



## Analysis and Prioritization of Key Blockchain Capabilities to Achieve Sustainable Development Goals in the Banking Supply Chain (Case study: Saderat Bank of Mazandaran Province)

Masoumeh Khazar<sup>1</sup>, Abdolhamid Safaei Ghadikolai<sup>2</sup>, Saber Khalili Esbouei<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Master's student in Industrial Management, Production and Operations, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran Babolsar, Babolsar, Iran. Email Address: masoume74.khazar@gmail.com

<sup>2</sup>Correspondence: Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran Babolsar, Babolsar, Iran. Email Address: r.kamranrad@semnan.ac.ir

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Babolsar, Iran. Email Address: s.khalili@umz.ac.ir

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Article Type: Research paper

Received: 2 September 2025

Received in revised form: 22 November 2025

Accepted: 16 December 2025

Available online: 19 February 2026

#### Keywords:

Blockchain

Sustainable Development

Banking Supply Chain

Fuzzy Delphi

Fermatean Fuzzy Weighted Influence

Non-linear Gauge System (FF-WINGS)

### ABSTRACT

This research aims to identify and prioritize Blockchain technology capabilities toward achieving Sustainable Development Goals (SDGs) in the banking supply chain sector. To this end, a mixed-methods approach was adopted, beginning with a systematic literature review (analyzing 337 selected articles from the Scopus database) and expert interviews to initially extract 19 capabilities across six dimensions: technological-operational, fundamental-resultant, organizational-cultural, economic, environmental, and social. These factors were then screened using the Fuzzy Delphi technique with the participation of five senior banking managers and experts, resulting in the confirmation of 15 final capabilities. Subsequently, the novel Fermatean Fuzzy Weighted Influence Non-linear Gauge System (FF-WINGS) method was employed to analyze the causal-effect relationships and determine the weight of each capability, given its ability to model verbal uncertainties and non-linear interactions. The findings show that "Privacy and Security" and "Economic and Financial Capability" are the most influential (causal) factors in the system. Regarding overall importance, the "Cost Savings" capability holds the highest significance in the banking supply chain network, followed by "Minimizing the Role of Intermediaries" and "Transparency." The results suggest that successful Blockchain implementation in Iranian banking necessitates a primary focus on security infrastructure and the reduction of operational costs.

**Cite this article:** M. Khazar, A. Safaei Ghadikolai, and S. Khalili Esbouei, "Analysis and Prioritization of Key Blockchain Capabilities to Achieve Sustainable Development Goals in the Banking Supply Chain (Case study: Saderat Bank of Mazandaran Province)," *Journal of Supply Chain Management*, vol. 27, no. 4, pp. 71-100, 2026. DOI: <https://doi.org/10.47176/scmj.2026.1661>



© Author(s) retain the copyright and full publishing rights  
Publisher: Imam Hossein University

## Introduction

In the era of Industry 4.0, technologies such as blockchain are fundamentally reshaping supply chain systems, particularly within the financial and banking sectors. Sustainable development has emerged as a critical necessity alongside these technological advancements, ensuring the long-term survival of organizations. The banking sector, acting as a primary driver of economic growth, can significantly accelerate this trajectory by adopting blockchain technology. This technology, characterized by decentralization, transparency, and immutability, holds the potential to transform traditional banking business models. Specifically, blockchain contributes to sustainability goals by enhancing transparency, reducing fraud, and facilitating financial inclusion for underserved populations.

Despite the growing body of literature on blockchain, a significant research gap exists regarding the causal relationships and internal dynamics of blockchain capabilities within the specific context of the Iranian banking industry. Most existing studies have focused on simple prioritization, often overlooking the non-linear and reciprocal effects of these factors. This study aims to fill this gap by identifying key blockchain capabilities and analyzing their structural relationships to achieve Sustainable Development Goals (SDGs) in the banking supply chain, specifically within Saderat Bank of Mazandaran Province.

## Research Objectives and Questions

The research addresses three primary questions:

1. What are the key and effective blockchain capabilities for achieving SDGs in the banking supply chain?
2. What are the structural relationships among these capabilities?
3. How are these capabilities prioritized in terms of importance?

## Methodology

This study employs a hybrid developmental and applied research design. The methodology consists of three main phases:

**1. Identification of Factors:** A systematic literature review was conducted using the Scopus database, reviewing 337 selected articles to extract 19 initial blockchain capabilities across six dimensions: technological, operational, fundamental/consequential, organizational/cultural, economic, and environmental/social.

**2. Screening (Fuzzy Delphi):** To localize the capabilities for the Iranian banking context, a Fuzzy Delphi method was utilized with a panel of 5 experts, including senior banking managers and IT specialists. Through two rounds of questionnaires, the factors were screened, resulting in 15 confirmed final capabilities.

**3. Causal Analysis (FF-WINGS):** The Fermatean Fuzzy Weighted Influence Nonlinear Gauge System (FF-WINGS) was applied to analyze the causal relationships and weight of each factor. This advanced technique was chosen for its superior ability to model verbal uncertainties and non-linear relationships compared to traditional linear methods like DEMATEL.

## Findings

The screening process confirmed 15 key capabilities, coded as CF1 to CF15. These included factors such as "Privacy and Security" (CF3), "Trust" (CF4), "Transparency" (CF5), "Cost Saving" (CF12), and "Minimizing the Role of Intermediaries" (CF14).

The FF-WINGS analysis provided a detailed "Total Relation Matrix" and ranking based on influence (R-C) and importance (R+C). The key findings are as follows:

- **Causal Factors (Drivers):** The analysis revealed that "Privacy and Security" (CF3) and "Economic and Financial Capability" (CF11) are the most influential causal factors. These variables are located in the "Cause" group (positive R-C), meaning they drive the system and influence other capabilities. Specifically, CF3 had a high net influence value, indicating that establishing a secure infrastructure is the foundational step for blockchain adoption.

- **Effect Factors (Receivers):** "Cost Saving" (CF12) and "Minimizing the Role of Intermediaries" (CF14) were identified as the most significant "Effect" variables. This implies that these outcomes are realized *as a result* of implementing the foundational causal factors.

- **Importance:** In terms of overall importance (R+C), "Cost Saving" (CF12) ranked first, followed by "Minimizing the Role of Intermediaries" (CF14) and "Transparency" (CF5). This highlights that while security is the *driver*, the primary value proposition perceived by the banking supply chain is economic efficiency and transparency.

## Discussion

The results demonstrate that blockchain is not merely a technical upgrade but a strategic enabler for sustainability. The prominence of "Privacy and Security" (CF3) as a root cause aligns with the banking sector's inherent need for trust and data protection. By securing the network, banks can enable "Transparency" (CF5), which subsequently builds "Trust" (CF4) among stakeholders. Furthermore, the structural analysis shows that "Economic and Financial Capabilities" (CF11) directly influence "Cost Savings" (CF12). By automating processes via smart contracts and removing intermediaries (CF14), banks can achieve significant operational efficiency, directly contributing to the economic dimensions of SDGs. The FF-WINGS method successfully highlighted these non-linear dependencies, showing that "Innovation" (CF9) and "Social Responsibility" (CF15) are largely outcomes that depend on the successful establishment of the core technical and economic pillars.

## Conclusions and Implications

This research successfully identified and prioritized the blockchain capabilities necessary for achieving sustainable development in the Iranian banking sector. The study concludes that for the successful implementation of blockchain in Saderat Bank, resources must first be allocated to strengthening **security infrastructures (CF3)** and **economic capabilities (CF11)**. These are the engines that drive the system.

### Implications for Management:

- 1. Prioritize Indigenous Security:** Given the sensitivity of financial data, banks should focus on private or consortium blockchains rather than public ones to ensure privacy and security (CF3).
- 2. Operational Efficiency:** Managers should leverage smart contracts to automate foreign exchange commitments and supply chain tracking. This directly utilizes the "Transparency" (CF5) capability to reduce fraud and "Minimize Intermediaries" (CF14), leading to the highly desired "Cost Savings" (CF12).
- 3. Education and Culture:** Since "Training" (CF8) was identified as a factor, banks must invest in educating middle managers to distinguish between cryptocurrencies and the underlying blockchain technology to foster organizational acceptance.

By focusing on these prioritized areas, the banking supply chain can move beyond theoretical discussions of sustainability and achieve tangible results in efficiency, transparency, and economic growth. Future research is recommended to apply this model to a broader range of banks and incorporate longitudinal data to validate the long-term impacts of these capabilities.

## تحلیل و اولویت‌بندی قابلیت‌های کلیدی بلاکچین برای تحقق اهداف توسعه‌پایدار در زنجیره‌تأمین

### بانکی (مورد مطالعه: بانک صادرات استان مازندران)

معصومه خزر<sup>۱</sup>، عبدالحمید صفایی قادیکلانی<sup>۲\*</sup>، صابر خلیلی اسبوئی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی‌ارشد مدیریت صنعتی، تولید و عملیات، دانشکده علوم اقتصادی واداری، دانشگاه مازندران بابلسر، بابلسر، ایران.

رایانامه: masoume74.khazar@gmail.com

<sup>۲</sup> آستاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی واداری، دانشگاه مازندران بابلسر، بابلسر، ایران (نویسنده مسئول). رایانامه: ab.safaei@umz.ac.ir

<sup>۳</sup> آستادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی واداری، دانشگاه مازندران بابلسر، بابلسر، ایران. رایانامه: s.khalili@umz.ac.ir

#### مشخصات مقاله

#### چکیده

##### تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: علمی پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۱

بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

ارائه آنلاین: ۱۴۰۴/۱۱/۳۰

##### کلیدواژه‌ها:

بلاکچین

توسعه پایدار

زنجیره تأمین بانکی

دلفی فازی

سیستم اندازه‌گیری غیرخطی تأثیر

وزنی فرمتین (FF-WINGS)

این پژوهش با هدف شناسایی و اولویت‌بندی قابلیت‌های فناوری بلاکچین در راستای دستیابی به اهداف توسعه‌پایدار در زنجیره‌تأمین بخش بانکی انجام شده است. بدین منظور، با اتخاذ رویکردی ترکیبی و با مرور نظام‌مند ادبیات (بررسی ۳۳۷ مقاله منتخب در پایگاه Scopus و مصاحبه با خبرگان)، ابتدا ۱۹ قابلیت اولیه در شش بعد فناوری- عملیاتی، بنیادی- نتیجه‌ای، سازمانی- فرهنگی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی استخراج گردید. سپس با استفاده از روش دلفی فازی (Fuzzy Delphi) و مشارکت ۵ نفر از مدیران ارشد و خبرگان بانکی، عوامل غربال‌گری شده و ۱۵ قابلیت نهایی تأیید شدند. در مرحله بعد، برای تحلیل روابط علی و معلولی و تعیین وزن هر قابلیت، از روش نوین "سیستم اندازه‌گیری غیرخطی تأثیر وزنی فرمتین (FF-WINGS)" استفاده شد که توانایی مدل‌سازی عدم قطعیت‌های کلامی و روابط غیرخطی را دارد. یافته‌ها نشان داد که قابلیت «حریم خصوصی و امنیت» و «توانمندی اقتصادی و مالی» تأثیرگذارترین (علی‌ترین) عوامل هستند. همچنین از منظر اهمیت کل، قابلیت «صرفه‌جویی در هزینه‌ها» بیشترین اهمیت را در شبکه زنجیره تأمین بانکی دارد و پس از آن «به حداقل رساندن نقش واسطه‌ها» و «شفافیت» قرار دارند. نتایج حاکی از آن است که برای پیاده‌سازی موفق بلاکچین در بانکداری ایران، تمرکز بر زیرساخت‌های امنیتی و کاهش هزینه‌های عملیاتی اولویت دارد.

**استناد:** خزر، معصومه، صفایی قادیکلانی، عبدالحمید، خلیلی اسبوئی، صابر، "تحلیل و اولویت‌بندی قابلیت‌های کلیدی بلاکچین برای

تحقق اهداف توسعه‌پایدار در زنجیره‌تأمین بانکی (مورد مطالعه: بانک صادرات استان مازندران)"، نشریه مدیریت زنجیره‌تأمین، دوره ۲۷،

شماره ۴، صفحات ۷۱-۱۰۰، ۱۴۰۴. DOI: <https://doi.org/10.47176/scmj.2026.1661>

© نویسنده(گان) حق نشر و حقوق کامل انتشار را برای خود محفوظ می‌دارند.



ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع). OPEN ACCESS

## ۱- مقدمه

های کسب و کار سنتی دارد، بانک‌ها با استفاده از بلاکچین از طریق ایجاد یک کسب و کار نوآورانه قادر به کسب مزیت‌های رقابتی بیشتر با استفاده از تقلیل هزینه‌های فعالیت و بکارگیری سرعت، امنیت، قابلیت ردیابی و شفافیت به کمک بکارگیری پلتفرم‌های پیشرفته در فناوری خواهند بود [۷]، [۸] و [۱۰].

