف زنجیره تأمین و همچنین تأثیر ابزارهای تجارت الکترونیک بر دنبال کردن روابط مبتنی بر همکاری بیشتر با تأمین‌کنندگان را بررسی کردند. همچنین آن‌ها عنوان نمودند که در ایران اکثر شرکت‌های کوچک و متوسط مشکل نقدینگی دارند. طالقانی و طالقانی (۱۳۹۶) عنوان کردند که بنگاه‌های کوچک و متوسط برای تأمین مالی ابزارهایی را مورد استفاده قرار می‌دهند که عبارتند از، ۱. فاکتورینگ، ۲. لیزینگ، ۳. تبدیل به اوراق بهادار سازی، ۴. تأمین مالی ساختاریافته و ۵. تأمین مالی زنجیره تأمین. آن‌ها تأمین مالی زنجیره تأمین را به عنوان یک نوآوری مالی جدید و راه‌گشا معرفی کردند.

### اینترنت اشیا و فناوری بلاک‌چین

ساتوشی ناکاموتو در سال ۲۰۰۸ ارز دیجیتال «بت کوین»<sup>۱</sup> را بر بستر بلاک‌چین به وجود آورد. بلاک‌چین نوعی پایگاه داده است که بلوک‌های داده‌ها را به‌طور متوالی با همراهی فناوری مهر زمانی به هم مرتبط نموده و یک کنترل اعتبار زیرساخت مدیریت قراردادهای تدارکات و انبار محاسباتی توزیع‌یافته‌ای است که از ساختار بلوک زنجیره‌ای برای بررسی و ذخیره داده‌ها استفاده می‌کند (Nakamoto, 2008). بلاک‌چین‌ها بیشتر به دو دسته تقسیم می‌شوند، ۱. بلاک‌چین‌های مجاز و ۲. بلاک‌چین‌های غیرمجاز. بلاک‌چین مجاز، عمومی بوده و هر گره در بلاک‌چین عمومی به داده‌ها دسترسی داشته و از امتیاز یکسان در دفترکل (یعنی بیت‌کوین) برخوردار می‌باشد. بلاک‌چین غیرمجاز را نیز می‌توان به بلاک‌چین ائتلافی (کنسرسیوم) و بلاک‌چین خصوصی تقسیم نمود و تنها گره‌های مجاز هر دو نوع بلاک‌چین می‌توانند عملیات دفترداری را انجام دهند. ویژگی‌های بلاک‌چین مانند تمرکززدایی، پرداخت‌های فرامرزی، تأثیر چشم‌گیری بر تأمین مالی سنتی داشته است (Christidis & Devetsikiotis, 2016). اینترنت اشیا که به آن «اینترنت چیزها» نیز گفته می‌شود، به میلیاردها دستگاهی اشاره دارد که در سراسر جهان قرار دارند، اکنون به اینترنت متصل شده‌اند، داده‌ها را گردآوری می‌کنند و با یکدیگر به اشتراک می‌گذارند. به لطف ظهور تراشه‌های ارزان کامپیوتری و وجود «شبکه‌های بی‌سیم»<sup>۲</sup> در همه‌جا و همه‌وقت، این امکان وجود دارد که «همه چیز» (منظور اشیا است) از یک

<sup>1</sup> Bitcoin

<sup>2</sup> Wireless Network

قرص کوچک گرفته تا یک هواپیمای بسیار بزرگ به اینترنت متصل و به بخشی از اینترنت اشیا مبدل شود (سایت اخبار فناوری‌های جدید و آموزش<sup>۱</sup>، ۱۴۰۲). در پژوهشی دیگر یک بررسی جامع بر روی فناوری‌های بلاک چین انجام شد و همچنین، کاربردهای اینترنت اشیا به صورت مفصل شرح داده شد و عنوان گردید که اینترنت اشیا یکی از عوامل تغییر زندگی انسان و کسب منافع عظیم اقتصادی است، اما امنیت ناکافی داده‌ها و قابلیت اطمینان پایین اینترنت اشیا فعلی، به طور جدی استفاده از آن را محدود کرده است (محمدی، ۱۴۰۰). شوانی و همکاران عنوان کردند که بلاک چین می‌تواند بسیار با سایر فناوری‌ها ادغام شود تا توسعه متنوع تأمین مالی پایدار را ارتقا دهد. علاوه بر این، روندها و مسیرهای تحقیقاتی در مورد بلاک چین را در تحقیقات مالی برجسته کردند (Shuani Ren et al., 2023). در تحقیق دیگری میزان تأثیرگذاری مشارکت فناوری بلاک چین در پارامترهای زنجیره تأمین بر پذیرش در میان شرکت‌های کوچک و متوسط بررسی شد (ایران‌منش و همکاران، ۱۴۰۱). این محققان پس از معرفی اجمالی بلاک چین، چارچوب و اجزای سازنده این فناوری، ویژگی‌های منحصر به فرد آن و همچنین الگوریتم‌های توافق مورد استفاده در آن را توصیف کردند (ایزدی و شریف خطیبی، ۱۳۹۹). همچنین در پژوهشی دیگر در مورد اینترنت اشیا، چشم‌انداز اینترنت اشیا، تهدیدات امنیتی موجود و چالش‌های باز در حوزه اینترنت اشیا بحث و بررسی شد (جهان گشته و همکاران، ۱۴۰۱). دیگر پژوهشگران به بررسی مفهوم اینترنت اشیا پرداخته و مقوله امنیت را مورد توجه قرار داده و ضمن تحلیل معماری امنیت و بیان ویژگی‌های آن، به بیان مدلی کارا با در نظر گرفتن افزایش امنیت پرداختند. بلاک چین، زیرساخت فناوری پشت ارز دیجیتال معروف «بیت‌کوین» است و از نظر رمزنگاری امن است (یزدان بخش و فتحی، ۱۴۰۰). پراکش و همکاران تحلیل ادبیات متن‌کاوی در زمینه بلاک چین و امنیت سایبری را ارائه می‌دهند (Prakash et al., 2022). روشی برای بهبود سیستم‌های توصیه‌گر مبتنی بر داده‌های بلاک چین ارائه شد. در این روش، داده‌ها بر اساس ساختاری در بلاک چین ذخیره می‌شوند که در قرارداد هوشمند تعریف شده است (بهرام پور و همکاران، ۱۴۰۰).

در مقاله فعلی، هدف ایجاد یک چارچوب مدیریت اطلاعات جدید مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا است و این امر سبب تسهیل نظارت کارآمد بر اطلاعات و روندها (مثل محدوده خطر اعتباری، وثیقه، نوسانات قیمت و بازپرداخت) در حین تقویت مدیریت فرآیند، کاهش ریسک‌ها و کاهش هزینه‌های عملیاتی در تأمین مالی زنجیره تأمین است. چارچوب ذکر شده در محیط اطلاعاتی متقارن و نامتقارن بررسی می‌شود. محیط اطلاعاتی متقارن بدین معنا است که سطح کار نمایندگی یا کارگزاری و ظرفیت‌های عملیاتی دیگر خصوصی نبوده اما اطلاعات مشترک متقارن هستند. محیط اطلاعاتی نامتقارن بدین معناست که قدرت اطلاعاتی طرفین یعنی کارفرما و کارگزار یکسان نیست و در واقع اطلاعات را نمی‌توان به طور کامل بین پلتفرم اطلاعاتی بلاک چین و شرکت کارگزار به اشتراک گذاشت.

## روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش فعلی، با استفاده از مطالب علمی درباره بلاک چین و اینترنت اشیا و تأمین مالی زنجیره تأمین نمودار مفهومی تعامل کسب‌وکار میان طرفین در سامانه تأمین مالی زنجیره تأمین رسم شد و سپس راه‌حل تحقیق که اصول طراحی، معماری و پیاده‌سازی مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا بر اساس دفترکل توزیع‌یافته<sup>۲</sup> است معرفی شد. در ادامه مدل کارفرما-کارگزار که مبنای نظری کاربرد فناوری بلاک چین را در تأمین مالی زنجیره تأمین فراهم می‌کند ارائه شد و مشوق‌های موجود در محیط‌های اطلاعاتی متقارن و نامتقارن مطرح گردید و به منظور اعتبارسنجی مدیریت اطلاعات مبتنی بر

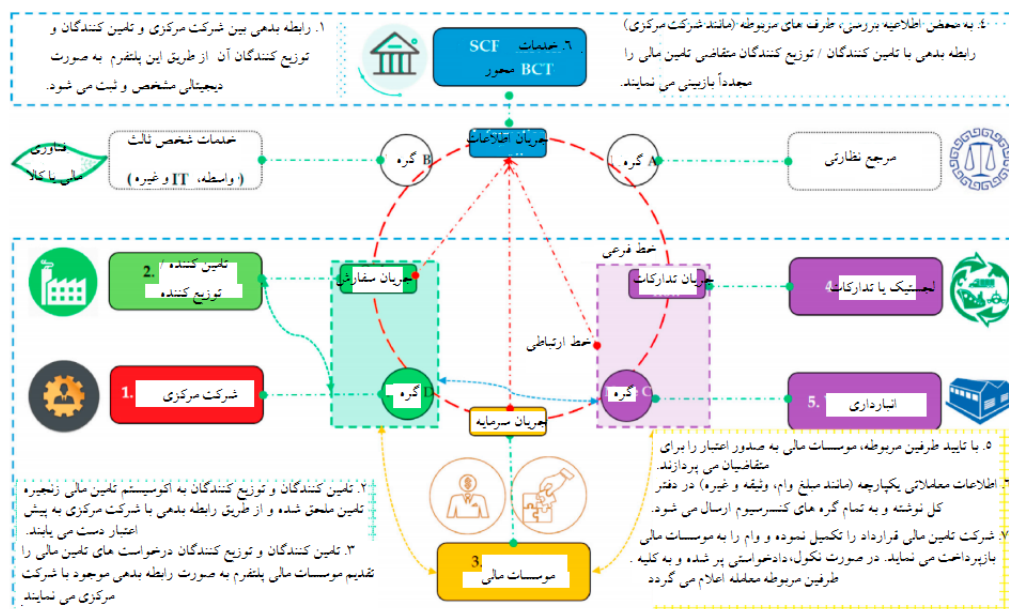
<sup>۱</sup> www.zoomit.ir

<sup>۲</sup> Distributed Ledger (DL)

فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، برای هریک یعنی کارفرما، کارگزار در دو حالت مشوق‌های تحت محیط اطلاعاتی متقارن و نامتقارن مدل ریاضی ساخته شد، سپس حل مدل صورت پذیرفت و برای شبیه‌سازی مدل‌های تشویقی تحت محیط‌های اطلاعاتی متقارن و نامتقارن از نرم افزار MATLAB استفاده شد و در نهایت خروجی اطلاعات نرم افزار با مدل‌های نظری مطرح شده مقایسه گردید. مراحل روش پژوهش در مقاله حاضر به‌طور کامل در ذیل شرح داده شده است.