با وجود مطالعات متعدد در زمینه بلاکچین، شکاف پژوهشی عمده‌ای در درک "روابط علی و معلولی" و "پویایی‌های درونی" قابلیت‌های این فناوری در بافت خاص بانکداری ایران وجود دارد. اکثر پژوهش‌ها به اولویت‌بندی ساده پرداخته‌اند و از تأثیرات متقابل و غیرخطی عوامل غافل بوده‌اند. این پژوهش با استفاده از تکنیک پیشرفته FF-WINGS تلاش دارد تا نه تنها قابلیت‌های کلیدی را شناسایی کند، بلکه نحوه اثرگذاری آنها بر یکدیگر را در جهت تحقق اهداف توسعه پایدار (SDGs) در بانک صادرات تبیین نماید.

این پژوهش با پرداختن به سؤالات پژوهشی زیر به دنبال پر کردن این شکاف است:

قابلیت‌های کلیدی و موثر بلاکچین برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در زنجیره تأمین بخش بانکی (مطالعه موردی: بانک صادرات استان مازندران) چه می‌باشد؟

روابط ساختاری قابلیت‌های کلیدی و موثر بلاکچین برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در زنجیره تأمین بخش بانکی کدام است؟ اهمیت هر یک از قابلیت‌های کلیدی و موثر بلاکچین برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در زنجیره تأمین بخش بانکی چگونه است؟

ادامه مقاله به شکل زیرساختار بندی شده است در بخش دوم مرور مبانی نظری و در بخش سوم پیشینه‌های مرتبط با موضوع تحقیق مرور شدند. بخش چهارم به معرفی روش تحقیق و بخش پنجم به تحلیل و واکاوی یافته‌های پژوهش پرداخته است و در بخش پایانی یک جمع‌بندی کلی از پژوهش انجام شده، آمده است.

## ۲- مبانی نظری پژوهش

## ۲-۱- بلاکچین

بلاکچین یک دفتر کل توزیع شده است که داده‌های تراکنش‌ها را به صورت امن و تغییرناپذیر ثبت می‌کند. در زنجیره تأمین بانکی، این فناوری با حذف واسطه‌ها، کاهش هزینه‌های تراکنش و افزایش سرعت تسویه، کارایی را بهبود می‌بخشد [۴]. قراردادهای هوشمند (Smart Contracts) امکان اجرای خودکار توافقات مالی را فراهم

فناوری‌های صنعت نسل چهارم (Industry 4.0) از طریق پشتیبانی از سیستم‌های زنجیره تأمین، مالی و صنعتی، تأثیرات قابل ملاحظه‌ای در جامعه بر جای می‌گذارند [۱]. توسعه پایدار نیز در کنار این فناوری‌ها، بقای بلندمدت سازمان‌ها را تضمین کرده و اهداف گسترده‌تری را پوشش می‌دهد. تعیین رابطه بین این دو، ماهیتی پیچیده دارد و نیازمند روش‌های ارزیابی معتبر برای تصمیم‌گیری مدیران است [۲]. بخش مالی پایدار، کلید رشد اقتصادی است و پذیرش فناوری بلاکچین می‌تواند به این رشد شتاب دهد. بلاکچین با ویژگی‌هایی همچون تمرکززدایی، شفافیت و تغییرناپذیری، پتانسیل تحول در مدل‌های کسب و کار سنتی بانک‌ها را دارد [۳]. با تجزیه و تحلیل پیوند بین بلاکچین و اهداف توسعه پایدار، بیشترین توجه مربوط به تأثیر بلاکچین بر انرژی مقرون به صرفه و پاک که از اهداف توسعه پایدار است می‌باشد. بلاکچین می‌تواند از توسعه انرژی جایگزین پشتیبانی کند و از قراردادهای هوشمند برای تبادل قیمت انرژی استفاده کند. استفاده از بلاکچین همچنین می‌تواند تأثیر مثبتی بر اقدام اقلیمی اهداف توسعه پایدار داشته باشد و فرصتی برای تبادل انتشار کربن می‌دهد. علاوه بر این، محققان تأیید می‌کنند که بلاکچین برای فعال کردن ردیابی در زنجیره تأمین نیز استفاده می‌شود [۴]. توسعه بلاکچین به عنوان یک توانمندی ممکن است چندین مزیت برای یک سازمان داشته باشد: به دلیل پاسخ سریع به هر تراکنش کارایی را بهبود می‌بخشد، انجام معاملات و تراکنش‌ها سریع‌تر صورت می‌گیرد، در زمان تراکنش و هزینه عملیاتی صرفه جویی می‌شود، تسویه و پرداخت سریع‌تر و بدون دخالت شخص ثالث انجام می‌گیرد، افزایش اعتماد شخص ثالث با استفاده از رمزنگاری باعث شفافیت اطلاعات در هر دو طرف می‌شود [۷-۵]. بخش بانکی همیشه اولین محرک در کاوش منظم، نوآوری و ارتقاء فناوری‌ها برای ارتقای تجربه مشتری، حذف فرآیندهای منابع فشرده عملیات خود بوده است، امروزه بررسی کاربردهای فناوری بلاکچین در صنعت بانکداری می‌تواند ثابت کند که بازی در دنیای مالی در حال تغییر جدی است. ایده بلاکچین دنیای فناوری اطلاعات و زنجیره تأمین را هیجان زده کرده است [۹-۸]. برای سازمان‌های مانند بانک‌ها بسیار مهم است که قابلیت‌هایی را توسعه دهند که باعث ایجاد اعتماد در بین مردم و شکوفا شدن تعالی عملیاتی شود. بلاکچین قابلیت‌ها بسیار زیادی برای تغییر مدل

در بلاکچین عمومی، هیچ نهاد مرکزی وجود ندارد و همه کاربران در فرآیند تأیید تراکنش‌ها مشارکت می‌کنند.

بلاکچین خصوصی<sup>۲</sup>: در این نوع بلاکچین، دسترسی به اطلاعات محدود به گروه خاصی از کاربران است. این نوع بلاکچین معمولاً توسط سازمان‌ها و شرکت‌ها برای مدیریت داده‌های داخلی و بهبود فرآیندهای تجاری استفاده می‌شود. در بلاکچین خصوصی، یک نهاد مرکزی وجود دارد که کنترل و مدیریت شبکه را بر عهده دارد.

بلاکچین کنسرسیومی<sup>۳</sup>: این نوع بلاکچین ترکیبی از ویژگی‌های بلاکچین عمومی و خصوصی است. در بلاکچین کنسرسیومی، گروهی از سازمان‌ها به صورت مشترک شبکه را مدیریت می‌کنند و دسترسی به اطلاعات برای اعضای این گروه فراهم است. این نوع بلاکچین معمولاً در صنایع خاصی مانند بانکداری و تأمین زنجیره استفاده می‌شود. این تقسیم‌بندی‌ها به کاربران و سازمان‌ها این امکان را می‌دهد که با توجه به نیازهای خاص خود، نوع مناسب بلاکچین را انتخاب کنند و از مزایای آن بهره‌برداری کنند [۱۶]. فناوری بلاکچین به عنوان یک دفتر کل توزیع شده و غیرمتمرکز، قابلیت‌های کلیدی متعددی دارد که شامل افزایش شفافیت در اشتراک‌گذاری اطلاعات به صورت غیرقابل تغییر و در زمان واقعی [۱۷] و [۱۹-۵]. تغییرناپذیری داده‌ها برای جلوگیری از دستکاری و تقلب [۲۰]، [۲۱]. امنیت بالا با استفاده از رمزنگاری پیشرفته و ساختار غیرمتمرکز [۸]، [۲۱]، [۲۲]. قابلیت ردیابی دقیق محصولات یا تراکنش‌ها از مبدأ تا مقصد [۹]، [۲۳]، قراردادهای هوشمند برای اجرای خودکار توافق‌نامه‌ها [۸]، [۲۲]، کاهش هزینه‌ها با حذف واسطه‌ها و خودکارسازی فرآیندها [۵]، [۶]، [۲۲]، [۲۴]، صرفه‌جویی در هزینه‌ها از طریق ارائه داده‌های دقیق [۹] و غیرمتمرکز بودن برای افزایش مقاومت در برابر خرابی [۸]، [۹]، تأییدپذیری و پاسخگویی با الگوریتم‌های اجماع [۲۱] و تسهیل همکاری با ایجاد پلتفرم مشترک برای هماهنگی بین ذینفعان می‌شود [۹]، [۱۷].

## ۲-۲- بلاکچین در توسعه پایدار

فناوری بلاکچین نقش مهمی در تحقق اهداف توسعه پایدار ایفا می‌کند، زیرا قابلیت‌های کلیدی آن به بهبود شفافیت، کارایی و اعتماد در فرآیندهای مختلف کمک می‌کند و با ابعاد اقتصادی،

کرده و خطر خطای انسانی و تقلب را کاهش می‌دهند [۵]. بلاکچین فناوری جدیدی است که در بخش‌های مختلف باعث افزایش بهره‌وری می‌گردد، این فناوری، یک دفتر دیجیتالی رمزگذاری شده است که داده‌های معامله را در یک دفتر کل غیرمتمرکز ذخیره می‌سازد. این بلوک‌ها به منظور ایجاد یک زنجیره تغییرناپذیر، به ترتیب زمانی به یکدیگر اضافه شده و این زنجیره بین همه افراد شرکت‌ها کننده به اشتراک گذاشته می‌شود. چنین معماری مزایایی مانند بهبود قابلیت ردیابی و افزایش اعتماد در یک زنجیره تأمین را به همراه دارد. بلاکچین در واقع می‌تواند اتکا به شخص ثالث را با شبکه‌های هم‌تا به هم‌تا کاهش دهد و به منظور کاهش کلاهبرداری، اطلاعات را به صورت تغییرناپذیر در دسترس همه شرکت‌کنندگان قرار می‌دهد [۱۱]، [۱۲]. تا به امروز، محاسبات بلاکچین طی ۴ مرحله تکامل یافته است. بلاکچین ۱،۰ یک فناوری برای برنامه‌نویسی ارز دیجیتال بود. اولین کاربرد ارز دیجیتال بلاکچین بیت‌کوین بود [۱۳]. متعاقباً بلاکچین ۲،۰ قراردادهای هوشمند قابل برنامه‌ریزی را معرفی کرد که به هر کسی اجازه می‌دهد یک برنامه را آپلود کند و آن را به طور خودکار از طریق خود محدودسازی و رمزگذاری امنیتی اجرا کند [۱۴]. پس از آن، بلاکچین ۳،۰ پدیدار شد که به حکومت اجتماعی قابل برنامه‌ریزی که به آن جامعه دیجیتال نیز گفته می‌شود اشاره دارد. این نسل بلاکچین می‌تواند شکل‌گیری جوامعی با پایداری بالاتر را تسریع بخشد. در بلندمدت، این امکان وجود دارد که مدل محاسباتی غیرمتمرکز بلاکچین بتواند با ارائه همکاری و حکومت بهتر، جوامع انسانی را به طور کامل اصلاح کند، بلاکچین ۴،۰ نشان دهنده مرحله فعلی و تکامل مداوم بلاکچین است که بر ادغام با سایر فناوری‌ها و صنایع نوظهور تمرکز دارد. هدف آن دستیابی به همگرایی با زمینه‌های مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، کلان داده و موارد دیگر است. بلاکچین ۴،۰ توسعه یک اکوسیستم غیرمتمرکز، ایمن و به هم پیوسته را پیش‌بینی می‌کند که از اعتماد و شفافیت بلاکچین برای ایجاد انقلاب در بخش‌های مختلف استفاده می‌کند [۱۵]. بلاکچین‌ها به طور کلی به سه نوع اصلی تقسیم می‌شوند:

بلاکچین عمومی<sup>۱</sup>: این نوع بلاکچین برای عموم قابل دسترسی است و هر کسی می‌تواند به آن بپیوندد و اطلاعات را مشاهده کند. نمونه‌های معروف این نوع بلاکچین شامل بیت‌کوین و اتریوم هستند.

<sup>2</sup> Private Blockchain

<sup>3</sup> Consortium Blockchain

<sup>1</sup> Public Blockchain

در بهبود زنجیره تأمین بانکی تبدیل شده است که فرآیندهای مالی و تجاری را بهینه‌سازی کرده و کارایی، اعتماد و پایداری را در این حوزه تقویت می‌کند. این فناوری با ایجاد امکان ثبت و ردیابی اطلاعات به صورت شفاف و غیرقابل دستکاری، به بانک‌ها کمک می‌کند تا منشأ محصولات و خدمات را از مبدأ تا مقصد ردیابی کنند و اطمینان حاصل کنند که منابع به صورت پایدار و اخلاقی تأمین شده‌اند، به‌ویژه در تأمین مالی تجارت، جایی که اسناد تجاری مانند فاکتورها و نامه‌های اعتبار به صورت دیجیتال و شفاف مدیریت می‌شوند. این شفافیت نه تنها قلب و کلاهبرداری را کاهش می‌دهد، بلکه اعتماد بین ذینفعان، از جمله تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان را افزایش می‌دهد و به بانک‌ها امکان می‌دهد تا اعتبار خود را در بازار تقویت کنند [۲۲]، [۳۳]. بلاکچین همچنین از طریق قراردادهای هوشمند، که کدهای خوداجرایی هستند، فرآیندهای مالی مانند پرداخت‌ها و تسویه حساب‌ها را خودکار می‌کند و با حذف واسطه‌ها، هزینه‌های عملیاتی و زمان پردازش را به حداقل می‌رساند. برای مثال، در زنجیره تأمین، قرارداد هوشمند می‌تواند پرداخت را به محض تحویل کالا به صورت خودکار انجام دهد، که این امر به بهبود کارایی و کاهش تأخیرها کمک می‌کند. این خودکارسازی به بانک‌ها امکان می‌دهد تا خدمات مالی را با سرعت و هزینه کمتری ارائه دهند، به‌ویژه در معاملات بین‌المللی که معمولاً زمان‌بر و پرهزینه هستند [۳۳]، [۳۴]. علاوه بر این، بلاکچین با ردیابی شفاف جریان‌های مالی، تأمین مالی پروژه‌های پایدار و سبز، مانند پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر یا کشاورزی پایدار را تسهیل می‌کند، که به تحقق اهداف توسعه پایدار کمک کرده و اطمینان می‌دهد که سرمایه‌گذاری‌ها به پروژه‌هایی با استانداردهای زیست‌محیطی و اجتماعی اختصاص می‌یابد [۳۵]، [۳۶]. این فناوری با ایجاد یک دفتر کل مشترک و غیرمتمرکز، همکاری بین بانک‌ها، تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و سایر ذینفعان را تقویت کرده و تبادل امن و سریع اطلاعات را ممکن می‌سازد. این همکاری هماهنگی بین طرفین را بهبود می‌بخشد و به کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری منجر می‌شود. برای مثال، بانک‌ها می‌توانند اطلاعات مربوط به وضعیت موجودی یا تراکنش‌ها را با تأمین‌کنندگان به اشتراک بگذارند، که این امر به بهینه‌سازی فرآیندهای زنجیره تأمین کمک می‌کند [۳۷]. از سوی دیگر، بلاکچین با ثبت دقیق و غیرقابل تغییر اطلاعات، صرفه جویی در هزینه‌های مرتبط با تقلب یا عدم انطباق با استانداردها را تسهیل کرده و به بانک‌ها امکان می‌دهد تا پایبندی به استانداردهای

اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری هم‌راستا می‌شود بلاکچین از طریق شفافیت و قابلیت ردیابی، امکان ثبت و تأیید تراکنش‌ها و داده‌ها را به صورت غیرقابل تغییر فراهم می‌کند، که به کاهش فساد و افزایش اعتماد ذینفعان در زنجیره‌های تأمین و فرآیندهای مالی کمک می‌کند، به‌ویژه در راستای هدف ۱۶ صلح، عدالت و نهادهای قوی توسعه پایدار می‌باشد [۲۷-۲۵]. قابلیت کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی از طریق حذف واسطه‌ها و خودکارسازی فرآیندها با استفاده از قراردادهای هوشمند، به مدیریت مؤثرتر منابع و کاهش هزینه‌های عملیاتی منجر می‌شود، که با هدف ۱۲ مصرف و تولید مسئولانه و هدف ۸ کار شایسته و رشد اقتصادی هم‌خوانی دارد [۲۶]، [۲۸-۲۹]. بلاکچین با تسهیل دسترسی به خدمات مالی برای جمعیت‌های محروم، از طریق انتقال همتا به همتا و کاهش هزینه‌های تراکنش، به هدف ۱ بدون فقر و هدف ۱۰ کاهش نابرابری کمک می‌کند [۲۹]. همچنین، امنیت و حفاظت از داده‌ها با استفاده از رمزنگاری پیشرفته، از دسترسی غیرمجاز جلوگیری کرده و اعتماد به سیستم‌های مالی و هویتی را تقویت می‌کند [۲۰]، [۳۰]. بلاکچین با سهیل همکاری و شراکت‌ها بین ذینفعان مختلف (دولت‌ها، شرکت‌ها و سازمان‌های غیردولتی)، به هدف ۱۷ مشارکت برای اهداف کمک می‌کند [۲۰]، [۳۱]. در حوزه زیست‌محیطی، بلاکچین با ردیابی انتشار کربن، تجارت انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش ناکارآمدی‌های زنجیره تأمین، به هدف ۱۳ اقدامات اقلیمی و هدف ۱۵ زندگی در خشکی کمک می‌کند [۳۲]. با این حال، چالش‌هایی مانند مصرف انرژی بالا و مقیاس‌پذیری باید مدیریت شوند تا اثربخشی بلاکچین در راستای اهداف توسعه پایدار به حداکثر برسد [۳۰]. در مجموع، بلاکچین با ایجاد شفافیت، کاهش هزینه‌ها، افزایش دسترسی به خدمات مالی، تقویت امنیت و سهیل همکاری، به تحقق اهداف توسعه پایدار در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی کمک می‌کند. بلاکچین با ایجاد شفافیت و قابلیت ردیابی، به کاهش فساد و افزایش اعتماد کمک می‌کند (هدف ۱۶ توسعه پایدار). همچنین با تسهیل دسترسی مالی برای اقشار محروم (هدف ۱ و ۱۰) و بهینه‌سازی مصرف منابع و انرژی (هدف ۱۲ و ۱۳)، نقش مهمی در پایداری ایفا می‌کند [۶].

## ۲-۳- بلاکچین در زنجیره تأمین بانکی

فناوری بلاکچین به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود، از جمله شفافیت، غیرمتمرکز بودن و غیرقابل تغییر بودن، به ابزاری کلیدی

دسته‌بندی ویژگی‌های اصلی این فناوری متمرکز است. بر اساس مرور نظام‌مند ادبیات، که در بخش‌های پیشینه پژوهش و یافته‌ها تشریح می‌شود، ۱۹ ویژگی اولیه بلاکچین در شش بعد فناوری- عملیاتی، بنیادی-نتیجه‌ای، سازمانی-فرهنگی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی استخراج شد. این ویژگی‌ها سپس از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان بومی سازی شدند تا با نیازها و ویژگی‌های زنجیره تأمین بانکی ایران، به‌ویژه بانک صادرات استان مازندران، همخوانی داشته باشند.

### ۳- مرور پیشینه پژوهش

به منظور بررسی پیشینه و شناسایی شکاف‌های پژوهشی در حوزه شناسایی قابلیت‌های بلاکچین برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در زنجیره تأمین بخش بانکی جستجوی هدفمند در پایگاه داده Scopus انجام شد. به منظور شناسایی قابلیت‌ها، جستجوی نظام‌مندی در پایگاه Scopus با کلیدواژه‌های "Blockchain", "Banking", "Sustainable Supply Chain" انجام شد. از میان ۷۹۳ مقاله اولیه، پس از غربالگری عنوان و چکیده، ۳۳۷ مقاله مرتبط انتخاب و تحلیل محتوا شدند. جدول (۱) خلاصه برخی پژوهش‌های کلیدی را نشان می‌دهد. با توجه به آنالیزهای انجام شده در پایگاه داده اهمیت موضوعات نزدیک به پژوهش حاضر در سال‌های اخیر قابل توجه بوده است و موضوع مورد بررسی می‌تواند به عنوان یک موضوع مورد توجه در ادبیات مدیریت عملیات مورد بررسی قرار گرفته و به غنای ادبیات پژوهش کمک کند.

زیست‌محیطی و اجتماعی را در زنجیره تأمین تضمین کنند، [۱۲]. [۲۷].

مزایای بلاکچین در زنجیره تأمین بانکی فراتر از کاربردهای عملیاتی است و به ایجاد مزیت رقابتی و حمایت از پایداری کمک می‌کند. شفافیت این فناوری اعتماد مشتریان و ذینفعان را جلب کرده و با کاهش تقلب، اعتبار بانک‌ها را در بازار تقویت می‌کند. کاهش هزینه‌ها و زمان پردازش از طریق خودکارسازی و حذف واسطه‌ها به بانک‌ها امکان می‌دهد تا خدمات مالی را با هزینه کمتر و سرعت بیشتری ارائه دهند، که این امر به‌ویژه در جذب مشتریان جدید و حفظ مشتریان فعلی مؤثر است. بهبود کارایی زنجیره تأمین از طریق بهینه‌سازی فرآیندها و کاهش تأخیرها، سودآوری بانک‌ها را افزایش داده و به آن‌ها کمک می‌کند تا در بازار رقابتی متمایز شوند [۳۴]، [۳۸]. همچنین بلاکچین با پشتیبانی از پروژه‌های پایدار، تأثیرات منفی زیست‌محیطی و اجتماعی را کاهش داده و به اهداف توسعه پایدار، مانند مصرف و تولید مسئولانه و اقدامات اقلیمی، کمک می‌کند. این فناوری با ایجاد محیطی امن و رمزنگاری شده، خطر تقلب و حملات سایبری را به حداقل می‌رساند و با ثبت دقیق اطلاعات، گزارش‌گیری قانونی را آسان‌تر کرده و ریسک‌های قانونی را کاهش می‌دهد [۳۳]، [۳۹]. در نهایت، ارائه خدمات شفاف و پایدار به جذب سرمایه‌گذاران و مشتریانی که به مسئولیت اجتماعی و زیست‌محیطی اهمیت می‌دهند کمک کرده و شهرت بانک‌ها را بهبود می‌بخشد، که این امر به مزیت رقابتی پایدار منجر می‌شود [۴۰]. [۴۱]. با توجه به این مزایا و نقش کلیدی بلاکچین در تقویت پایداری و کارایی زنجیره تأمین بانکی، این پژوهش بر شناسایی و

جدول (۱): خلاصه پژوهش‌های منتخب

نویسندگان	مطالعه موردی	تکنیک	شرح مختصری از موضوع
[۴۲]	مرور متون سیستماتیک و تحلیل کتاب‌سنجی	بررسی ادبیات	این مقاله کاربرد بلاکچین را در بخش مالی با هدف کشف کلمات کلیدی و مضامین مهم در حوزه بلاکچین، چگونگی تکامل آنها و جدیدترین روندهای تحقیقاتی در بلاکچین و کاربردهای آن در بخش مالی مورد بحث قرار می‌دهد
[۴۳]	مطالعه موردی در انگلستان و ایالات متحده آمریکا انجام شده است	مطالعه کیفی	این مقاله تاثیر ارزشهای دیجیتال و فناوری بلاکچین بر بازارهای مالی و سیستم‌های بانکداری سنتی را مورد بحث قرار می‌دهد. هدف این مطالعه درک پویایی‌های ظرفیت، پیامدها و مسیرهای بالقوه آینده این محیط در حال تغییر است. این بررسی می‌کند که چگونه ارزشهای دیجیتال بر بازارهای مالی و سیستم‌های بانکی مرسوم تأثیر می‌گذارند، چگونه فناوری بلاکچین ممکن است در بخش مالی استفاده