### اصول طراحی

بلاک‌چین در اصل برای تحقق گردش ارزهای دیجیتال توسعه‌یافته و حاوی سازوکار توکنی است که فرآیند انتقال وجه را از یکی به دیگری ساده می‌کند (Tan et al., 2021؛ Yan et al., 2021). قراردادهای هوشمند قادر به تسهیل طیف وسیعی از روال‌های نرم افزاری بوده و معرف ابزارهای مالی و اوراق بهادار در دفتر کل توزیع‌یافته بدون مداخله سیستم اطلاعات مرکزی است. از بلاک‌چین و دفتر کل توزیع‌یافته می‌توان برای تشخیص توکن هوشمند و ثبت رویداد در میان روندهای تأمین مالی زنجیره تأمین استفاده نمود. از توکن هوشمند می‌توان به‌عنوان نماینده یک دارایی در دنیای واقعی (مانند سهام) استفاده نمود (Calero et al., 2020). افزون بر این، مالکیت آن را می‌توان در یک شبکه بلاک‌چین مشخص ردیابی کرد، درحالی‌که معاملات توسط شبکه بلاک‌چین (برای مثال کنسرسیوم) اجرا و تأیید می‌شوند. در عین حال، از ثبت رویداد می‌توان برای ذخیره امن داده‌ها استفاده نمود که گروهی از هش‌های<sup>۱</sup> اطلاعات استاندارد می‌باشد. ارزش هش در شبکه بلاک‌چین می‌تواند وجود وقایع معینی (مانند وقایع تجاری) را در یک زمان مشخص و کسی را که (مانند اطلاعات هویتی) از طریق امضا با این وقایع موافق است، ثابت نماید (Zhang et al., 2021؛ Mabrouki et al., 2021).



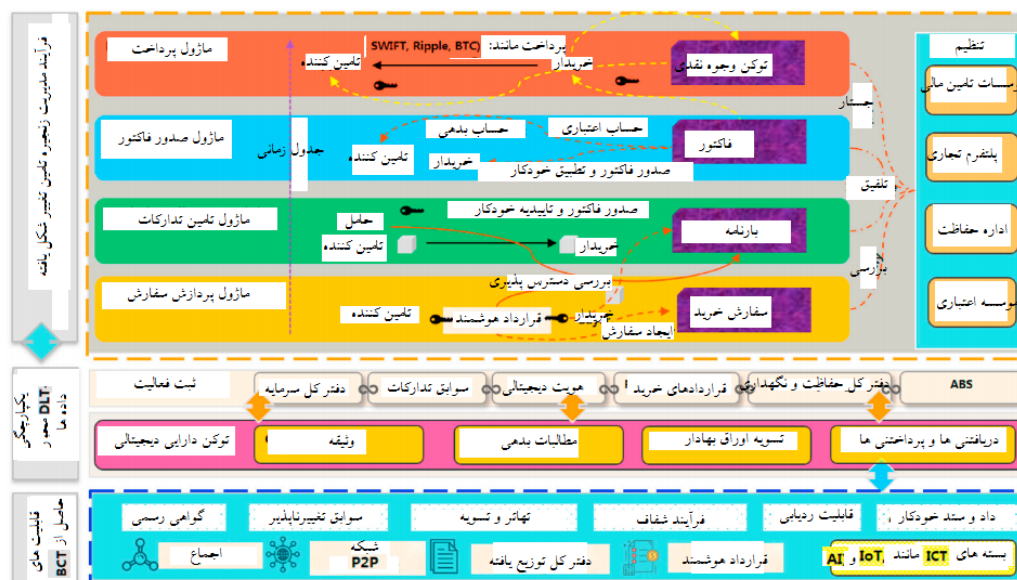
شکل ۱. نمودار مفهومی تعامل کسب‌وکار در میان طرفین موجود در اکوسیستم تأمین مالی زنجیره تأمین

<sup>۱</sup> رشته‌ای با طول ثابتی از کاراکترهاست که توسط تابعی ریاضی به نام تابع هش (Hash Function) تولید می‌شود.

در این مقاله هدف از مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا، تسهیل نظارت کارآمد بر اطلاعات و روندها (مثل محدوده خطر اعتباری، وثیقه، نوسانات قیمت و بازپرداخت) درحین تقویت مدیریت فرآیند، کاهش ریسکها و هزینههای عملیاتی در تأمین مالی زنجیره تأمین است. مطابق شکل ۱، تمام طرفهای درگیر در معامله تأمین مالی زنجیره تأمین، می توانند به پلتفرم خدمات مالی زنجیره تأمین به صورت یک نقش دوطرفه ملحق شوند. مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا بر روی شبکه بلاک چین کنسرسیوم اجرا می شود. شرکت های مرکزی، موسسات مالی و شرکت های کوچک و متوسط بالادستی و پایین دستی داده ها را مبادله نموده و معاملات را از طریق قراردادهای هوشمند انجام می دهند.

### معماری مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا

مطابق شکل ۲، معماری مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا، متشکل از لایه ۱، قابلیت های حاصل از فناوری بلاک چین، لایه ۲، یک پارچگی داده ها براساس فناوری دفترکل توزیع یافته<sup>۱</sup>، لایه ۳، فرآیندهای مدیریت زنجیره تأمین تغییر شکل یافته می باشد. در لایه ۱، لایه داده ها حاوی فناوری زیربنایی بلاک چین از جمله ساختار بلوکی، رمزنگاری نامتقارن، مهر زمانی و بلوک های داده ها است. لایه شبکه، سازوکار انتقال و تأیید داده های نظریه نظیر<sup>۲</sup> را اجرا می کند. لایه اجماع الگوریتم اجماع را بین هر گره شبکه اجرا می کند. لایه قرارداد قابلیت برنامه نویسی پلتفرم تأمین مالی زنجیره تأمین را اجرا می کند. لایه کاربرد، بسترهای کاربرد را توصیف می کند که توسط مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا پشتیبانی می شوند. لایه ۲ بر ثبت هوشمند دارایی های مالی، یک پارچگی و ردیابی جریان داده های چندگانه در کسب و کار تأمین مالی زنجیره تأمین متمرکز است. با استفاده از لایه ۲، مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا، شرکت های مرکزی را قادر می سازد تا ثبت، تفکیک و انتقال دارایی های مالی را در اکولوژی زنجیره تأمین انجام داده و از ثبت سفارشات خرید، رسیدهای انبار، پیش پرداخت و سایر دارایی ها پشتیبانی می کند. در لایه ۳، هدف تغییر ساختار تدارکات و انجام فرآیندها برای تأمین مالی پرداختی مورد تأیید است.



شکل ۲. معماری فنی مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا

<sup>1</sup> Distributed Ledger Technology (DLT)

<sup>2</sup> Peer 2(two) Peer

### خدمات اجرای فنی بلاک‌چین

دفترکل توزیع‌یافته از ساختار بلوکی برای ذخیره داده‌ها استفاده می‌کند. این ساختار دارای دو نوع داده، داده‌های بلوکی و داده‌های وضعیت یا حالت می‌باشد. داده‌های بلوکی به اطلاعات تراکنشی که از طریق ساختار زنجیره‌ای ذخیره می‌شوند، اطلاق می‌گردد که تغییرناپذیری و قابلیت ردیابی تراکنش‌های کاربر را تضمین می‌کند. داده‌های بلوکی بیشتر به زنجیره‌ای از بلوک‌ها مرتبط بوده و همه بلوک‌ها به صورت منظم به زنجیره متصل بوده و هر بلوک به بلوک مادر خود معطوف می‌شود. وضعیت یا حالت مجموعه‌ای از جفت‌های کلید مقدار<sup>۱</sup> بوده و زمانی که یک تراکنش اجرا می‌شود، مجموعه‌ای از جفت‌های کلید مقدار باید به روزرسانی شوند. در حین رشد داده‌های بلوکی، داده‌های وضعیت یا حالت به طور مرتب به روزرسانی شده اما رشد نمی‌کنند. بنابراین، در این راه‌حل، سازوکار ذخیره‌سازی ترکیبی با استفاده از موتور ذخیره‌سازی مبتنی بر متن برای کار با داده‌های بلوکی و یک موتور ذخیره جفت کلید-مقدار (با عملکرد بالای نگارش تصادفی و خوانش متوالی) برای داده‌های وضعیت یا حالت اتخاذ می‌گردد تا تفکیک داده‌های بلوکی و داده‌های وضعیت یا حالت برای تضمین تاثیرناپذیری عملکرد خوانش-نگارش از افزایش سریع حجم داده‌ها امکان‌پذیر شود. داده‌های بلوکی حاوی سر داده (که ابراطلاعات را ثبت می‌کند) و بدنه داده‌ها (اطلاعات تراکنش) می‌باشد. به واسطه حجم زیاد اطلاعات تراکنش، بدنه داده‌ها معمولاً حجم بسیار بیشتری از سر داده را اشغال می‌کند، اما سر داده بیشتر در دسترس خواهد بود. سر داده حاوی تعداد نسخه پلتفرم بلاک‌چین، قوانین، آدرس بلوک قبلی (که هش بلوک مادر نیز نامیده می‌شود)، مقدار هش بلوک فعلی، یک عدد تصادفی که از آن برای فرآیند اجماع استفاده می‌شود، مهر زمانی و ریشه مرکل می‌باشد (Yan et al., 2020). از رمزنگاری نامتقارن بیشتر در سناریوهای رمزنگاری پیام، امضای هوشمند و احراز هویت در موقع ورود استفاده می‌شود. امضای هوشمند برای اطمینان از امنیت ارتباطات شبکه ضرورت دارد (Zhou et al., 2021; Azrou et al., 2021). در مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، شرکت تأمین مالی کلیدهای عمومی و خصوصی را با الگوریتم‌های خاص (یعنی SM3) ایجاد می‌کند و سپس این فایل خلاصه را با استفاده از کلید خصوصی خود برای ایجاد امضای هوشمند متن ساده رمزنگاری می‌کند و آن‌گاه امضای هوشمند و متن ساده باهم بسته‌بندی شده و به شرکت مرکزی ارسال می‌شوند که از تابع هش برای محاسبه خلاصه متن ساده استفاده می‌کند و سپس امضای هوشمند دیگری از متن ساده را که با کلید عمومی منتشر شده توسط شرکت تأمین مالی برای دستیابی به خلاصه رمزگشایی نموده و و این دو خلاصه را برای تأیید اصالت امضای هوشمند توسط شرکت تأمین مالی باهم مقایسه می‌کند.

مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، ارتباطات شبکه‌ای نظیر به نظیر، سازوکار پیام و سازوکار تأیید را اجرا می‌کند. امنیت ارتباطات بین گره‌ها توسط پروتکل امنیت لایه انتقال<sup>۲</sup> تضمین می‌شود که قادر است امنیت انتقال اطلاعات در لایه انتقال را تضمین نماید. در توپولوژی شبکه نظیر به نظیر برای شبکه کنسرسیوم، این گره‌ها مانند مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، شرکت‌های مرکزی و موسسات مالی، گره‌های کاملی تعریف می‌شوند که در شبکه بلاک‌چین دفترکل توزیع‌یافته یک‌پارچه را حفظ می‌کنند. انواع مختلف گره‌ها در شبکه بلاک‌چین وظایف متفاوتی را انجام می‌دهند. گره‌ها با توجه به تعریف کارکردی خود در قالب گره‌های اعتبارسنجی<sup>۳</sup>، گره‌های غیراعتبارسنجی<sup>۴</sup> و گره‌های مشترک یا عمومی<sup>۵</sup>، گروه‌بندی می‌شوند. گره‌های اعتبارسنجی شامل فرآیند اجماع در شبکه بلاک‌چین و واجد شرایط حق رای است، گره‌های غیراعتبارسنجی در فرآیند اجماع در شبکه بلاک‌چین شرکت نداشته و برای تضمین هم‌خوانی نهایی در شبکه بلاک‌چین، به

<sup>1</sup> Key Value (KV)

<sup>2</sup> Transport Layer Security (TLS)

<sup>3</sup> Validation Nodes (VN)

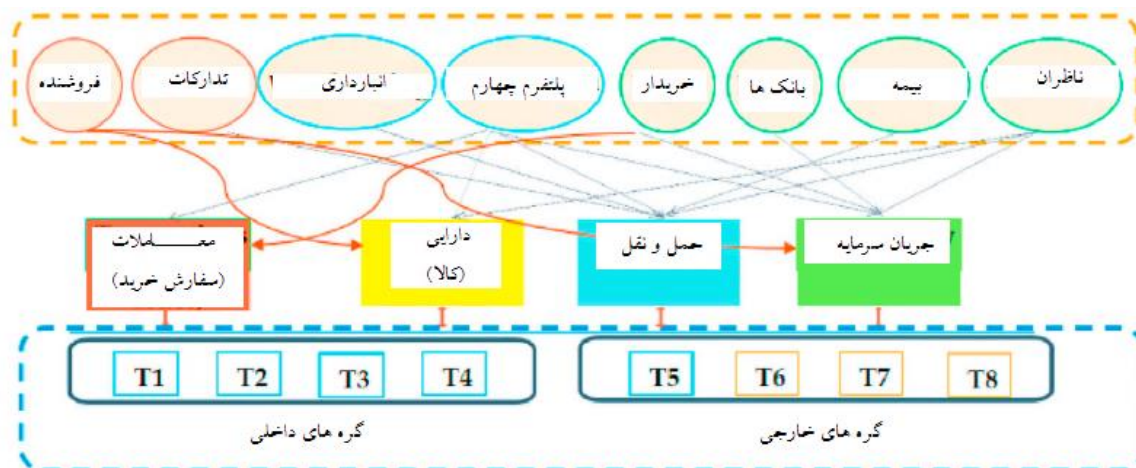
<sup>4</sup> Non-Validation Nodes (NVN)

<sup>5</sup> Common Nodes (CN)

گره‌های اعتبارسنجی تکیه می‌نماید. گره‌های غیراعتبارسنجی همچنان در فرآیند دفترداری دفترکل مشارکت دارد. در این قالب به گره‌های عمومی امکان دسترسی آسان به پلتفرم و تمرکز بر روند کار کسب و کار تأمین مالی زنجیره تأمین را بدون حجم اضافی می‌دهد. از لحاظ فنی، شرکت‌های تأمین مالی به اندازه شرکت‌های مرکزی یا موسسات مالی برای مدیریت شبکه بلاک چین مهم نیستند، به همین دلیل آن‌ها گره‌های سبکی محسوب می‌شوند که تنها برای حفظ اطلاعات ضروری در دفترکل توزیع یافته لازم هستند.

### یک پارچگی مبتنی بر فناوری دفترکل توزیع یافته جریان داده‌ها

فناوری دفترکل توزیع یافته، از ریشه یک پایگاه داده است که در میان رایانه‌های مختلف یک شبکه بلاک چین به اشتراک گذاشته می‌شود و یک محیط غیرمتمرکز را به جای یک نهاد متمرکز ایجاد می‌کند. مطابق شکل ۳، در این راه حل یک پارچگی مبتنی بر فناوری دفترکل توزیع یافته جریان داده‌های سفارش خرید، جریان سرمایه، جریان تدارکات و ثبت اسناد ساخته می‌شود. سفارش خرید، شامل سوابق مربوط به حمل و نقل، داده‌های صورت حساب حاصل از خریدار و شراکت در یک معامله، تعهد (به تأمین کننده) برای خرید کالاهای خاص با شرایط مشخص است. در مرحله تحویل، ترتیب انتقال و رسیدهای تحویل مربوطه برای مدیریت انبار ایجاد خواهد شد. پس از راه اندازی، محموله پستی توسط تأمین کننده ایجاد شده و سفارش فروش با اطلاعات دقیق تحویل به روزرسانی خواهد شد. پس از تحویل کالا به خریدار، سند دریافت کالای مربوطه با تطبیق سند تحویل با سفارش خرید آن ایجاد خواهد شد. به علاوه، از بازنامه صادر شده توسط حامل به همراه کالاهای تحویل داده شده به عنوان اثبات محموله برای تعهدات استفاده می‌شود. در جریان سرمایه، روش پرداخت و اطلاعات حساب بانکی ثبت خواهد شد.



شکل ۳. نمودار شماتیکی از خدمات یک پارچگی دفترکل توزیع یافته محور داده‌ها

در مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا، داده‌ها به طور یکنواخت در بین هم‌تایان شبکه کنسرسیوم ذخیره شده و هیچ‌یک از هم‌تایان نمی‌توانند آن‌ها را دست‌کاری کنند. تاریخچه مجموعه موارد تغییرناپذیر، زنجیره مالکیتی را ایجاد نموده که نشانه واضحی از مبدا بوده و امکان ردیابی کالاهای مبادله شده را فراهم می‌کند. برای هر شرکت کننده در معامله، آشکارسازی عامدانه داده‌های مورد اعتماد برای طرف مقابل دیگر پیش از اجرای رسمی زمان تجارت امکان پذیر می‌باشد. بدین ترتیب طرف‌های مربوطه به اطمینان بیشتری دست یافته و در نتیجه ریسک اعتباری کاهش می‌یابد. مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا، پلتفرم تجاری به طور کامل یک پارچه و خودکاری ایجاد می‌نماید که از طریق آن

کالاها و سوابق مربوطه بی‌گمان مشخص گشته و به‌طور شفاف در میان اکوسیستم‌های زنجیره تأمین رصد می‌گردد. علاوه بر این، ترکیب بلاک‌چین و اینترنت اشیا، ردیابی عملیات زنجیره تأمین را در دنیای واقعی و نظارت پویا بر مواجهه با ریسک را در هر مرحله از فرآیند حمل‌ونقل امکان‌پذیر می‌سازد. ردیابی محصول در طول فرآیند حمل‌ونقل پیش‌تر با استفاده از دستگاه‌های اینترنت اشیا به‌منظور گردآوری داده‌های مربوطه (مثل دما، رطوبت، مکان و غیره) برای طرفین مورد نظر در یک معامله تجاری در پس‌زمینه امکان‌پذیر بوده است. مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، می‌تواند دسترسی و شفافیت را برای طرفین مورد نظر در تأمین مالی زنجیره تأمین فراهم نموده و سوابق معتبری را به‌عنوان زیربنای خودکارسازی مبتنی بر قراردادهای هوشمند (مثل فاکتور تولید، صورت‌حساب و غیره) ایجاد نماید.