جدول (۱): خلاصه پژوهش های منتخب

نویسندگان	مطالعه موردی	تکنیک	شرح مختصری از موضوع	
			شود، و سیاست‌ها و ملاحظات نظارتی را ارزیابی می‌کند.	
[۳۳]	در منطقه ای با شباهت های فرهنگی و یک سیستم مالی و بانکی تلفیقی، به ویژه در اتریش، ایتالیا، فرانسه و آلمان انجام شد	مطالعه کیفی	این مقاله به واسطه‌گری مجدد اکوسیستم دارایی‌های کریپتو توسط بانک‌ها، با تمرکز بر محرک‌های پذیرش دارایی‌های کریپتو در میان مردم و ادغام موسسات بانکی در بازار دارایی‌های رمزنگاری شده، بحث می‌کند. نویسندگان از یک مدل پذیرش فناوری و چارچوب‌های نظری مانند نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده و نظریه اقدام مستدل برای بررسی پذیرش دارایی‌های رمزنگاری شده استفاده کردند	۳
[۴۴]	در بازارهای اسلامی با تمرکز بر هم‌افزایی و چالش‌های بکارگیری فناوری‌های فین‌تک در چارچوب اصول منطبق با شریعت انجام شده است	از یک چارچوب تحلیلی جدید مبتنی بر اتصال زمان - فرکانس کمیت و تحلیل علیت برای ارزیابی تأثیر متقابل بین نوآوری های فین تک و سرمایه گذاریهای پایدار، به ویژه در امور مالی اسلامی استفاده می‌کند	این مقاله به بررسی ادغام فناوری‌های مالی پیشرفته و تأثیر آنها بر پایداری جهانی و رتبه‌بندی اخلاقی در بازارهای اسلامی می‌پردازد	۴
[۴۵]	پایگاه داده اسکوپوس	رویکرد مرور متون سیستماتیک با استفاده از تکنیک‌های تجزیه و تحلیل کتاب‌سنجی	مقاله مروری جامع از وضعیت فعلی و چشم‌انداز گسترش در تحقیق کاربرد فناوری بلاکچین در بازاریابی ارائه می‌کند	۵
[۴۶]	کارشناسان صنعت شاغل در شرکت‌های زنجیره تامین، لجستیک و حمل‌ونقل و همچنین مهندسان یا معماران بلاکچین که برای شرکت‌هایی با بخش‌های پیاده‌سازی بلاکچین داخلی یا استارت‌آپ‌های مبتنی بر صنعت زنجیره تامین	ترکیب کیفی و کمی	این مقاله تأثیر بالقوه فناوری بلاکچین بر قابلیت‌ها و انعطاف‌پذیری زنجیره تامین را مورد بحث قرار می‌دهد. این مقاله رابطه بین فناوری بلاکچین و قابلیت‌ها و انعطاف‌پذیری زنجیره تامین را ارزیابی می‌کند و هدف آن درک تأثیر بلاکچین بر این جنبه‌های مدیریت زنجیره تامین است	۶
[۴۷]	مطالعه موردی در نیجریه انجام شد	پرسشنامه با روش نمونه‌گیری غیراحتمالی	این مقاله در مورد پذیرش و پایداری بیت کوین و فناوری بلاکچین در نیجریه بحث می‌کند. مطالعات مرتبط، فناوری و اقتصاد بیت کوین را بررسی می‌کند و پایداری بیت کوین را مورد بحث قرار می‌دهد	۷
[۲۵]	مطالعه موردی به دلیل قرنطینه همه‌گیری، با استفاده از یک پلتفرم مجازی برای جا دادن شرکت‌کنندگان از مناطق جغرافیایی مختلف انجام شد	روش کیفی	این مقاله اصول سازمان ملل برای بانکداری مسئولانه را مورد بحث قرار می‌دهد و بررسی می‌کند که چگونه فناوری بلاکچین می‌تواند به دستیابی به این اهداف کمک کند	۸
[۷]	در بخش بانکداری هند	تکنیک‌های مدل‌سازی	این مقاله به بررسی رابطه بین قابلیت‌های بلاکچین، مزیت	۹

جدول (۱): خلاصه پژوهش‌های منتخب

نویسندگان	مطالعه موردی	تکنیک	شرح مختصری از موضوع	
		معادلات ساختاری (SEM) با استفاده از SPSS AMOS ۲۲، ۰.۲۶ و ماکرو فرآیند SPSS Hayes	های رقابتی و عملکرد سازمانی در بخش بانکداری هند می‌پردازد. بر نقش میانجی مزیت‌های رقابتی در این رابطه تمرکز دارد. این مطالعه از یک مدل تحقیقات علمی و آزمایش فرضیه بر اساس داده‌های آماری جمع‌آوری شده از متخصصان بلاکچین، مدیران بازاریابی محصول، کارشناسان فناوری و متخصصان بانکی درگیر در برنامه‌ریزی و استقرار بلاکچین استفاده می‌کند.	
[۱]	ارزیابی با استفاده از داده‌های ثانویه از کتاب سفید مجمع جهانی اقتصاد	ISM و DEMATEL	مقاله به تأثیر فناوری‌های صنعت ۴،۰ بر اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد از دیدگاه اجتماعی می‌پردازد	۱۰
[۴۸]	در ۶۷ کشور	SEM	این مقاله به بررسی عوامل موثر بر پذیرش ارزش‌های دیجیتال بانک مرکزی در ۶۷ کشور می‌پردازد. این مطالعه بر روی عوامل فنی، محیطی، قانونی و اقتصادی متمرکز است که بر پذیرش پذیرش ارزش‌های دیجیتال بانک مرکزی توسط کشور تأثیر می‌گذارد	۱۱
[۴۹]	مطالعه موردی با استفاده از روش تحقیق کیفی انجام شد که شامل تحلیل و نقد بدنه مربوط به تحقیقات قبلی بود	مرور ادبیات سیستماتیک	مقاله پتانسیل فناوری بلاکچین را برای افزایش شمول مالی دیجیتال و کمک به توسعه پایدار در زمینه صنعت ۴،۰ بررسی می‌کند. این مطالعه از یک مرور ادبیات سیستماتیک برای تجزیه و تحلیل اینکه چگونه فناوری بلاکچین گنجاندن مالی دیجیتال را تسهیل کرده است، از جمله کاربرد آن در تراکنش‌های مالی، پس‌اندازهای مالی، ارائه اعتبار و بیمه استفاده کرد.	۱۲
[۵۰]	مطالعه موردی در مالزی انجام شده است	مرور ادبیات سیستماتیک	مقاله نگرانی‌های پیرامون اجرای فناوری بلاکچین را با تمرکز بر امنیت، پایداری و مسائل حقوقی مورد بحث قرار می‌دهد.	۱۳
[۳۱]	مطالعه موردی با استفاده از ۱۴۳۴ مقاله استخراج شده از پایگاه داده Web of Science، منتشر شده بین سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۲۲ انجام شد.	رویکرد کیفی	مقاله با استفاده از تحلیل علم‌سنجی تحلیلی جامع از تحقیقات گزارش‌دهی پایداری طی سه دهه گذشته ارائه می‌کند. این مطالعه ساختار فکری این حوزه را ترسیم کرد، جوامع فرعی پژوهشی را شناسایی کرد و نیاز به تحقیقات بیشتر در کشورهای در حال توسعه و در حال ظهور را برجسته کرد	۱۴
[۹]	مطالعه موردی این مقاله در زمینه حوزه مدیریت زنجیره تأمین، با تمرکز بر کاربرد فناوری بلاکچین در صنایع مختلف انجام شد.	رویکرد مرور متون سیستماتیک	مقاله به بررسی قابلیت‌های فناوری بلاکچین در مدیریت زنجیره تأمین می‌پردازد. این یک بررسی جامع از ادبیات قابلیت‌های بلاکچین با تمرکز بر ابعاد داخلی و خارجی قابلیت‌های بلاکچین و اهمیت آن‌ها در مدیریت زنجیره تأمین ارائه می‌کند.	۱۵
[۵۱]	مطالعه موردی بر روی ۳۰۰ شرکت کوچک و متوسط از زنجیره تأمین گروه گوجینگ انجام شده است.	تئوری بازی Stackelberg	این مقاله تأثیر بالقوه فناوری بلاکچین بر تأمین مالی زنجیره تأمین را مورد بحث قرار می‌دهد، به‌ویژه بر توانایی آن در کاهش اثرات نوسانات تقاضا و بهبود تعادل بین طرف‌های درگیر تمرکز دارد.	۱۶

جدول (۱): خلاصه پژوهش های منتخب

نویسندگان	مطالعه موردی	تکنیک	شرح مختصری از موضوع	
[۵۲]	مطالعه موردی انجام شده در زمینه زنجیره تامین چند لایه	بررسی سیستماتیک ادبیات	مقاله مدیریت زنجیره‌های تأمین چند لایه و فشارها، روابط قدرت و مکانیسم‌های حاکمیتی را مورد بحث قرار می‌دهد.	۱۷
[۵۳]	کشورهایی مانند نیجریه، چین، باهاما، و شرق کارائیب	روش تخمین رگرسیون دو مرحله‌ای	این مقاله عوامل تعیین‌کننده علاقه جهانی به ارز دیجیتال بانک مرکزی را تحلیل می‌کند و نقش توسعه پایدار و ارز دیجیتال را در ایجاد این علاقه بررسی می‌کند	۱۸
[۳]	در کشورهای جنوب جهانی	رویکرد ترکیبی	این مقاله به بررسی وضعیت موجود نوآوری‌ها و تحقیقات بلاکچین در جنوب جهانی می‌پردازد و بررسی می‌کند که چگونه نوآوری‌های بلاکچین می‌توانند به توسعه اقتصادی و پایدار در این زمینه کمک کنند.	۱۹
[۵۴]	مطالعه موردی در زمینه کشورهای در حال توسعه با تمرکز بر بخش بانکداری انجام شده است	رویکرد مرور متون سیستماتیک	این مقاله بر چالش‌ها و فرصت‌های پذیرش بلاکچین برای توسعه پایدار در بخش بانکی کشورهای در حال توسعه تمرکز دارد. این یک بررسی منظم از مقالات علمی منتشر شده بین سالهای ۲۰۱۰ و ۲۰۲۲ برای ترکیب مجموعه دانش در مورد این موضوع انجام می‌دهد	۲۰
[۵۵]	مطالعه موردی با استفاده از تحلیل کتاب‌سنجی انجام شد و برنامه VOSviewer برای تجسم آبشارهای تحقیقاتی تولید شده توسط مقالات متعدد و ایجاد یک نقشه مفهومی که روابط بین اصطلاحات پایگاه‌های داده را نشان می‌دهد	تکنیک PRISMA برای انجام یک بررسی سیستماتیک ادبیات	این مقاله که نقش فناوری بلاکچین را در حفظ پایداری محیطی، به ویژه در زمینه اهداف توسعه پایدار ۱۷ و ۱۳ بررسی می‌کند.	۲۱
[۵۶]	مطالعه موردی در یک سیستم تولید-توزیع مبتنی بر ابر انجام شده است	تکنیک و روش مورد استفاده در مقاله شامل مدل ریاضی، رویکرد حل و تأیید با استفاده از طراحی است.	این مقاله یک معماری مبتنی بر بلاکچین را برای یک زنجیره تامین پایدار در معماری ابری با هدف افزایش پایداری و کارایی در اجرای مورد بحث قرار می‌دهد.	۲۲
[۱۵]	مطالعه موردی کارشناسی از جنبه‌های دانشگاهی و صنعتی در حوزه‌های بلاکچین، صنعت تولید و صنعت ۴،۰ بود	روش فیثاغورث فازی	این مقاله چالش‌های فنی پیاده‌سازی فناوری بلاکچین برای تولید پایدار در عصر صنعت ۴،۰ را مورد بحث قرار می‌دهد.	۲۳
[۳۴]	مروری بر ادبیات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ است، و رشد ادبیات در سطح جهانی مشاهده شد، با افزایش قابل توجهی در تعداد انتشارات از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۱	مرور ادبیات سیستماتیک	این مقاله بر اهمیت فناوری بلاکچین در توسعه زنجیره تامین امن و انعطاف پذیر سایبری تمرکز دارد. هدف این مطالعه شناسایی موضوعات اصلی در زمینه کاربرد بلاکچین در زنجیره تامین امن و انعطاف پذیر سایبری، و همچنین کشف شکاف‌های دانش و محدودیت‌های ادبیات موجود، و پیشنهاد فرصت‌های تحقیقاتی آینده است	۲۴
[۵۷]	در مؤسسات بانکی آفریقای جنوبی	رویکرد تفسیری	در این مقاله استفاده از بلاکچین برای اهداف بازاریابی توسط مؤسسات بانکی با تمرکز بر دیدگاه تئوری فعالیت مورد بحث قرار می‌گیرد	۲۵

#### ۴- روش تحقیق

در این پژوهش از یک رویکرد ترکیبی بر اساس اهداف کاربردی و توسعه‌ای بر پایه تکنیک‌های دلفی‌فازی و سیستم اندازه‌گیری غیرخطی تأثیر وزنی فرمتین بهره گرفته شده است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی-پیمایشی است. جامعه آماری شامل مدیران ارشد و خبرگان بانک صادرات استان مازندران است که با روش نمونه‌گیری هدفمند (گلوله برفی) ۵ نفر انتخاب شدند. شرایط انتخاب خبرگان شامل داشتن حداقل ۱۰ سال سابقه مدیریتی و آشنایی با فناوری‌های نوین بانکی بود. در گام نخست ۱۹ قابلیت کلیدی و موثر بلاکچین در ۶ بعد «فناوری و عملیاتی»، «بنیادی و نتیجه‌ای»، «سازمانی و فرهنگی»، «اقتصادی»، «زیست محیطی» و «اجتماعی» با مرور نظام‌مند ادبیات و مصاحبه با خبرگان شناسایی شد. در گام اول دو دور پرسشنامه دلفی‌فازی با مشارکت ۵ خبره شامل مدیران ارشد بانکی، اعضای هیئت‌مدیره و متخصصان فناوری اطلاعات و پژوهشگران دانشگاهی، عوامل غربال‌گری شدند و ۱۵ قابلیت تأیید شد، در مرحله بعد، از روش سیستم اندازه‌گیری غیرخطی تأثیر وزنی فرمتین<sup>۱</sup> برای تحلیل روابط علی و معلولی و تعیین میزان اهمیت و وابستگی هر قابلیت استفاده گردید. انتخاب این روش به دلیل توانایی آن در مدل‌سازی عدم قطعیت‌های پیچیده و ارائه تحلیلی جامع از روابط متقابل قابلیت‌ها بوده است و به علت پتانسیل ساختاری و شناسایی و بررسی علیت عوامل از سایر تکنیک‌ها غالب‌تر است و استفاده از روش‌های فازی این روش را خلاقانه‌تر می‌کند تا در نهایت وابستگی بین عوامل موثر در یک سیستم پیچیده را استخراج کنیم که در ادامه توضیح مختصری از ابزارهای مورد استفاده آمده است.