### فرآیند مدیریت زنجیره تأمین در مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا

مطابق شکل ۲، فرآیندهای مدیریت زنجیره تأمین اصلی (شامل خرید، تحویل، صدور فاکتور و پرداخت و غیره) در مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، تغییر شکل یافته‌اند. در آغاز فرآیندهای زنجیره تأمین، خریدار، خریدی را برای تأمین‌کننده و در ادامه پردازش فروش از طرف فروشنده را شروع می‌کند. سفارشات خرید با شناسه هوشمند ردیابی می‌شوند درحالی‌که آن‌ها در مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا هستند. با ثبت رسیدهای تحویل در مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، داده‌های سفارش خرید، بارنامه و فاکتور با قراردادهای هوشمند تطبیق داده می‌شوند که هم‌خوانی مشخصات کالا را در بین این اسناد و تأیید خودکار و مطمئن را امکان‌پذیر می‌کند. سوابق تاریخی این دادوستدها، قابلیت حسابرسی کاملی را برای تنظیم‌کننده فراهم می‌کند. در صورتی‌که سفارشی برای تحویل سررسید شود، فرآیند حمل‌ونقل شروع می‌شود. در چنین فرآیندی، مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، دستور انتقال را صادر کرده و سند تحویل مربوطه را ایجاد می‌کند. سفارش فروش با اطلاعات وضعیت، به‌روزرسانی می‌شود. زمانی‌که کالا به دست خریدار رسید، مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، سند تحویل را به‌همراه سفارش خرید مربوطه بررسی می‌کند و در نتیجه رسید کالا را صادر می‌کند. در جریان کاغذی سنتی، فرآیند حیاتی شامل عملیات دستی است که در معرض خطای انسانی و یا حتی سرقت و تقلب قرار دارد. مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا، این روند کاری زنجیره تأمین استاندارد را تکرار نموده و جریان کاغذی را به نسخه‌ای که به‌صورت الکترونیکی در شبکه بلاک‌چین ذخیره می‌شود ارتقا می‌دهد. بنابراین مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا قادر به ردیابی جریان مواد در هر مرحله و نیز جریان کاغذی مربوطه می‌باشد. علاوه بر این، مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا رابط مناسبی از حفاظت را برای یک کالا یا محصول خاص همراه با اکوسیستم زنجیره تأمین فراهم می‌کند که طرفین مدنظر از طریق آن به اطلاعات مربوطه برای بررسی اصالت کالا یا محصول ردیابی شده در طول زنجیره تأمین دسترسی داشته و تضمینی علیه تقلب می‌باشد. هدف مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا از توکن‌سازی فاکتورها، پرداختن به مسائل تأمین مالی و کلاهبرداری دوگانه است. مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا می‌تواند اطلاعات مربوط به فاکتور را در دفترکل توزیع‌یافته ثبت کند. برای ایجاد شناسه‌ای منحصر به فرد، اطلاعات هر فاکتور در شبکه بلاک‌چین ذخیره، مهر زمانی و هش می‌شود. لازم به‌ذکر است که تشکیل فاکتور توکنی مستلزم مشارکت فعال (یعنی تکمیل امضای هوشمند روی فاکتور) همتایان به‌وسیله مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا می‌باشد.

### تجزیه و تحلیل نظری

در این بخش با معرفی مدل کارفرما- کارگزار که مبنای نظری کاربرد فناوری بلاک‌چین را در تأمین مالی زنجیره تأمین مهیا می‌کند، به تجزیه و تحلیل نظری سازوکار تشویقی پرداخته می‌شود.

### توضیح مدل

مساله کارفرما - کارگزار، محصول عدم تقارن اطلاعاتی است که در آن طرف بهره‌مند از اطلاعات کارگزار دانسته می‌شود در حالی که طرف بی‌بهره از اطلاعات کارفرما محسوب می‌گردد. تراکنش تأمین مالی زنجیره تأمین طرف‌های بسیاری را در برمی‌گیرد و ممکن است عدم تقارن اطلاعاتی بین هر طرفی وجود داشته باشد و باعث بروز مساله کارفرما-کارگزار در جهات مختلف می‌شود. در مدل حساب‌های دریافتی، پلتفرم خدمات اطلاعاتی بلاک چین، کارفرما و شرکت مرکزی کارگزار به‌شمار می‌رود. در مدل تأمین مالی موجودی، تولیدکننده‌ای که وام را دریافت می‌کند، کارگزار و پلتفرم خدمات اطلاعاتی بلاک چین کارفرما محسوب می‌شود. در مدل تأمین مالی از طریق پیش‌پرداخت، قرارداد خرید و فروش و نیز صورت حساب‌های دریافتی ممکن است تحریف شوند. بنابراین در این وضعیت، پلتفرم خدمات اطلاعاتی بلاک چین کارفرما و شرکت مرکزی کارگزار محسوب می‌شود. هر چند که سه نوع حالت تأمین مالی زنجیره تأمین از نظر فرآیند عملیات متفاوت هستند، اما تمام آن‌ها یک‌جا از فناوری بلاک چین برای ایجاد سازوکار تشویقی برای حل مساله کارفرما-کارگزار استفاده می‌کنند. در ادامه، تأمین مالی حساب‌های دریافتی به‌عنوان نمونه برای تجزیه و تحلیل سازوکار تشویقی با اتخاذ فناوری بلاک چین در نظر گرفته می‌شود.

### فرض‌ها

فرض‌های مربوط به کارگزار یا نماینده:

۱. سطح اقدامات کارگزار توسط  $e$  نشان داده می‌شود که دارای معانی مختلفی مثل اقدامات شرکت‌های کوچک و متوسط برای کاهش هزینه، سطح اقدامات شرکت‌های کوچک و متوسط برای توسعه فروش و غیره می‌شود.
۲. تابع هزینه اقدامات کارگزار توسط  $c(e) = (f \cdot e^2)/2$  نشان داده می‌شود که در آن  $f > 0$ ، ضریب هزینه اقدامات است.
۳. ظرفیت عملیاتی کارگزار  $a$  است،  $a \in [a, \bar{a}]$ ، قبل از این که قرارداد تشویقی ارائه شده توسط پلتفرم اطلاعات بلاک چین امضاء شود،  $a$  تحت انتخاب نامطلوب نیم باشد.
۴. فروش شرکت کارگزار عبارتست از  $q = ae + m + \varepsilon$ ،  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ ، واریانس  $\varepsilon$  بوده و  $m$  بیانگر اندازه بلوغ فنی کارفرماست.

۵. به‌خاطر سادگی، رابطه خطی درباره سود فروش فرض می‌شود به طوری که  $\pi = nq - (f \cdot e^2)/2$  و  $n > 0$  بوده و  $n$  ضریب سود فروش شرکت کارگزار می‌باشد.

۶. شرکت کارگزار ریسک‌گریز بوده و ضریب ریسک‌گریزی مطلق  $p$  و ثابت است. بازده شرکت کارگزار شامل بازگشت خود آن و بازده تشویقی کارفرماست. تابع مطلوبیت بازده شرکت کارگزار عبارتست از،  $U = -e^{-p(\pi + \pi_{extra})}$ ، فرض‌های مربوط به کارفرما:

۱. کارفرما قرارداد تشویقی را به کارگزار ارائه می‌کند تا ظرفیت فروش، تلاش و درآمد فروش کارگزار تا  $\pi_{extra} = a \cdot q \cdot g(a)$  افزایش یابد. که در آن  $g(a)$  نشان‌دهنده مشوق ارائه شده توسط کارفرما برای واحد فروش کارگزار برطبق ظرفیت فروش آن است.  $g(a) > 0$ ،  $g'(a) > 0$ .

۲. درآمد واحد فروش حاصل از کارفرما در نتیجه کارگزار  $i$  است. بنابراین، سود خالص کارفرما در نتیجه کارگزار عبارتست از،

$$client = a \cdot q \cdot i - a, \quad q \cdot g(a) = a \cdot q [i - g(a)] \pi$$

۳. کارفرما ریسک خنثی بوده و در پی بیشینه کردن بازده مورد انتظار خود است.

### مشوق‌های موجود در محیط اطلاعاتی متقارن

در یک محیط اطلاعاتی متقارن، اطلاعات را می‌توان به‌طور کامل بین طرفین در تأمین مالی زنجیره تأمین به اشتراک گذاشت که در طی آن سامانه بلاک چین باعث می‌شود کل زنجیره به شفافیت کامل اطلاعات دست یابد. برای شرکت مرکزی (کارگزار)،

تأمین‌کنندگان شرکت‌های کوچک و متوسط بالادستی و پایین‌دستی و پلتفرم اطلاعات بلاک‌چین (کارفرما)، اطلاعات متقارن بدین معناست که سطح کار نمایندگی یا کارگزاری و ظرفیت‌های عملیاتی دیگر خصوصی نبوده اما اطلاعات مشترک متقارن هستند. طرفین موجود در اطلاعات متقارن نمی‌توانند با پنهان کردن اطلاعات به سود مضاعفی دست یابند و هریک از طرفین در پی بیشینه‌کردن سود خود و سرانجام دست‌یابی به حالت بهینه کلی هستند.

### ساخت مدل

با توجه به فرض‌های فوق، بازده مورد انتظار کارفرما عبارتست از،  $E\pi_{client} = E\{a \cdot q \cdot [i - g(a)]\}$  با جایگزینی  $q = ae + m + \varepsilon$  و  $E\varepsilon = 0$ ، بازده مورد انتظار کارفرما عبارتست از،

$$E\pi_{client} = E\{a \cdot (ae + m) \cdot [i - g(a)]\} \quad (1)$$

به همین ترتیب، بازده مورد انتظار کارگزار عبارتست از،

$$E\pi_{agent} = E(\pi + \pi_{extra}) = [n + a \cdot g(a)] \cdot (a \cdot \varepsilon + m) - \frac{f\varepsilon^2}{2} - \frac{\rho}{2}[n + a \cdot g(a)]^2 \sigma^2 \quad (2)$$

کارگزار با فرض بیشینه‌نمودن سود خود، سطح اقدامات بهینه  $e$  را انتخاب می‌نماید. تحت شرایط وجود سطح اقدامات بهینه، مشتق جزئی مرتبه اول  $E\pi_{agent}$  با توجه به  $e$  مثبت بوده و مشتق جزئی مرتبه دوم منفی است که نشان‌دهنده سطح اقدامات بهینه است. سپس براساس منحصربه‌فرد بودن بیشترین سطح اقدامات، فرض می‌گردد که،

$$\frac{\partial \pi_{agent}}{\partial e} = 0 \quad \text{و شرط بهینگی مرتبه اول برای سطح اقدامات } e \text{ بدین صورت } e^* = \frac{a \cdot [n + a \cdot g(a)]}{f} \text{ به دست می‌آید.}$$

براین اساس، رفتار بهینه در پلتفرم اطلاعاتی تأمین مالی بلاک‌چین را می‌توان به صورت مساله بهینه‌سازی زیر با قیود و محدودیت‌های مربوطه نشان داد.

$$\begin{aligned} \text{Max } E\pi_{client} &= a \cdot (ae + m) \cdot [i - g(a)] \\ E\pi_{agent} &= [n + a \cdot g(a)] \cdot (a \cdot e + m) - \frac{f\varepsilon^2}{2} - \frac{\rho}{2}[n + a \cdot g(a)]^2 \sigma^2 \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

### حل و تحلیل مدل

بر اساس مدل مشاهده می‌شود به دلیل وجود یارانه‌های تشویقی، بین بازده مورد انتظار کارفرما و کارگزار تناقض وجود دارد. بر اساس محدودیت بیشینه‌سازی سود کارفرما، بازده مورد انتظار کارگزار معادل صفر است. در این هنگام، سطح بهینه اقدامات شرکت‌های کوچک و متوسط سمت کارگزار فوق به این معادله تبدیل می‌شود تا میزان یارانه تشویقی فروش به‌زای واحد شرکت کارگزار در تعادل به صورت زیر به دست آید،

$$g(a)^* = \frac{1}{a} \left[ \frac{2m \cdot f}{f \cdot \rho \cdot \sigma^2 - a^2} - n \right] \quad (4)$$

با جایگزینی نتایج واحد مشوق حاصله در سطح اقدامات بهینه کارگزار، خواهیم داشت،

$$e^* = \frac{2m \cdot a}{f \cdot \rho \cdot \sigma^2 - a^2} \quad (5)$$

با جایگزینی مبلغ کمک هزینه تشویقی واحد و سطح اقدامات بهینه در فرمول بازده مورد انتظار کارفرما، بازده کارفرما در این لحظه عبارتست از،

$$E\pi_{client}^* = \left[ \frac{2m \cdot a^2}{f \cdot \rho \cdot \sigma^2} + m \right] \cdot [g(a) \cdot a - \frac{2m \cdot f}{f \cdot \rho \cdot \sigma^2} + n] \quad (6)$$

$$g(a)^* > 0 \quad , \quad g(a) > 0$$

بر اساس عبارات  $g(a)^*$  و  $e^*$  و  $E\pi_{client}^*$  پس از نتایج راه‌حل مدل می‌توان مشاهده نمود که یارانه واحد تشویقی در حالت تعادل به  $p$ ،  $f$ ،  $a$ ،  $m$  و عدم قطعیت بستگی داشته و اثرپذیری مثبتی از  $a$ ،  $m$  و اثرپذیری منفی از  $p$ ،  $f$  و عدم قطعیت دارد. هم-

چنین مشاهده می شود که بازده مورد انتظار کارفرما در حالت تعادل رابطه مثبتی با بلوغ فناوری بلاک چین یعنی  $m$ ، حاشیه فروش شرکت های کوچک و متوسط و سود خالص دریافتی کارفرما در شرکت های کوچک و متوسط است.

### مشوق های تحت اطلاعات نامتقارن

شرایط اطلاعاتی نامتقارن بدین معناست که قدرت اطلاعاتی طرفین یعنی کارفرما و کارگزار یکسان نیست و در واقع اطلاعات را نمی توان به طور کامل بین پلتفرم اطلاعاتی بلاک چین و شرکت کارگزار به اشتراک گذاشت. در مراحل اولیه عدم امضای قرارداد، پلتفرم های اطلاعاتی بلاک چین نمی توانند از سطح قابلیت عملیاتی شرکت های کارگزار مطلع شوند و انتخاب نامطلوبی وجود دارد. پس از امضای قرارداد همکاری، کارفرما نمی تواند به سطح اقدامات شرکت های کوچک و متوسط کارگزار پی ببرد و ریسک اخلاقی وجود دارد. از آنجایی که هم چنان عدم تقارن اطلاعاتی وجود دارد، کارفرما و کارگزار راهبردهای خود را در بازی برای بیشینه ساختن منافع خود تغییر خواهند داد.

### ساخت مدل

بر اساس اطلاعات فوق، بازده مورد انتظار کارفرما باید  $E\pi_{client}$  و بازده مورد انتظار کارگزار باید  $E\pi_{agent}$  باشد. شرکت های کوچک و متوسط کارگزار سطح بهینه اقدامات  $e^*$  را برای بیشینه ساختن سود خود انتخاب می نماید،  $\forall a \in [\underline{a}, \bar{a}]$ ،  $e^* \in \arg\text{Max} E\pi_{agent}$ . با حل شرط خطی مرتبه اول، خواهیم داشت،

$$e^* = (a \cdot [n + a \cdot g(a)]) / f \quad (7)$$

با جایگزینی  $e^*$  در  $E\pi_{agent}$ ، خواهیم داشت،

$$E\pi_{agent} = m \cdot [n + a \cdot g(a)] + \frac{a^2 \cdot [n + a \cdot g(a)]^2}{2f} - \frac{[n + a \cdot g(a)]^2 \sigma^2}{2} \quad (8)$$

به ازای  $\forall (a, \bar{a}) \in [\underline{a}, \bar{a}]$ ، خواهیم داشت،

$$E\pi_{agent} = m \cdot [n + a \cdot g(a)] + \frac{a^2 \cdot [n + a \cdot g(a)]^2}{2f} - \frac{\rho [n + a \cdot g(a)] \sigma^2}{2} \\ \geq m \cdot [n + a \cdot g(\bar{a})] + \frac{a^2 \cdot [n + a \cdot g(\bar{a})]^2}{2f} - \frac{\rho [n + a \cdot g(\bar{a})] \sigma^2}{2} \quad (9)$$

بنابراین رابطه بین  $a$  و  $\bar{a}$  را می توان بدین صورت به دست آورد،

$$a \cdot g(\bar{a}) \left\{ \left( \frac{a^2}{f} - \rho \cdot \sigma^2 \right) \cdot [n + a \cdot g(\bar{a})] + m \right\} = 0 \quad (10)$$

به ازای  $\forall a \in [\underline{a}, \bar{a}]$ ، خواهیم داشت،

$$a \cdot g(\bar{a}) \left\{ \left( \frac{a^2}{f} - \rho \cdot \sigma^2 \right) [n + a \cdot g(a)] + m \right\} = 0 \quad (11)$$

بنابراین، کارفرما مشوق هایی را به منظور بیشینه سازی بازده مورد انتظار بدین صورت ارائه می دهد،

$$\text{Max } E\pi_{client} = \int_a^{\bar{a}} a \cdot (ae + m) \cdot [i - g(a)] \cdot f(a) da = \frac{a \cdot [n + a \cdot g(a)]}{f} \\ E\pi_{agent} = m \cdot [n + a \cdot g(a)] + \frac{a^2 - [n + a \cdot g(a)]^2}{2f} - \frac{\rho [n + a \cdot g(a)]^2 \sigma^2}{2} \geq 0 \\ g(a) \geq 0 \quad (12)$$

محدودیت ها به دلیل سازوکار تطبیق پذیری تشویقی تحت انتخاب نامطلوب و خطرهای اخلاقی کارگزار شرکت های کوچک و متوسط و محدودیت های منطق فردی می باشند.

### حل و تحلیل مدل

در این بخش به تجزیه و تحلیل مدل به ترتیب برای دو حالت  $g(a) = 0$  و  $g(a) \geq 0$  پرداخته شد. فرض کنید  $g(a) = 0$ ،  $E\pi_{agent} \geq 0$  باشد آن گاه خواهیم داشت،

$$m - \frac{1}{2}(\rho \cdot \sigma^2 - \frac{a^2}{f})[n + a \cdot g(a)] \geq 0 \quad (13)$$

با حل شرط مرتبه اول  $E\pi_{agent}$  خواهیم داشت،

$$\frac{\partial E\pi_{agent}}{\partial a} = \frac{a}{f}[n + a \cdot g(a)]^2 + g(a)\left\{\left(\frac{a^2}{f} - \rho \cdot \sigma^2\right) \cdot [n + a \cdot g(a)] + m\right\} \geq 0 \quad (14)$$

این نتیجه نشان می‌دهد هر قدر ظرفیت عملیاتی شرکت‌های کوچک و متوسط بیشتر باشد، مجموع بازده مورد انتظار حاصله بیشتر خواهد بود.

وقتی  $g(a) = 0$  و  $g(a) \frac{db}{di} = b$  باشد،  $b$  ثابت بوده، بهترین دوم<sup>۱</sup> به نتیجه زیربهرینه در مواقعی اشاره دارد که اطلاعات نامتقارن در دسترس باشد و مشوق یکسان<sup>۲</sup>، به یارانه تشویقی یکسان برای شرکت‌های کوچک و متوسط با ظرفیت‌های عملیاتی مختلف اشاره دارد. از آنجایی که شرکت‌های کوچک و متوسط با ظرفیت‌های عملیاتی مختلف می‌توانند یارانه تشویقی یکسانی را دریافت نمایند، کارفرما نمی‌تواند به درستی یارانه قابلیت‌های عملیاتی شرکت‌های کوچک و متوسط را شناسایی نموده، پس نمی‌تواند به مشوق بهینه دست پیدا کند. وقتی  $g(a) = 0$  باشد، مدل ما به مساله برنامه‌نویسی پویا تبدیل می‌شود.

$$\begin{aligned} \max E\pi_{client} &= \int_a^{\hat{a}} \hat{a} \cdot a \cdot (ae + m) \cdot [i - g(a)] \cdot f(a) da = \frac{a \cdot [n + a \cdot g(a)]}{f} E\pi_{agent} \\ &= m \cdot [n + a \cdot g(a)] + \frac{a^2 \cdot [n + a \cdot g(a)]^2}{2f} - \frac{\rho [n + a \cdot g(a)]^2 \sigma^2}{2} \geq 0 \left(\frac{a^2}{f} - \rho \cdot \sigma^2\right) \cdot [n + a \cdot g(a)] + m = 0 \end{aligned} \quad (15)$$