#### ۴-۱- روش دلفی فازی (Fuzzy Delphi)

برای غربالگری قابلیت‌های شناسایی شده از ادبیات، از روش دلفی فازی استفاده شد. در این روش، دیدگاه‌های کلامی خبرگان به اعداد فازی مثلثی (TFN) تبدیل می‌شود. برای تأیید یک شاخص، مقدار دلفی فازی شده باید بزرگتر از ۰/۵ باشد [۱۸]. روش دلفی‌فازی یک تکنیک تحقیقاتی است که نظریه فازی را با روش دلفی مرسوم

ترکیب می‌کند. روش دلفی‌فازی توسعه‌ای از روش دلفی سنتی است که منطق فازی را در خود جای داده است، روش دلفی‌فازی تکنیکی است که برای جمع‌آوری نظرات خبرگان از طریق نظرسنجی در شرایطی که عدم قطعیت یا ابهام در بین کارشناسان وجود دارد استفاده می‌شود. هدف آن دستیابی به اجماع بر روی معیارهای شناسایی شده با ادغام نظرات کارشناسان در مورد مدل پیشنهادی است. روش دلفی‌فازی شامل چندین مرحله است مرحله اول آماده سازی ورودی است که شامل جمع‌آوری اطلاعات از طریق مرور ادبیات، تهیه پرسشنامه و انتخاب خبرگان می‌باشد. مرحله دوم تجزیه و تحلیل داده‌ها است که شامل تبدیل مقیاس لیکرت به اعداد فازی، تعیین مقدار آستانه و درصد توافق و دیفازی‌سازی است [۶۰-۵۸]. برای ارزیابی اثرات فناوری بلاکچین در نظام بانکی، در بخش کیفی با استفاده از ادبیات تحقیق و همچنین مصاحبه‌های مرتبط با شناسایی قابلیت‌های فناوری بلاکچین، جامعه آماری شامل؛ مدیران و مسئولین ستادی بانک صادرات استان مازندران می‌باشد که از طریق روش نمونه‌گیری گلوله برفی انتخاب شده‌اند. اعضای پنل خبرگان پژوهش بر اساس شروط تخصص کافی، آگاهی عمیق در موضوع پژوهش و وسعت نظر در ارتباط با زمینه پژوهش انتخاب شدند و شاخص‌های مانند مهارت حرفه‌ای، تجربه عملی و دانش، حضور در دوره‌های مربوطه در نظر گرفته شد. علاوه بر موارد فوق، تمایل به شرکت در فرایند تحقیق و داشتن وقت کافی یکی دیگر از معیارهای اساسی انتخاب نمونه بود. در این مطالعه ۵ نفر از خبرگان بانکی انتخاب شده‌اند که اطلاعات جمعیت‌شناختی در مورد این خبرگان در جدول (۲) آورده شده است. در روش دلفی‌فازی برای اینکه یک قابلیت بلاکچین مهم شناسایی شود و در مدل باقی بماند سه شرط زیر باید همزمان برقرار باشد:

۱. بعد از اینکه نمرات فازی نهایی را دیفازی کردیم A باید بزرگتر یا مساوی ۰/۵ باشد.
  ۲. حد آستانه باید کوچکتر یا مساوی ۰/۲ باشد.
  ۳. اجماع کارشناسان در مورد موارد ارزیابی شده باید از ۰/۷۵ بیشتر باشد، به این معنی که حداقل ۰/۷۵ از کارشناسان باید در مورد موارد ارزیابی شده توافق داشته باشند تا معتبر در نظر گرفته شود.
- پس از انجام مراحل فوق نتایج به صورت جدول ارائه می‌شود و این نتایج به محققان کمک می‌کند تا قابلیت‌های مهم بلاکچین برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در زنجیره تأمین بخش بانکی را شناسایی و اولویت‌بندی کنند [۶۱].

<sup>1</sup> Fermatean Fuzzy Sets Weighted Influence Nonlinear Gauge System

گام چهارم: محاسبه حد آستانه، که برای ارزیابی میزان توافق بین نمرات فازی مختلف از فاصله بین نمرات فازی استفاده می‌شود. این فاصله به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d(m, n) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (4)$$

گام پنجم: برای تعیین میزان توافق بین کارشناسان، از درصد توافق استفاده می‌شود که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد توافق} = \frac{\text{تعداد کارشناسان موافق}}{\text{تعداد کل کارشناسان}} * 100 \quad (5)$$

#### ۴-۳- روش سیستم اندازه‌گیری غیرخطی تأثیر وزنی فرمتین<sup>۱</sup>

این روش به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری پیچیده طراحی شده است که اصول وابستگی علی ساختاری را در بر می‌گیرد. این بدان معنی است که نه تنها اهمیت عوامل مختلف را ارزیابی می‌کند، بلکه چگونگی تأثیرگذاری این عوامل بر یکدیگر را نیز بررسی می‌کند. هدف توسعه این روش افزایش استحکام و قابلیت اطمینان فرآیندهای تصمیم‌گیری با ارائه یک چارچوب ساختاریافته است که می‌تواند وابستگی‌های متقابل پیچیده و روابط غیرخطی بین عوامل را مدیریت کند. این امر به ویژه در محیط‌هایی که متغیرهای متعدد به روش‌های پیچیده با هم تعامل دارند، اهمیت دارد.

FFSs به معنای ترکیب چند سطحی مجموعه‌های فازی است که دقت و انعطاف بیشتری در بیان عدم قطعیت فراهم می‌کند. این ترکیب به مدل اجازه می‌دهد تا با داده‌های مبهم و نامطمئن بهتر کار کند و وزن‌ها و تأثیرات را با دقت بالاتری تخمین بزند. کاربرد گسترده در تحلیل سیستم‌های پیچیده، مدیریت پروژه، ارزیابی فناوری و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک دارد. ترکیب WINGS با منطق فازی و FFSs باعث افزایش توان مدل در مواجهه با عدم قطعیت می‌شود. روش FF-WINGS به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری چندمعیاره پیشرفته معرفی شده که بر پایه روش WINGS و ادغام با مجموعه‌های فازی فرمتین زبانی بنا شده است. که روش WINGS خود گسترش یافته روش DEMATEL است، قوت این روش نسبت به سایر روش‌ها عمدتاً از ویژگی‌های ذاتی WINGS و ادغام فازی ناشی می‌شود. یکی از قوت‌های اصلی FF-WINGS، مدیریت روابط غیرخطی بین عوامل است. نسبت به DEMATEL که بر روابط

جدول (۲): مشخصات خبرگان تحقیق

ردیف	تحصیلات	سابقه کاری	عنوان شغلی	نام سازمان
۱	دکتری	بالای ۲۰ سال	هیات مدیره	بانک صادرات
۲	دکتری	۱۵ تا ۲۰ سال	معاون	بانک صادرات
۳	فوق لیسانس	۱۵ تا ۲۰ سال	معاون	بانک صادرات
۴	فوق لیسانس	۱۰ تا ۱۵ سال	رئیس دایره ارزی	بانک صادرات
۵	فوق لیسانس	۱۰ تا ۱۵ سال	رئیس دایره ارزی	بانک صادرات

#### ۴-۲- مراحل روش دلفی فازی

گام اول: جمع‌آوری نظرات خبرگان از طریق پرسشنامه  
گام دوم: محاسبه نمرات فازی نهایی

جدول (۳): متغیرهای زبانی فازی روش دلفی فازی

متغیر زبانی	اعداد فازی
کاملاً موافقم	(۰.۱, ۸.۰, ۶.۰)
تا حدی موافقم	(۸.۰, ۶.۰, ۴.۰)
مطمئن نیستم	(۶.۰, ۴.۰, ۲.۰)
تا حدی مخالفم	(۴.۰, ۲.۰, ۰.۰)
کاملاً مخالفم	(۲.۰, ۰.۰, ۰.۰)

نمرات فازی به صورت مثلثی تعریف می‌شوند و هر نمره فازی طبق جدول (۳) شامل سه پارامتر، حد پایین (نمره حداقلی)، حد میانه (نمره متوسط)، حد بالا (نمره حداکثری) است. برای محاسبه نمره فازی نهایی از میانگین نمرات فازی ارائه شده توسط کارشناسان استفاده می‌شود.

$$TFN_j = (m_1, m_2, m_3) \quad (1)$$

$$TFN_j = \frac{1}{n} \left( \sum n_{11}, \sum n_{21}, \sum n_{31} \right) \quad (2)$$

گام سوم: پس از محاسبه نمرات فازی، برای تصمیم‌گیری نهایی، از فرآیند دیفازی کردن استفاده می‌شود که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$A_j = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3} \quad (3)$$

<sup>1</sup> Fermatean Fuzzy Sets Weighted Influence Nonlinear Gauge System

محیطی) و کاهش عدم قطعیت نظرات خبرگان در محیط بانکی ایران، نسبت به روش‌های خطی مانند DEMATEL ترجیح داده شد (۶۲)

#### ۴-۴- مراحل روش FF-WINGS

گام اول: بعد از تکمیل پرسشنامه دوم توسط خبرگان ارزیابی تصمیم گیرندگان را طبق متغیرهای زبانی جدول زیر تهیه میکنیم در واقع اعداد فازی در اینجا شامل  $(S_{\theta}, \mu, V)$  است، که  $S_{\theta}$  عدم قطعیت و بزرگتر و مساوی صفر و  $\mu$  درجه عضویت و بین صفر و یک و  $V$  درجه عدم عضویت و بین صفر و یک است و سپس ماتریس قدرت تاثیر اولیه را طبق جدول (۴) مینویسیم.

جدول (۴): متغیرهای زبانی روش FF-WINGS

اعداد فازی	متغیر زبانی
(۰,۱۵ و ۰,۹۵ و ۵)	VH تاثیر خیلی زیاد
(۰,۳۵ و ۰,۸۵ و ۴)	H تاثیر زیاد
(۰,۵۰ و ۰,۵۰ و ۳)	M تاثیر متوسط
(۰,۳۵ و ۰,۸۵ و ۲)	L تاثیر کم
(۰,۱۵ و ۰,۹۵ و ۱)	VL تاثیر خیلی کم
(۰ و ۰ و ۰)	N بدون تاثیر

سپس طبق فرمول زیر ماتریس قدرت تاثیر گروهی را تشکیل می‌دهیم، اختلاف بین نظرات خبره‌ها را بررسی می‌کنیم.

$$S(DM1, DM2) = \left| \left( \left( \frac{S_{\theta 1}}{2t+1} \right) * (\mu 1^3) - (V1^3) \right) - \left( \left( \frac{S_{\theta 2}}{2t+1} \right) * (\mu 2^3) - (V2^3) \right) \right| \quad (6)$$

t در فرمول تعداد متغیرهای زبانی است.