در حالی که  $\frac{a^2}{f} - \rho \cdot \sigma^2 < 0$ ، خواهیم داشت،  $a < \sigma \cdot \sqrt{f \cdot \rho}$

$$\begin{aligned} g(a) &= \frac{m \cdot f}{a - (f \cdot \rho \cdot \sigma^2 - a^2)} - \frac{n}{a} \\ g(\hat{a}) &= \frac{3m \cdot f \cdot \hat{a}^2 - f^2 \cdot m \cdot \rho \cdot \sigma^2 + \frac{n}{a^2}}{a^2 \cdot (f \cdot \rho - \sigma^2)^2} \end{aligned} \quad (16)$$

با حل شرط مرتبه اول برای  $E\pi_{agent}$  و جایگزینی  $g(a)$  و  $g(\hat{a})$  خواهیم داشت،

$$\begin{aligned} \frac{\partial E\pi_{agent}}{\partial a} &= \frac{a}{f}[n + a \cdot g(a)]^2 + [g(a) + a \cdot g(a)] \left\{ \left(\frac{a^2}{f} - \rho \cdot \sigma^2\right) \cdot [n + a \cdot g(a)] + m \right\} \\ &= \frac{m^2 \cdot f \cdot a^2}{(f \cdot \rho \cdot \sigma^2 - a^2)^2 \cdot f^2} \geq 0 \end{aligned} \quad (17)$$

در این صورت مشاهده می‌شود که بازده مورد انتظار شرکت‌های کوچک و متوسط با افزایش ظرفیت عملیاتی خود این شرکت‌ها

نیز افزایش می‌یابد. یارانه تشویقی کارفرما در این لحظه بدین صورت بیان می‌شود،

$$SB g(a) \frac{db}{di} = \frac{m \cdot f}{a \cdot (f \cdot \rho - \sigma^2 - a^2)} - \frac{n}{a} \quad (18)$$

SB نشان‌دهنده انتخاب زیربهرینه تحت محیط اطلاعاتی نامتقارن بوده و مشوق متفاوت<sup>۳</sup>، بیانگر یارانه تشویقی اعطا شده توسط کارفرما بر اساس قابلیت‌های عملیاتی مختلف شرکت‌های کوچک و متوسط می‌باشد. براساس عبارت  $g(a) \frac{db}{di}$  مشاهده می‌شود که یارانه مشوق متفاوت تحت اطلاعات نامتقارن با افزایش حاشیه فروش شرکت‌های کوچک و متوسط و سطح اقدامات این شرکت‌ها کاهش یافته و با افزایش بلوغ فناوری بلاکچین یعنی  $m$  افزایش می‌یابد. علاوه بر این، سطح اقدامات شرکت‌های کوچک و متوسط با افزایش ظرفیت عملیاتی در هر دو حالت مشوق‌های یکسان و متفاوت افزایش می‌یابد.

<sup>1</sup> Second Best (SB)

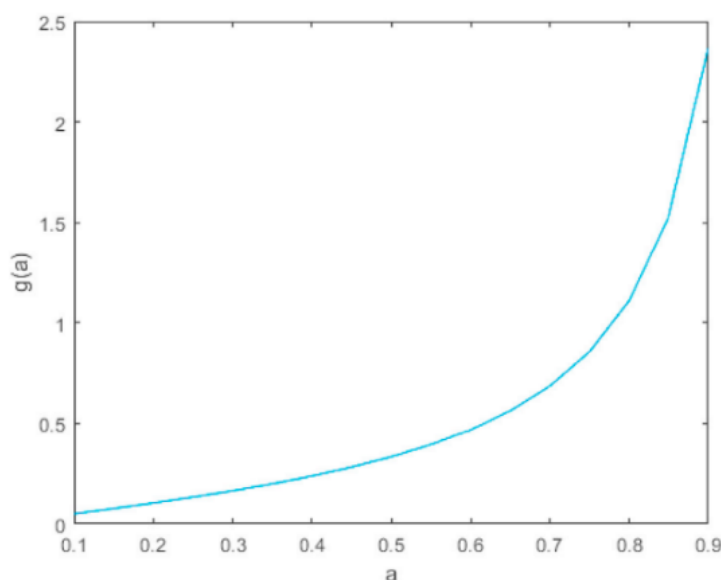
<sup>2</sup> Same Incentive (SI)

<sup>3</sup> Different Incentive (DI)

### شبیه‌سازی

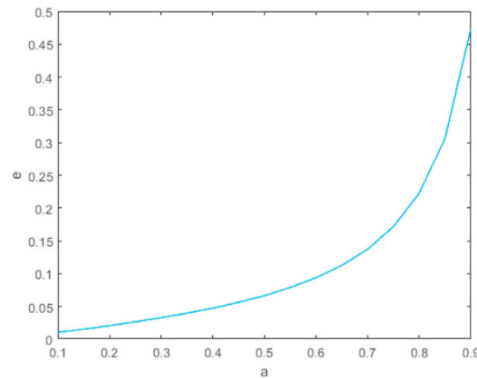
برای شبیه‌سازی مدل‌های تشویقی تحت محیط‌های اطلاعاتی متقارن و نامتقارن از نرم افزار MATLAB استفاده شد. قابلیت عملیاتی شرکت‌های کوچک و متوسط به صورت  $a$  نشان داده شد و از آنجایی که این عامل بسته به حوزه، اندازه شرکت‌های کوچک و متوسط تغییرات چشم‌گیری می‌نماید، تاثیر پارامترهای مربوطه با تغییر مقدار  $a$  به منظور تأیید نتایج ذکر شده در بالا تحلیل شد. سطح بلوغ فناوری بلاک چین یعنی  $m = 0.1$ ،  $n = 0.5$ ، ضریب هزینه اقدامات  $f = 5$ ، منفعت کارفرما از کارگزار  $i = 6$ ،  $p = 0.8$ ،  $\sigma^2 = 0.25$  تعیین گردید. از آنجایی که کارفرما نمی‌تواند شرکت‌های کوچک و متوسط با ظرفیت عملیاتی بالا را تحت یارانه تشویقی یکسان به صورت کارآمدی شناسایی کند، بر مبلغ یارانه  $g(a)$ ، سطح اقدامات کارگزار  $e$  و شبیه‌سازی‌های مربوطه تمرکز شد تا نشان داده شود که چگونه بازده مورد انتظار تحت تاثیر قابلیت عملیاتی شرکت‌های کوچک و متوسط قرار گرفته‌اند.

مطابق شکل ۴، رابطه بین واحد مشوق‌ها و قابلیت عملیاتی شرکت‌های کوچک و متوسط تحت سازوکار یارانه تشویقی متفاوت با نتایج حاصل از مدل نظری هم‌خوانی دارد. مشوق‌های متفاوت ارائه شده توسط کارفرما با توجه به قابلیت عملیاتی شرکت‌های کوچک و متوسط همبستگی مثبتی با ظرفیت عملیاتی این شرکت‌ها داشته و مشوق‌های دریافتی کارگزار از کارفرما با بهبود قابلیت عملیاتی شرکت‌های کوچک و متوسط افزایش می‌یابد.



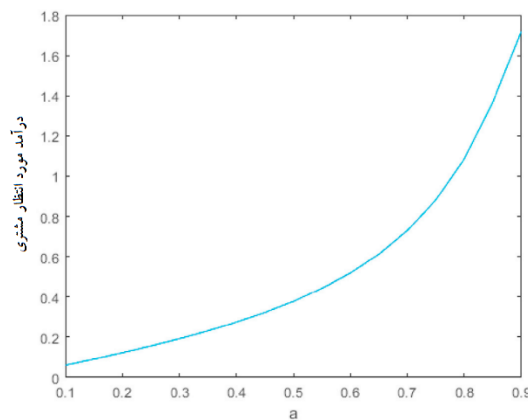
شکل ۴. همبستگی بین مشوق‌ها و توانایی فروش تحت مشوق‌های متفاوت

مطابق شکل ۵، زمانی که کارفرما مشوق‌های متفاوتی را فراهم می‌کند، بهبود قابلیت عملیاتی کارگزار نیز منجر به بهبود سطح اقدامات فردی می‌شود که ثابت می‌کند مشوق‌های متفاوت باعث ارتقا و تسهیل شرکت‌های کوچک و متوسط بالادستی و پایین‌دستی در زنجیره تأمین می‌شوند. در عین حال، شرکت‌های کوچک و متوسط با قابلیت عملیاتی قوی‌تر می‌توانند به طور مؤثر از سهم کردن اطلاعات تحت تعامل فناوری بلاک چین بهره‌مند شده و فعالانه به دنبال توسعه بیشتر باشند.

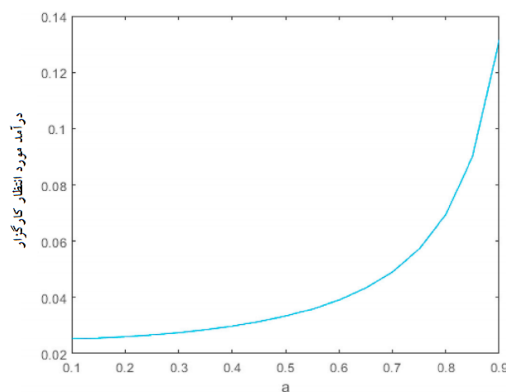


شکل ۵. همبستگی بین سطح اقدامات و توانایی فروش تحت مشوق‌های متفاوت

مطابق شکل‌های ۶ و ۷، ملاحظه می‌شود که درآمد مورد انتظار هر دو طرف بازی با افزایش ظرفیت عملیاتی کارگزار افزایش پیدا می‌کند. ورود فناوری بلاک‌چین به کسب‌وکار تأمین مالی زنجیره تأمین باعث تقویت موثر شرکت‌های کوچک و متوسط در بهبود ظرفیت عملیاتی خود برای کسب درآمد مورد انتظار بیشتر می‌شود. در عین حال، کارفرما می‌تواند از بهبود ظرفیت عملیاتی شرکت‌های کوچک و متوسط با ارائه فناوری بلاک‌چین و یارانه‌های تشویقی بهره‌مند شود.