گام دوم: درجه توافق متوسط را بدست می‌آوریم، از ۱ تا k میانگین را حساب می‌کنیم ولی با خودش حساب نمی‌کنیم.

$$AA(DM_K) = \frac{1}{K-1} * \sum S(DM_K) \quad (7)$$

گام سوم: هر درجه توافق متوسط را بر مجموع درجه توافق متوسط تقسیم میکنیم و توافق نسبی آنها را محاسبه می‌کنیم.

$$RAD(DM_K) = \frac{AA(DM_K)}{\sum AA(DM_K)} \quad (8)$$

گام چهارم: سپس ضریب توافق آنها را محاسبه می‌کنیم.

$$CC = \alpha * w(DM_K) + (1 - \alpha) * RAD(DM_K) \quad (9)$$

مستقیم و متناسب تمرکز دارد و تأثیرات غیرمستقیم را تنها از طریق مقایسه‌های جفتی اندازه‌گیری می‌کند، WINGS و در نتیجه FF-WINGS می‌تواند روابط غیرخطی را مدل‌سازی کند، جایی که تأثیر یک عامل نه تنها به اهمیت مستقیم آن وابسته است، بلکه به روابط متقابل غیرخطی با عوامل دیگر نیز مربوط می‌شود. تفاوت اصلی بین WINGS و DEMATEL در این است که WINGS می‌تواند موقعیت‌هایی را مدیریت کند که تأثیر یک عامل نه تنها مستقیماً متناسب با اهمیت آن باشد، بلکه به صورت غیرخطی با اهمیت عوامل دیگر مرتبط باشد. نسبت به سایر روش‌ها مانند AHP یا TOPSIS که معمولاً روابط خطی یا سلسله‌مراتبی ساده را فرض می‌کنند و نمی‌توانند پیچیدگی‌های غیرخطی را به خوبی مدیریت کنند، FF-WINGS با استفاده از تابع غیرخطی برای اندازه‌گیری تأثیرات غیرمستقیم، مدل واقعی‌تری از جهان واقعی ارائه می‌دهد، به ویژه در سیستم‌های پیچیده مانند اقتصاد دایره‌ای که عوامل وابسته به هم هستند. شناسایی دقیق‌تر علیت و وابستگی عوامل نیز از دیگر مزایای FF-WINGS است. کاهش عدم قطعیت ذهنی و مدل از قوت‌های کلیدی FF-WINGS به شمار می‌رود. نسبت به DEMATEL که اغلب با داده‌های قطعی یا فازی ساده کار می‌کند، FF-WINGS با ادغام مجموعه‌های فازی فرماتین زبانی که درجه عضویت و غیرعضویت را تا توان سوم مدیریت می‌کند، عدم قطعیت ذهنی مانند نظرات کارشناسان را بهتر کاهش می‌دهد و دقت را افزایش می‌دهد. نسبت به سایر روش‌ها مانند VIKOR یا TOPSIS که ممکن است عدم قطعیت را با فازی ساده مدیریت کنند، FF-WINGS با استفاده از متغیرهای زبانی و توابع دقت ارزیابی‌های کیفی و زبانی را دقیق‌تر پردازش می‌کند. این امر در محیط‌های نامطمئن بسیار مفید است. تسلط ساختاری و ویژگی‌های ذاتی FF-WINGS نیز برجسته است. مقاله صریحاً بیان می‌کند که WINGS به دلیل ویژگی‌های ذاتی و پتانسیل ساختاری مانند شناسایی و بررسی علیت عوامل، بر سایر ابزارهای MCDM غالب است. FF-WINGS این تسلط را با ادغام فازی افزایش می‌دهد و هم شاخص‌های پایداری را ارزیابی می‌کند و هم عدم قطعیت داده و مدل را مدیریت می‌نماید. در نهایت، کاربرد عملی و انعطاف‌پذیری FF-WINGS آن را متمایز می‌کند. انعطاف‌پذیرتر است زیرا می‌تواند با داده‌های ناقص یا کیفی کار کند و به عنوان یک روش قوی و باکیفیت برای تصمیم‌گیری وابستگی علی ساختاری معرفی می‌شود که شکاف‌های تحقیقاتی موجود مانند عدم توجه به وابستگی‌های غیرخطی و عدم قطعیت را پر می‌کند. در این پژوهش، FF-WINGS به دلیل قابلیت مدل‌سازی روابط غیرخطی بین قابلیت‌های بلاکچین (مانند تأثیر صرفه‌جویی در هزینه‌ها بر شفافیت و پایداری زیست

ستونها حاصل می‌شود. برای همه عوامل کلیدی یک  $r_i$  و یک  $C_j$  را از طریق فرمول زیر بدست می‌آوریم.

$$\tilde{r}_i = \frac{\theta_i}{2t+1} * (\tilde{r}_{\mu_i}^3 - \tilde{r}_{v_i}^3) \quad (10)$$

$$\tilde{c}_j = \frac{\theta_j}{2t+1} * (\tilde{c}_{\mu_j}^3 - \tilde{c}_{v_j}^3) \quad (11)$$

گام نهم: مقدار اهمیت که شامل  $r_i + C_j$  و وابستگی را با  $r_i - C_j$  می‌نویسیم، مثبت‌ها علت و منفی‌ها معلول هستند.

گام دهم: بعد اثر عوامل را بدست می‌آوریم و تصمیم‌گیری می‌کنیم و وزن نرمال را از طریق تقسیم هر  $r_i + C_j$  بر مجموع  $r_i + C_j$  بدست می‌آوریم و قابلیت‌ها را از بزرگ به کوچک مرتب می‌کنیم (۶۲)

### ۵- یافته‌ها

در گام نخست ۱۹ قابلیت کلیدی و موثر بلاکچین در ۶ بعد «فناوری و عملیاتی»، «بنیادی و نتیجه‌ایی»، «سازمانی و فرهنگی»، «اقتصادی»، «زیست محیطی» و «اجتماعی» با مرور نظام‌مند ادبیات و مصاحبه با خبرگان شناسایی شد. که به شرح جدول (۵) می‌باشد.

W: وزن هر تصمیم‌گیرنده است که برای همه به صورت یکسان ۰/۲ در نظر گرفته شده است.

$\alpha$ : مقداری بین صفر و یک است و ۰/۵ در نظر گرفته شده است  
گام پنجم: جمع همه افراد را روی یک معیار بدست می‌آوریم و ماتریس  $\tilde{P}$  (مقدار ماتریس قدرت نفوذ) را می‌نویسیم.  
گام ششم: ماتریس  $\tilde{P}$  را نرمال می‌کنیم و ماتریس نرمال را می‌نویسیم. برای نرمال کردن همه  $(S, \mu, V)$  را تک تک بر مجموع  $\mu$ ها تقسیم می‌کنیم.

گام هفتم: ماتریس یکه‌ای را در نظر می‌گیریم و ماتریس نرمال را از ماتریس یکه کم می‌کنیم و ماتریس قدرت تاثیر کل را بدست می‌آوریم.

در ماتریس I-N سه ماتریس داریم که در کنار هم قرار گرفته هستند و در این مرحله این سه ماتریس را به صورت جدا مینویسیم ماتریس اول  $S$ ها و ماتریس دوم  $\mu$ ها و ماتریس سوم شامل  $V$ ها می‌باشد و بدین ترتیب ماتریس  $N$ ها و  $I-N$ ها را به صورت جدا بدست می‌آید که از ماتریس  $I-N$  وارون می‌گیریم و بعد حاصل ضرب ماتریس  $N$  جدا شده و ماتریس وارون شده  $I-N$  را محاسبه می‌کنیم.  
گام هشتم: نمره‌های ماتریس ارتباط کل، کلی را بدست می‌آوریم،  $r_i$  از مجموع ردیف‌های ماتریس حاصل می‌شوند و  $C_j$ ها از مجموع

جدول (۵): قابلیت‌های کلیدی بلاکچین

معیارها	ردیف	عوامل کلیدی	تعاریف	نویسندگان
تکنولوژیکی و عملیاتی	۱	آمادگی و وجود زیرساخت‌ها برای فناوری‌های جدید	آمادگی فناوری به توانایی سازمان‌ها در استفاده از فناوری‌های جدید گفته می‌شود و فناوری بلاکچین به عنوان یک منبع زیرساختی قوی برای پیشبرد توسعه اقتصادی و توسعه پایدار عمل می‌کند.	[۴۷،۴۸،۶۳،۶۴،۱۶،۳،۹]
	۲	توانمندی‌های فنی	توانمندی فنی در بلاکچین به توانایی آن در ارائه یک دفتر کل دیجیتال با استفاده از الگوریتم‌های رمزنگاری اشاره دارد. این قابلیت‌ها سازمان را قادر می‌سازد تا سیستم‌ها، محصولات یا خدمات فنی را توسعه، پیاده‌سازی و نگهداری کند و با تغییرات فناوری و تقاضاهای بازار سازگار شود.	[۹،۱۵،۱۶،۵۲،۵۷،۶۳،۶۵،۶۶]
	۳	حریم خصوصی و امنیت	مفهوم حریم خصوصی به حق افراد برای کنترل اطلاعات شخصی و محرمانه نگه داشتن آنها اشاره دارد و دسترسی دیگران به آن را محدود می‌کند. در زمینه فناوری بلاکچین، حریم خصوصی اغلب از طریق مکانیسم‌هایی مورد بررسی قرار می‌گیرد که امکان تراکنش‌های ایمن و محرمانه را فراهم می‌کند و تضمین می‌کند که داده‌های حساس فقط برای اشخاص مجاز قابل دسترسی است. ویژگی‌های امنیتی رمزنگاری بلاکچین خطرات مرتبط با حملات سایبری و کلاهبرداری را کاهش می‌دهد.	[۸،۹،۱۵،۲۲،۶۷،۶۸،۶۹،۷۰]

جدول (۵): قابلیت‌های کلیدی بلاکچین

نویسندگان	تعاریف	عوامل کلیدی	ردیف	معیارها
] ۲,۷,۸,۹,۱۵,۲۲,۲۶,۳۶,۵۷,۶ [۵,۶۷,۶۸,۷۱,۷۷	در زمینه فناوری بلاکچین، قابلیت اعتماد اغلب به توانایی این فناوری برای تضمین امنیت، دقت و شفافیت داده‌ها و تراکنش‌ها مربوط می‌شود، در نتیجه اعتماد بین کاربران و ذینفعان را تقویت می‌کند	اعتماد	۴	بنیادی و نتیجه‌ای
] ۳,۸,۹,۲۲,۵۱,۵۵,۵۷,۶۵,۶۷ [۶۸,۷۰,۷۲,۷۳,۷۶,۸۰	فناوری بلاکچین با ثبت هر تراکنش در یک بلوک و توزیع داده‌ها و اطلاعات در بسیاری از گره‌ها، شفافیت را فراهم می‌کند و به هر یک از اعضای سیستم دسترسی برابر به داده‌ها و اطلاعات می‌دهد. این شفافیت برای زنجیره‌های تامین و شرکت‌ها در فرآیند تحول دیجیتال ضروری است. ماهیت غیرمتمرکز و تغییر ناپذیری بلاکچین تضمین می‌کند که همه تراکنش‌ها به صورت شفاف ثبت شوند که برای حفظ یکپارچه در زنجیره تامین بخش بانکی بسیار مهم است.	شفافیت	۵	
] 7.31.48.57.67.74.75.8 [1.82	شاخص کیفیت به معیاری از توانایی سازمان در ارائه کیفیت و عملکرد محصول اشاره دارد که ارزش بالاتری برای مشتریان ایجاد می‌کند. به کیفیت محصولات و خدمات ارائه شده توسط یک سازمان برای ارزیابی مزیت رقابتی استفاده می‌شود. کیفیت در بلاکچین تضمین می‌کند که داده‌ها دقیق، ضد دستکاری هستند و یکپارچگی خود را در طول زمان حفظ می‌کنند.	کیفیت	۶	
] 8.16.46.51.53.57.63.6 [6.72.83.84	نیاز به همکاری میان شرکای زنجیره تأمین برای موفقیت در پیاده‌سازی بلاکچین، هماهنگی مؤثر بین تمامی اعضای زنجیره تأمین برای ایجاد یک مزیت رقابتی و همکاری مؤثر بین تمامی ذینفعان زنجیره تأمین، از تأمین‌کنندگان تا مصرف‌کنندگان ضروری است. به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند. همکاری به عنوان یکی از توانمندی‌های بلاکچین به اجرای اصول بانکداری مسئول کمک می‌کند.	همکاری	۷	سازمانی و فرهنگی
[9.26.85]	فرهنگ سازمانی به عامل تأثیرگذار در ادراک تصمیم‌گیرندگان نسبت به فناوری‌های نوآورانه اشاره دارد. پذیرش فناوری بلاکچین بر اهمیت درک فرهنگ سازمانی تأکید می‌کند. فناوری بلاکچین به گونه‌ای در فرهنگ سازمانی تأثیر می‌گذارد که در تعهد بلندمدت مدیران ارشد سازمان در برابر تغییرات مقاومت نمی‌کند.	فرهنگ سازمانی	۸	
[3.25.52.74.86]	بلاکچین به افزایش آگاهی و تسهیل آموزش در دولت‌ها و کسب‌وکارها کمک می‌کند. افزایش آگاهی و آموزش برای ذینفعان مختلف، از جمله بانک‌ها و توسعه‌دهندگان پروژه، می‌تواند به بهبود دسترسی به پروژه‌های سبز و دارایی‌ها کمک کند.	آموزش	۹	
[9.10.84]	رهبری به نقش تأثیرگذار شرکت‌های پیشرو در هدایت روندهای صنعت و تنظیم سرعت پذیرش و اجرای فناوری بلاکچین در زنجیره تأمین اشاره دارد. اهمیت رهبری به عنوان یک عامل قدرت	رهبری	۱۰	

جدول (۵): قابلیت های کلیدی بلاکچین

نویسندگان	تعاریف	عوامل کلیدی	ردیف	معیارها
	فناوری بلاکچین که تمایل شرکت های زنجیره تامین را برای سرمایه گذاری در قابلیت های بلاکچین تعیین می کند، برجسته است.			
] 3.7.8.35.42.44.53.55. [87.88	استفاده از بلاکچین به بهبود کارایی و تسهیل فرآیندها کمک می کند و با جمع آوری و تحلیل داده ها به صورت بلادرنگ در بانکداری به بهبود عملکرد زنجیره تامین و سرمایه گذاری های پایدار کمک می کنند و به نوآوری و خلق جدید منجر میشود. نوآوری ها به دلیل وجود عدم قطعیت در اقتصاد و انگیزه های اقتصادی توسعه می یابند و توانایی در ایجاد و ارائه محصولات جدید می باشند.	نوآوری	۱۱	
] 8.16.33 [35.47.51.82.89	بلاکچین می تواند قابلیت های صرفه جویی در هزینه ها را در تامین مالی زنجیره تامین افزایش دهد و فناوری بلاکچین در تمرکز بر کیفیت کد قرارداد هوشمند و پایبندی به مقررات یا استانداردهای امنیتی، که برای صرفه جویی در هزینه ها در محیط مالی ضروری است، تأکید می کند.	صرفه جویی در هزینه ها	۱۲	
] ۳۵,۴۴,۴۸,۵۳,۶۹,۹۰,۹۷ [	قابلیت اقتصادی و مالی فناوری بلاکچین به پتانسیل آن برای تقویت جنبه های اقتصادی و مالی در سیستم های مختلف اشاره دارد. فناوری بلاکچین می تواند عملکرد را افزایش دهد و نیاز به مدیران مرکزی را از بین ببرد و در نتیجه کارایی اقتصادی را بهبود بخشد	توانمندی اقتصادی و مالی	۱۳	
] ۲,۷۸,۳۴,۳۵,۵۲,۷۱,۹۰,۹۸, [۹۹	صرفه جویی در هزینه به عنوان یک قابلیت فناوری بلاکچین به پتانسیل این فناوری برای کاهش هزینه های عملیاتی و ارتقای کارایی در فرآیندهای مختلف اشاره دارد. فناوری بلاکچین به عنوان وسیله ای برای دستیابی به صرفه جویی در هزینه در بخش مالی با ساده کردن تراکنش ها، فرآیندهای تسویه حساب و کاهش هزینه های مرتبط با عملیات فنی دستی یا در دسترس شناسایی شده است. فناوری بلاکچین با خود کارسازی فرایندها و کاهش واسطه ها به طور قابل توجهی هزینه های تراکنش را کاهش می دهد و کارایی عملیاتی را در زنجیره تامین بانکی بهبود می بخشد. بلاک چین می تواند سرعت پرداخت های بین مرزی را افزایش دهد.	صرفه جویی در هزینه ها	۱۴	اقتصادی
] ۴,۸,۳۱,۳۵,۵۰,۵۵,۵۶,۸۵,۹ [۲,۹۴,۹۶,۱۰۰,۱۰۴	شاخص های زیست محیطی به عنوان یک قابلیت فناوری بلاکچین به پتانسیل آن برای افزایش پایداری محیطی و کاهش اثرات زیست محیطی فرآیندهای مختلف اشاره دارد. فناوری بلاکچین می تواند به نظارت و کاهش انتشار کربن و سایر ردپاهای زیست محیطی در زنجیره تامین کمک کند. این شاخصه فرآیند کاهش ضایعات و فرآیند کاغذ بازی را در زنجیره تامین بخش بانکی کاهش میدهد.	شاخصه های زیست محیطی	۱۵	زیست محیطی

جدول (۵): قابلیت‌های کلیدی بلاکچین

نویسندگان	تعاریف	عوامل کلیدی	ردیف	معیارها
] ۱,۳,۴,۳۵,۴۲,۴۸,۵۲,۵۵,۷۳, [۹۸	بلاکچین می‌تواند به ایجاد اقتصادهای پایدارتر و فراگیرتر کمک کند. فناوری بلاکچین توانایی کمک به پایداری را با ترویج شفافیت، کاهش عدم تقارن اطلاعاتی و فعال کردن تکنیک‌های مبتنی بر انگیزه دارد که می‌تواند پیامدهای منفی فعالیت‌های انسانی را بر محیط زیست به حداقل برساند. بلاکچین با ترویج بازیافت و تسهیل مدل‌های کسب و کار از شیوه‌های پایداری پشتیبانی می‌کند.	پایداری محیطی	۱۶	
[۲,۲۲,۳۳,۷۱]	به حداقل رساندن نقش واسطه‌ها از قابلیت‌های فناوری بلاکچین است. به حداقل رساندن واسطه‌ها یک جنبه اساسی از فناوری بلاکچین است و اغلب با مفهوم عدم واسطه‌گری که کاهش دخالت واسطه‌ها در معاملات است، همراه است. در حالی که فناوری بلاکچین نقش واسطه‌های سنتی را به حداقل می‌رساند، همچنین منجر به ظهور واسطه‌های جدید مانند شرکت‌های فناوری و ارائه دهندگان برنامه‌ها در اکوسیستم شده است. سیستم دفتر کل غیرمتمرکز و تغییرناپذیر بلاکچین امکان اتوماسیون فرآیندها را فراهم می‌کند و وابستگی به واسطه‌ها را برای پردازش تراکنش، تأیید و احراز هویت کاهش می‌دهد.	به حداقل رساندن نقش واسطه‌ها	۱۷	
] ۱,۸,۱۶,۳۱,۴۴,۹۰,۹۱,۹۲,۹ [۴,۹۶,۱۰۵,۱۰۶	قابلیت اجتماعی در زمینه فناوری بلاکچین به ظرفیت شبکه‌های بلاکچین برای تسهیل و حمایت از تعاملات اجتماعی، همکاری‌ها و ابتکارات جامعه محور اشاره دارد. این قابلیت شامل استفاده از فناوری بلاکچین برای فعال کردن شبکه‌های اجتماعی غیرمتمرکز و تعاملات شفاف و غیرقابل اعتماد بین شرکت کنندگان است. قابلیت اجتماعی در فناوری بلاکچین شامل ویژگی‌هایی مانند مدیریت هویت غیرمتمرکز، پلتفرم‌های رسانه‌های اجتماعی ساخته شده بر روی بلاکچین، سازمان‌های مستقل غیرمتمرکز و استفاده از قراردادهای هوشمند برای کنترل تعاملات و توافقات اجتماعی است.	قابلیت اجتماعی	۱۸	اجتماعی
[۵۲,۶۳,۶۴]	مکانیسم‌های حاکمیتی در زمینه بلاکچین به ساختارها، فرآیندها و قوانینی اطلاق می‌شود که برای مدیریت و تنظیم شبکه بلاکچین وضع می‌شوند. این مکانیسم‌ها برای اطمینان از عملکرد موثر، ایمن و مطابق با اهداف و الزامات شرکت کنندگان در بلاکچین طراحی شده‌اند. مکانیزم‌های حکمرانی زمانی می‌توانند به عنوان قابلیت در نظر گرفته شوند که به طور موثر برای تسهیل تصمیم‌گیری، شفافیت و مسئولیت‌پذیری در شبکه بلاکچین طراحی و اجرا شوند. زنجیره تأمین بانکی تأثیر مستقیمی بر جامعه دارد. بنابراین، مکانیسم‌های حاکمیتی باید به گونه‌ای طراحی شوند که منافع جامعه را نیز در نظر بگیرند.	مکانیسم‌های حاکمیتی	۱۹	

آورده شده است و طبق نظرات خبرگان و محاسبات این روش ۱۵ قابلیت که در جدول (۷) آورده شده اند مورد پذیرش قرار گرفته است.

سپس پرسشنامه دلفی فازی به منظور بومی سازی قابلیت ها در دو مرحله در اختیار خبرگان قرار گرفت که نتیجه آن در جدول (۶)

جدول (۶): نتایج پرسشنامه بومی سازی

قابلیت ها	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	A <sub>j</sub> مقدار دیفازی	d حد آستانه	درصد توافق	وضعیت رد یا قبول
آمادگی و وجود زیرساخت ها برای فناوری های جدید	۵۲.۰	۷۲.۰	۹۲.۰	۰/۷۲	۰/۱۳	۸۰	قبول
توانمندی های فنی	۴۸.۰	۶۸.۰	۸۸.۰	۰/۶۸	۰/۱۰	۱۰۰	قبول
حریم خصوصی و امنیت	۵۶.۰	۷۶.۰	۹۶.۰	۰/۷۶	۰/۰۶	۱۰۰	قبول
اعتماد	۵۶.۰	۷۶.۰	۹۶.۰	۰/۷۶	۰/۰۶	۱۰۰	قبول
شفافیت	۴۸.۰	۶۸.۰	۸۸.۰	۰/۶۸	۰/۱۰	۱۰۰	قبول
کیفیت	۴۴.۰	۶۴.۰	۸۴.۰	۰/۶۴	۰/۱۳	۸۰	قبول
همکاری	۳۶.۰	۵۶.۰	۷۶.۰	۰/۵۶	۰/۰۶	۸۰	قبول
فرهنگ سازمانی	۳۶.۰	۵۶.۰	۷۶.۰	۰/۵۶	۰/۲۱	۶۰	رد
آموزش	۴۸.۰	۶۸.۰	۸۸.۰	۰/۶۸	۰/۱۴	۸۰	قبول
رهبری	۴۰.۰	۶۰.۰	۸۰.۰	۰/۶۰	۰/۱۶	۶۰	رد
نوآوری	۴۰.۰	۶۰.۰	۸۰.۰	۰/۶۰	۰/۱۶	۸۰	قبول
صرفه جویی در هزینه ها	۳۶.۰	۵۶.۰	۷۶.۰	۰/۵۶	۰/۱۴	۸۰	قبول
توانمندی اقتصادی و مالی	۴۴.۰	۶۴.۰	۸۴.۰	۰/۶۴	۱۸/۰	۱۰۰	قبول
صرفه جویی در هزینه ها	۴۰.۰	۶۰.۰	۸۰.۰	۰/۶۰	۱۶/۰	۸۰	قبول
شاخصه های زیست محیطی	۳۲.۰	۴۸.۰	۶۸.۰	۰/۴۹	۲۹/۰	۶۰	رد
پایداری محیطی	۴۴.۰	۶۴.۰	۸۴.۰	۰/۶۴	۱۳/۰	۸۰	قبول
به حداقل رساندن نقش واسطه ها	۴۴.۰	۶۴.۰	۸۴.۰	۰/۶۴	۰۶/۰	۱۰۰	قبول
قابلیت اجتماعی	۴۰.۰	۶۰.۰	۸۰.۰	۰/۶۰	۰۸/۰	۸۰	قبول
مکانیسم های حاکمیتی	۴۴.۰	۶۴.۰	۸۴.۰	۰/۶۴	۱۹/۰	۶۰	رد

جدول (۷): قابلیت‌های تایید شده به همراه کد اختصاری آنها

کد اختصاری	قابلیت‌ها
۱CF	آمادگی و وجود زیرساخت‌ها برای فناوری‌های جدید
۲CF	توانمندی‌های فنی
۳CF	حریم خصوصی و امنیت
۴CF	اعتماد
۵CF	شفافیت
۶CF	کیفیت
۷CF	همکاری
۸CF	آموزش
۹CF	نوآوری
۱۰CF	صرفه‌جویی در هزینه‌ها
۱۱CF	توانمندی اقتصادی و مالی
۱۲CF	صرفه‌جویی در هزینه‌ها
۱۳CF	پایداری محیطی
۱۴CF	به حداقل رساندن نقش واسطه‌ها
۱۵CF	قابلیت اجتماعی

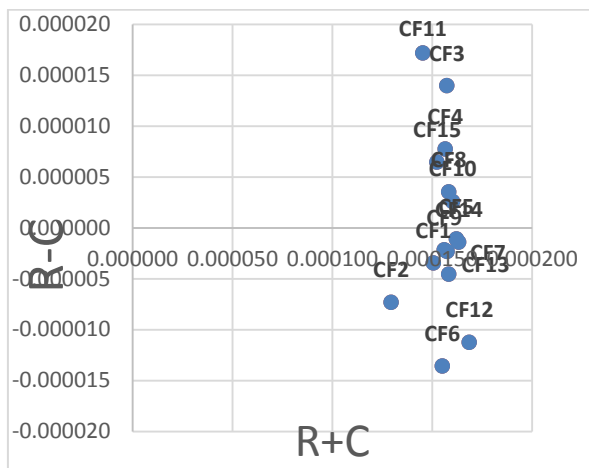
در گام بعد به منظور بررسی تعیین درجه اهمیت معیارها و روابط ساختاری قابلیت‌های بلاکچین برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در زنجیره تأمین بخش بانکی پرسشنامه FF-WINGS جهت تعیین تاثیرات قابلیت‌ها بر یکدیگر در اختیار خبرگان قرار گرفت و در نتیجه محاسبات این روش که در پیوست آمده است جدول (۸) حاصل شده است.  $r_i$  از مجموع ردیف‌های ماتریس حاصل می‌شوند که میزان تاثیرگذاری قابلیت‌ها و  $c_j$  از مجموع ستون‌ها حاصل می‌شود که میزان تاثیرپذیری قابلیت‌های است. مقدار اهمیت که شامل  $r_i + c_j$  و وابستگی را با  $r_i - c_j$  می‌نویسیم که میزان اثرپذیری را نشان

می‌دهد، هنگامی که  $r_i - c_j$  مثبت است، عامل  $i$  یک عامل خالص و علی است و زمانی که  $r_i - c_j$  منفی است، عامل  $i$  یک گیرنده خالص و معلول تعریف می‌شود. درجه اهمیت وزن معیارها را از طریق نرمال کردن مقادیر R+C بدست می‌آوریم، به این صورت که هر یک از مقادیر R+C تقسیم بر مجموع R+C می‌شود که جمع این ستون برابر با ۱ است.