شکل ۶. همبستگی بین درآمد مشتری و توانایی فروش تحت مشوق‌های متفاوت



شکل ۷. همبستگی بین درآمد کارگزار و توانایی فروش تحت مشوق‌های متفاوت

## یافته‌ها

فناوری نقش حیاتی را در تشویق اتخاذ تأمین مالی زنجیره تأمین برای شرکت‌های کوچک و متوسط ایفا می‌کند. در تحقیق حاضر چارچوب فنی برای مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا ارائه شد که به عنوان تنظیم‌گر در جهت بهبود شفافیت اطلاعات در فرآیند کسب و کار تأمین مالی زنجیره تأمین کار می‌کند. و در آن، فناوری بلاک چین برای تقویت شفافیت اطلاعات و تغییر شکل فرآیند کسب و کار در تأمین مالی زنجیره تأمین تسهیل می‌شود. اثربخشی و امکان‌پذیری مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا از طریق موارد مصرف مشخص شده و با استفاده از تجزیه و تحلیل نظری تأیید می‌گردند. با مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا، هزینه اجرایی کل زنجیره تأمین را می‌توان به‌خاطر یک پارچگی جریان‌های سرمایه، اطلاعات و تجاری در زنجیره تأمین تا حد زیادی کاهش داد. اهداف مهمی که در تحقیق حاضر حاصل شد عبارتند از، ۱. ارائه چارچوب مدیریت اطلاعات جدیدی که از بلاک چین و اینترنت اشیا برای حل مشکل عدم تقارن اطلاعاتی در تجارت تأمین مالی زنجیره تأمین بهره می‌برد. ۲. ارائه طراحی فنی مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا شامل زیرساخت‌های بلاک چین، جریان داده‌های یک پارچه مبتنی بر دفتر کل توزیع شده، می‌باشد. و ۳. بهره‌گیری از مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا، برای تجزیه و تحلیل نظری با معرفی مدل کارفرما-کارگزار برای اعتبارسنجی مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک چین و اینترنت اشیا.

## بحث و نتیجه‌گیری

صیادی و همکاران (۱۴۰۱) کاربردهای اینترنت اشیا در بخش مدیریت زنجیره تأمین با رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره، شناسایی و اولویت‌بندی نمودند. حال آن‌که در تحقیق حاضر کاربردهای اینترنت اشیا و بلاک چین با طراحی مدل کارفرما-کارگزار جهت شفاف‌سازی محیط‌های اطلاعاتی بررسی شد. در عمل، مدیریت ریسک در تأمین مالی زنجیره تأمین بیشتر بر شرکت‌هایی متمرکز است که متقاضی تأمین مالی و معاملات مربوطه هستند. با این حال بررسی اعتبار طرفین درگیر، داده‌های معاملاتی و داده‌های زیربنایی اغلب دشوار است (Basu & Nair, 2012). اما قابلیت رمزنگاری و بلوک‌های زنجیره‌ای شبکه بلاک چین که قابلیت نظارت لحظه‌به‌لحظه دارند و همچنین گزارش‌دهی دقیق از طریق اینترنت اشیا در تأمین مالی زنجیره تأمین که در این مقاله استفاده شد دشواری داده‌های معاملاتی را برطرف نمود.

قابلیت‌های بلاک چین نقش مهمی در پیشرفت زنجیره تأمین پایدار در انقلاب صنعتی چهارم دارد. از ویژگی‌های مهم کاربرد بلاک چین در شبکه‌های زنجیره تأمین، تقویت نظارت بر پایداری و عملکرد گزارش در سراسر شبکه‌های زنجیره تأمین است. بلاک چین می‌تواند بسیار با سایر فناوری‌ها ادغام شود تا توسعه متنوع تأمین مالی پایدار را ارتقا دهد. علاوه بر این، روندها و مسیرهای تحقیقاتی در مورد بلاک چین را در تحقیقات مالی برجسته کردند (Shuani Ren et al., ; Behdad et al., 2020). هم‌چنین دیگر پژوهشگران به بررسی مفهوم اینترنت اشیا پرداخته و ضمن تحلیل معماری امنیت و بیان ویژگی‌های آن، به بیان مدلی کارا با در نظر گرفتن افزایش امنیت پرداختند (یزدان بخش و فتحی، ۱۴۰۰). مقاله فعلی از منظر تأیید قابلیت‌های بلاک چین و یا امنیت بالای اینترنت اشیا و شبکه بلاک چین با تحقیقات پیشین ذکر شده، همسو است با این تفاوت آشکار که در این تحقیقات کاربردهای بلاک چین و یا اینترنت اشیا در شبکه زنجیره تأمین هر یک به‌تنهایی بررسی شده‌اند، اما در تحقیق حاضر بلاک چین و اینترنت اشیا باهم ادغام شده و کاربردهای آن‌ها در تأمین مالی زنجیره تأمین تحت محیط‌های شفاف اطلاعاتی متقارن و نامتقارن با طراحی مدل کارفرما-کارگزار مورد پژوهش قرار گرفت و مدل ذکر شده حل و در نهایت شبیه‌سازی شد و نتایج حاصل از شبیه‌سازی که در نمودارها قابل مشاهده است صحت مدل طراحی شده را تأیید نمود.

در مدل کارفرما-کارگزار فرض‌ها و پارامترهای اصلی از جمله، یارانه تشویقی، سطح اقدامات بهینه و درآمد مورد انتظار مدیریت معرفی شد. از طرفی پارامترهای فرعی مثل بلوغ فناوری بلاک‌چین، ضریب ریسک‌گریزی و ... نیز معرفی شد. حال در قسمت نتایج رابطه پارامترهای اصلی با برخی از پارامترهای فرعی در محیط‌های اطلاعاتی متقارن و نامتقارن ذکر می‌گردد. تحت محیط اطلاعاتی متقارن، با محدودیت بیشینه‌سازی بازده مورد انتظار همه طرفین، یارانه تشویقی تحت سازوکار تشویقی سازگار رابطه مثبتی با بلوغ فناوری بلاک‌چین و قابلیت عملیاتی شرکت‌های کوچک و متوسط و رابطه منفی با ضریب سطح اقدامات، ضریب ریسک‌گریزی مطلق و عدم قطعیت خارجی این شرکت‌ها دارد. سطح اقدامات بهینه شرکت‌های کوچک و متوسط که سازوکار سازگاری تشویقی را فراهم می‌نماید رابطه مثبتی با ظرفیت عملیاتی آن‌ها و بلوغ فناوری بلاک‌چین و رابطه منفی با ضریب سطح اقدامات، ضریب ریسک‌گریزی مطلق و عدم قطعیت خارجی دارد. همچنین درآمد مورد انتظار مدیریت اطلاعات مبتنی بر فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا که سازوکار سازگاری تشویقی را برآورده می‌کند، رابطه مثبتی با بلوغ فناوری بلاک‌چین، سودآوری کارگزار و سود خالص دریافتی کارفرما دارد. تحت محیط اطلاعاتی نامتقارن یارانه تشویقی متفاوت مؤثرتر از یارانه تشویقی یکسان در شرکت‌های کوچک و متوسط متمایز با قابلیت‌های عملیاتی متفاوت و ارائه گر مشوق‌های مختلف برای این شرکت‌هاست. میزان یارانه تحت یارانه تشویقی یکسان و سطح اقدامات شرکت‌های کوچک و متوسط هر دو رابطه مثبتی با توانایی عملیاتی این شرکت‌ها داشته اما نمی‌توانند مشوق متفاوتی را برای شرکت‌های کوچک و متوسط با توانایی عملیاتی متفاوت فراهم کنند. میزان یارانه تحت یارانه تشویقی متفاوت با افزایش سطح اقدامات و سودآوری کاهش یافته و با افزایش بلوغ فناوری بلاک‌چین، افزایش یافته و سطح اقدامات شرکت‌های کوچک و متوسط در سناریوی مشوق متفاوت نیز با ظرفیت عملیاتی این شرکت‌ها همبستگی مثبتی دارد. با این حال در مقاله حاضر، مسائل حقوقی (مانند اعتبار قانونی اثبات توکن‌های دارایی، خود قراردادهای هوشمند) که مانع پذیرش گسترده فناوری بلاک‌چین در تأمین مالی زنجیره تأمین می‌شوند، مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده به بررسی الزامات حوزه‌های مالی و قضایی پرداخت که از طریق آن کسب‌وکار تأمین مالی زنجیره تأمین تحت تاثیر فناوری بلاک‌چین بیشتر بررسی و بر فرصت‌های ارائه شده توسط فناوری بلاک‌چین تأکید شود.

## منابع

- آرامش، حامد. و کشاورز، سهیلا. (۱۳۹۷). عوامل کلیدی موفقیت شرکت‌های مستقر در مرکز رشد دانشگاه سیستان و بلوچستان. نشریه پژوهش‌های مدیریت عمومی، ۱۱(۴۲)، ۱۵۵-۱۷۷.
- اسماعیلی بهبهانی، انیس. و استخریان حقیقی، امیررضا. (۱۴۰۱). مروری بر نقش تجارت الکترونیک در مدیریت زنجیره تأمین. همایش مدیریت و تجارت الکترونیک، دوره ۳؛ ۱۴۰۱/۰۴/۳۰ تا ۱۴۰۱/۰۴/۳۰، تهران، ۹۸-۱۰۱.
- ایران‌منش، محمد، معروف‌خانی، پریسا، اسدی، شهلا، قباخلو، مرتضی، دیویدی، یوگش کا. و لانگ تسنگ، مینگ. (۱۴۰۱). اثرات شفافیت زنجیره تأمین، هم‌سویی، سازگاری و چابکی بر پذیرش بلاک‌چین در زنجیره تأمین شرکت‌های کوچک و متوسط. مجله کامپیوترها و مهندسی صنایع، (۱۷۶)، ۷۵-۸۷.
- ایزدی، سید کامیار. و شریف خطیبی، زهرا. (۱۳۹۹). بلاک‌چین و کاربرد آن در ذخیره اطلاعات بعنوان پایگاه داده توزیع شده امن. فصل‌نامه اطلاعات و ارتباطات انتظامی، ۱(۲)، ۸۵-۱۰۶.
- بهرام‌پور، سحر، موحدی، زهرا. و کیهانی‌پور، امیرحسین. (۱۴۰۰). بهبود عملکرد سیستم‌های توصیه‌گر مبتنی بر بلاک‌چین. کنفرانس بین‌المللی وب پژوهی، دوره ۷، تهران.
- جهان‌گشته، اسماعیل، قادری، اصغر، دانش‌نیا، علی. و نجاری، جواد. (۱۴۰۱). امنیت و حریم خصوصی در اینترنت اشیا. همایش مطالعات بین‌رشته‌ای در مدیریت و مهندسی، دوره ۵، ۱۴۰۱/۰۴/۱۴ تا ۱۴۰۱/۰۴/۱۴، تهران.

- خرمی، امیر. و آذر، عادل. (۱۴۰۰). طراحی مدل چابکی زنجیره تامین در صنعت دارو با رویکرد مدل سازی ساختاری تفسیری (ISM). نشریه پژوهش‌های مدیریت عمومی، ۱۴(۵۳)، ۲۹-۶۳.
- سایت اخبار فناوری‌های جدید و آموزش. (۱۴۰۲). اینترنت اشیا چیست؟ از تاریخچه تا انواع کاربرد آن. برگرفته از: [www.Zoomit.ir](http://www.Zoomit.ir).
- صیادی، محمدکاظم، صفری، احرام. و قبادی‌پویا، سهیلا. (۱۴۰۱). اولویت‌بندی کاربردهای اینترنت اشیا در مدیریت زنجیره تامین با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره و تحلیل مضمون. پژوهش‌نامه پردازش و مدیریت اطلاعات، ۳۷(۳)، ۷۲۱-۷۴۸.
- طالقانی، عطااله. و طالقانی، محمد. (۱۳۹۶). تامین مالی زنجیره تامین SCF بعنوان روش نوین تامین مالی بنگاه‌های کوچک و متوسط. کنفرانس ملی مطالعات نوین مدیریت در ایران، دوره ۱، کرج.
- عبدی، سعید. (۱۳۹۹). راهکارهای تامین مالی زنجیره تامین؛ مفاهیم و مدل‌ها. کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مدیریت، حسابداری و اقتصاد سالم در بورس، بیمه و بانک، دوره ۶، تهران.
- گلایی، امیرمحمد، یدالهی فارسی، جهانگیر. و عزیزی، مریم. (۱۴۰۰). شناسایی و الویت‌بندی عوامل کلیدی موفقیت مدل کسب و کار. نشریه پژوهش‌های مدیریت عمومی، ۱۴(۵۴)، ۶۱-۸۴.
- مرادی، حمید، خاتمی فیروزآبادی، سیدمحمدعلی. و فیضی، کامران. (۱۳۹۸). ارائه یک مدل تامین مالی برای شرکت‌های کوچک و متوسط در زنجیره تامین. نشریه مدیریت نوآوری، ۹(۳)، ۱۳۹-۱۶۹.
- محمدی، احمد. (۱۴۰۰). بررسی ادغام کاربردی بلاکچین و نقش آن در حوزه اینترنت اشیا. نشریه نوآوری‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی، ۱(۱)، ۱-۲۵.
- یزدان‌بخش، انوشه. و فتحی هفشجانی، کیامرث. (۱۴۰۰). ارائه مدل امنیت اطلاعات بر بستر اینترنت اشیا. مجله مدیریت و حسابداری در هزاره سوم، ۱۱(۱)، ۲۳۵-۲۴۹.
- Azrou, M., Mabrouki, J., Guezzaz, A., & Farhaoui, Y. (2021). New Enhanced Authentication Protocol for Internet of Things. *Journal of the Big Data Mining and Analytics*, 4(1), 1-9.
- Berger, A. N., & Udell, G. F. (2006). A More Complete Conceptual Framework for SME Finance. *Journal of Bank Finance*, 30(11), 2945-2966.
- Basu, P., & Nair, S. (2012). Supply Chain Finance Enabled Early Pay: Unlocking Trapped Value in B2B Logistics. *International Journal of Logistic. System and Management*, 12(3), 334-353.
- Banerjee, A. (2018). Blockchain Technology: Supply Chain Insights from ERP. *Advances in Computers*, 111, 69-98.
- Calero, C., Mancebo, J., Garcia, F., Moraga, M. A., Berna, J. A. G., Fernandez-aleman, J. L., & Toval, A. (2020). 5Ws of Green and Sustainable Software. *Tsinghua Science and Technology*, 25(3), 401-414.
- Christidis, K., & Devetsikiotis., M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things, *IEEE Access* 4, 2292-2303.
- Du, M., Chen, Q., Xiao, J., Yang, H., & Ma, X. (2002). Supply Chain Finance Innovation Using Blockchain. *IEEE Transactions. Engineering and Management*, 67(4), 1045-1058.
- Deng, R., & Chuen, D. (2017). *Handbook of Blockchain, Digital Finance, and Inclusion*. EBook ISBN: 9780128123003, China: AP Publications.
- Eyal, I. (2017). Blockchain Technology: Transforming Libertarian Cryptocurrency Dreams to Finance and Banking Realities. *Computer*, 50(9), 38-49.
- Gottlieb, D., & Moreira, H. (2022). Simple Contracts with Adverse Selection and Moral Hazard. *Journal of Econometric Society Social*, 17(3), 1357-1401.
- Hofmann, E. (2005). *Supply Chain Finance: Interorganizational Operations Management*. Germany: Springer Gabler.
- Hofmann, E., Strewe, U. M., & Bosia, N. (2017). *Supply Chain Finance and Blockchain Technology*. Germany: Springer Briefs in Finance.
- Hartley, W. (2000). Supply Chain Finance System and Method. *Patent and Trademark Office, Washington DC*, 1-14.
- Jia, F., Blome, C., Sun, H., Yang, Y., & Zhi, B. (2020). Toward an Integrated Conceptual Framework of Supply Chain Finance: An Information Processing Perspective. *International Journal of Production Economics*, 219, 18-30.

- Li, Z., Guo, H., Wang, W. M., Guan, Y., Ali, V. B., Huang, G. Q., McFall, K. S., & Chen, X. (2019) A Blockchain and AutoML Approach for Open and Automated Customer Service. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(6), 3642-3651.
- Lamoureux, M. (2008). A Supply Chain Finance Prime. Retrieved from: [www.esourcingwiki.com](http://www.esourcingwiki.com).
- Leora, K. (2004). The Role of "Reverse Factorin" in Supplier Financing of Small and Medium Sized Enterprise. *World Bank*, 102-103.
- Mabrouki, J., Azrou, M., Fattah, G., Dhiba, D., & Hajjaji, S. E. (2021). Intelligent Monitoring System for Biogas Detection Based on the Internet of Things: Mohammedia, Morocco City Landfill Case. *Big Data Mining and Analytics*, 4(1), 10-17.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronics Cash System*. Retrieved from: [www.bitcoin.org](http://www.bitcoin.org).
- Prakash, R., Anoop, V. S., & Ashraf, S. (2022). Blockchain Technology for Cybersecurity: A Text Mining Literature Analysis. *International Journal of Information Management Data Insights*, 2(2), 90-112.
- Sangpech, P., & Ueasang Komsate, P. (2022). Supply Chain Management and The Circular Economy: A Review of Current Research and Future Trends. *IEEE Publishing*, Thailand, 13-28.
- Seebacher, S., & Schuritz, R. (2017). Blockchain Technology as an Enabler of Service Systems: A Structured Literatyre Review. *8th International Conference on Exploring Service Science*, Italy, 12-23.
- Salah, K., Nizamuddin, N., Jayaraman, R., Omar, M. (2019). Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain. *IEEE Access*, Vol:7, 73295-73305.
- Shuani Ren, Y., Quan Ma, CH., & Ran Wang, Y. (2023). Sustainable Finance and Blockchain: A Systematic Review and Research Agenda. *Research in International Business and Finance*, 64, 101-117.
- Treleaven, P., Brown, R. G., & Yang, D. (2017). Blockchain Technology in Finance. *Computer* 50(9), 14-17.
- Timme, G. (2000). Supply Chain Management Review. *The Financial- SCM Connection*, 4(2), 33-40.
- Tan, X., Zhang, J., Qin, Z., Ding, Y., Wang, X. (2021). A PUF-Based and Cloudassisted Lightweight Authentication for Multi-Hop Body Area Network. *Tsinghua Science and Technology*, 26(1), 36-47.
- Wei, S., Jing, L., Dong, L., Feng, G., Peng, L. (2004). Business Models and Solution Architectures for SMB Financing in A Supply Chain Ecosystem. *IEEE International Conference On E-Commerce Technology for Dynamic, EBusiness*, 130-133.
- Yan, K., Ji, Z., Jin, Q., & Wang, Q. G. (2021). Guest Editorial: Machine Learning for AI-Enhanced Healthcare and Medical Services: New Development and Promising Solution. *IEEE ACM Transactions, Computers, Biology, Bioinformatics*, 18(3), 850-851.
- Yan, K., Huang, J., Shen, W., & Ji, Z. (2020). Unsupervised Learning for Fault Detection and Diagnosis of Air Handling Units. *Energy and Buildings*, 210, 109-126.
- Zhang, W., Chen, X., & Jiang, J. (2021). A Multi-Objective Optimization Method of Initial Virtual Machine Fault-Tolerant Placement for Star Topological Data Centers of Cloud Systems. *Tsinghua Science and Technology*, 26(1), 95-111.
- Zhou, X., Liang, W., Shimizu, S., Ma, J., & Jin, Q. (2021). Siamese Neural Network Based Few-Shot Learning for Anomaly Detection in Industrial Cyber-Physical Systems. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(8), 5790-5798.