نتایج نشان داد که در میان قابلیت‌ها، حریم خصوصی و امنیت (CF3) و توانمندی اقتصادی و مالی (CF11) بیشترین قدرت تأثیرگذاری را بر سایر قابلیت‌ها دارند. (با مقدار R-C به ترتیب 0.000014 و 0.000017) همچنین، از نظر اهمیت کلی، قابلیت‌های به حداقل رساندن نقش واسطه‌ها (CF14) و صرفه‌جویی در هزینه‌ها (CF12) و شفافیت (CF5) بالاترین مقدار R+C را داشتند، که نشان دهنده بیشترین قدرت تأثیرپذیری آن‌ها در قابلیت‌ها است. در میان قابلیت‌ها صرفه‌جویی در هزینه‌ها (CF12) بالاترین اهمیت را دارد و از بین این ۱۵ معیار توانمندی‌های فنی (CF2) از کمترین اهمیت برخوردار است. فناوری بلاکچین در زنجیره تأمین بخش بانکی کاربردهای عملی متعددی دارد که می‌تواند عملکرد و پایداری بانک‌ها، به‌ویژه بانک صادرات ایران، را بهبود بخشد. این فناوری با پشتیبانی از اهداف پایداری زیست‌محیطی و اجتماعی، مدل‌های کسب‌وکار نوآورانه ایجاد کرده و با پروژه‌های آزمایشی و آموزش کارکنان، پذیرش آن در بانک‌ها تسهیل می‌شود.

جدول (۸): ماتریس ارتباط کل

	rs	rmu	rv	CS	Cmu	Cv	ri	cj	ri+cj	ri-cj	وزن نرمال	RANK
CF1	0.245	0.062	0.161	0.266	0.0748	0.1610	0.0000735	0.0000770	0.000151	-0.000003	0.06461	13
CF2	0.246	0.065	0.152	0.271	0.0828	0.1567	0.0000610	0.0000683	0.000129	-0.000007	0.05553	15
CF3	0.261	0.068	0.166	0.258	0.0717	0.1585	0.0000856	0.0000716	0.000157	0.000014	0.06750	8
CF4	0.264	0.073	0.164	0.256	0.068	0.160	0.0000820	0.0000743	0.000156	0.000008	0.06712	9
CF5	0.262	0.072	0.163	0.258	0.067	0.164	0.0000804	0.0000815	0.000162	-0.000001	0.06953	3
CF6	0.264	0.078	0.158	0.260	0.069	0.166	0.0000707	0.0000843	0.000155	-0.000014	0.06652	11
CF7	0.268	0.076	0.161	0.249	0.062	0.164	0.0000776	0.0000799	0.000157	-0.000002	0.06758	7
CF8	0.258	0.068	0.164	0.265	0.077	0.162	0.0000808	0.0000773	0.000158	0.000004	0.06788	6
CF9	0.258	0.070	0.162	0.265	0.076	0.163	0.0000769	0.0000791	0.000156	-0.000002	0.06694	10
CF10	0.263	0.071	0.164	0.265	0.075	0.162	0.0000813	0.0000787	0.000160	0.000003	0.06872	4
CF11	0.258	0.067	0.164	0.272	0.088	0.155	0.0000812	0.0000640	0.000145	0.000017	0.06233	14
CF12	0.266	0.075	0.162	0.260	0.062	0.168	0.0000786	0.0000899	0.000169	-0.000011	0.07234	1
CF13	0.267	0.078	0.162	0.263	0.073	0.164	0.0000769	0.0000814	0.000158	-0.000005	0.06794	5
CF14	0.266	0.073	0.163	0.251	0.062	0.165	0.0000809	0.0000823	0.000163	-0.000001	0.07007	2
CF15	0.265	0.076	0.163	0.252	0.063	0.159	0.0000794	0.0000730	0.000152	0.000006	0.06539	12



شکل (۱): روابط قابلیت ها

شکل (۱) پراکندگی قابلیت ها را نشان می‌دهد محور افقی نمودار  $R+C$ ، محور اهمیت و محور عمودی  $R-C$ ، محور وابستگی نامیده می‌شود و آنهایی که در پایین خط افقی قرار گرفتند قابلیت های معلولی هستند که تاثیر پذیری بیشتری دارند، در واقع معیارهایی که  $R-C > 0$  باشد در بالای محور  $X$  قرار دارند و علی و تاثیر گذار می‌باشند و معیارهایی که  $R-C < 0$  باشد در پایین محور  $X$  قرار دارند و معلول و تاثیر پذیر می‌باشند. در اینجا قابلیت های پایین خط افق که شامل  $CF1, CF2, CF5, CF6, CF7, CF9, CF12, CF13, CF14$  هستند قابلیت های معلولی شناخته میشوند و بالای خط افق قابلیت های علی که شامل  $CF3, CF4, CF8, CF10, CF11, CF15$  را نشان می‌دهد.

جدول (۹): جدول اهمیت و روابط نهایی

رتبه بندی کلی	دسته علی / معلولی	نام قابلیت	
۱۳	معلول و تاثیر پذیر	آمادگی و وجود زیرساخت ها برای فناوری های جدید	CF1
۱۵	معلول و تاثیر پذیر	توانمندی های فنی	CF2
۸	علی و تاثیر گذار	حریم خصوصی و امنیت	CF3
۹	علی و تاثیر گذار	اعتماد	CF4
۳	معلول و تاثیر پذیر	شفافیت	CF5
۱۱	معلول و تاثیر پذیر	کیفیت	CF6
۷	معلول و تاثیر پذیر	همکاری	CF7
۶	علی و تاثیر گذار	آموزش	CF8
۱۰	معلول و تاثیر پذیر	نوآوری	CF9
۴	علی و تاثیر گذار	صرفه جویی در هزینه ها	CF10
۱۴	علی و تاثیر گذار	توانمندی اقتصادی و مالی	CF11
۱	معلول و تاثیر پذیر	صرفه جویی در هزینه ها	CF12
۵	معلول و تاثیر پذیر	پایداری محیطی	CF13
۲	معلول و تاثیر پذیر	به حداقل رساندن نقش واسطه ها	CF14
۱۲	علی و تاثیر گذار	قابلیت اجتماعی	CF15

در پژوهش حاضر به منظور شناسایی روابط ساختاری میان قابلیت های کلیدی و موثر بلاکچین برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در زنجیره تأمین بخش بانکی از تکنیک فرماتین فازی وینگز استفاده شده است. بعد از تجزیه و تحلیل نظرات خبرگان توسط تکنیک فرماتین فازی وینگز و چون در این روش از اعداد فازی  $(S_{\theta}, \mu, \nu)$  استفاده شده است پس از اینکه ماتریس قدرت تاثیر کل را نوشتیم در واقع انگار در ماتریس قدرت تاثیر کل سه ماتریس داشتیم که در کنار هم قرار گرفتند و ما این سه ماتریس را به صورت جدا نوشتیم، ماتریس اول  $S_{\theta}$  ها و ماتریس دوم  $\mu$ ها و ماتریس سوم شامل  $\nu$ ها می باشد به منظور تعیین روابط ساختاری بین معیارها حد آستانه تعیین میشود. برای تعیین حد آستانه روش های متفاوتی وجود دارد

در این پژوهش با محاسبه میانگین از ماتریس کل مقدار حد آستانه محاسبه میشود. مقدار میانگین برای ماتریس  $S_{\theta}$  برابر با  $0/01738$  و مقدار میانگین برای ماتریس  $\mu$  برابر با  $0/0476$  و مقدار میانگین برای ماتریس  $\nu$  برابر با  $0/0108$  است، پس از تعیین حد آستانه مقادیر بالاتر و مساوی این مقدار را حفظ کرده و مقادیر کمتر از آن صفر قرار داده میشود. در این صورت اگر در سلول هر دو مثبت باشند، روابط دو طرفه است. اگر یکی از دو مقدار صفر باشد، رابطه دو متغیر یک طرفه خواهد شد و اگر دو مقدار صفر باشد یعنی این دو متغیر رابطه ای ندارند. مقادیر مثبت در قطر اصلی بیانگر خودبازتابی متغیرها است.

جدول (۱۰): ماتریس روابط کل S

	CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9	CF10	CF11	CF12	CF13	CF14	CF15
CF 1	0	0.018 762	0	0	0	0	0	0.018 261	0.018 563	0.018 005	0.019 026	0.018 235	0.017 97	0	0
CF 2	0.019 098	0	0	0	0	0.018 132	0.017 451	0.018 758	0.018 547	0.018 034	0.019 497	0.017 714	0.018 492	0	0
CF 3	0.019 055	0.019 047	0	0.018 725	0.018 689	0.018 712	0.017 613	0	0.018 865	0.018 544	0.019 181	0.018 026	0.018 605	0	0.017 949
CF 4	0.018 924	0.018 98	0.018 741	0	0.018 695	0.018 491	0.017 97	0.018 571	0.018 85	0.018 905	0.018 937	0.017 477	0.018 752	0.018 366	0.018 66
CF 5	0.018 782	0.019 191	0.019 007	0	0	0.018 742	0.017 743	0.018 774	0.019 069	0.019 062	0.017 793	0.018 195	0.018 297	0.018 229	0.018 546
CF 6	0.019 029	0.019 418	0.018 793	0.019 129	0.018 727	0	0	0.018 583	0	0.019 079	0.019 356	0.018 221	0.019 111	0.018 346	0.018 951
CF 7	0.018 867	0.018 892	0.019 04	0.018 946	0.018 8	0.018 874	0	0.019 318	0.018 657	0.019 076	0.019 238	0.018 017	0.018 601	0.018 915	0.018 799
CF 8	0.018 471	0.019 249	0.018 171	0.018 929	0.017 846	0	0	0	0.018 511	0.018 294	0.019 682	0.018 451	0.018 702	0	0.018 191
CF 9	0.018 774	0.019 213	0.018 003	0.018 292	0.017 972	0.018 313	0.017 884	0.019 486	0	0.018 395	0.019 276	0.018 431	0.017 777	0	0.017 915
CF 10	0.018 597	0.019 281	0.018 784	0.018 158	0.018 02	0.019 038	0.018 062	0.019 12	0.018 833	0	0.018 672	0.017 956	0.018 506	0.017 665	0.018 406
CF 11	0.019 138	0.018 526	0.018 279	0.017 709	0.018 188	0.018 721	0	0.018 513	0.018 762	0.018 38	0	0.018 916	0.018 225	0.018 161	0
CF 12	0.018 585	0.019 183	0.018 76	0.018 375	0.018 754	0.018 555	0.018 345	0.018 636	0.018 935	0.018 598	0.019 056	0	0.018 814	0.019 06	0.018 02
CF 13	0.019 284	0.019 126	0.018 538	0.018 467	0.018 78	0.018 805	0.018 726	0.018 639	0.018 964	0.018 891	0.019 826	0.018 769	0	0.018 193	0.018 446
CF 14	0.018 633	0.018 945	0.019 061	0.018 491	0.018 821	0.018 311	0.018 652	0.018 631	0.018 941	0.018 866	0.019 026	0.019 114	0.018 274	0	0.018 324
CF 15	0.017 449	0.019 229	0.018 509	0.018 802	0.018 482	0.018 412	0.019 062	0.019 152	0.018 616	0.018 954	0.019 199	0.018 239	0.018 543	0.018 692	0

طرفه دارد. معیار CF7 با معیارهای CF9, CF10, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد و با CF8, CF11 رابطه ی یک طرفه دارد. معیار CF8 با معیارهای CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF15 رابطه دو طرفه دارد و با CF14 رابطه ی یک طرفه دارد. معیار CF9 با معیارهای CF10, CF11, CF12, CF13, CF15 رابطه دو طرفه دارد و با CF14 رابطه ی یک طرفه دارد. معیار CF10 با معیارهای CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF11 با معیارهای CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF15 با معیارهای CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF13, CF14, CF15 با معیارهای CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF14, CF15 با معیار CF15 رابطه دو طرفه دارد.

در ماتریس  $S_{\theta}$  طبق جدول (۱۰) معیار CF1 با معیار CF2, CF14, CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF15 و با CF3, CF4, CF5, CF6, CF7, CF15 معیار CF2 با معیار CF3, CF4, CF5, CF6, CF7, CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF15 رابطه دو طرفه دارد و با CF3, CF4, CF5, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF3 با معیارهای CF4, CF5, CF6, CF7, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF15, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد و با CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF4 با معیارهای CF6, CF7, CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF5 با معیارهای CF6, CF7, CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF6 با معیارهای CF7, CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF7 با معیارهای CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد و با CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد.

جدول (۱۱): ماتریس روابط کل  $\mu$

	CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9	CF10	CF11	CF12	CF13	CF14	CF15
CF1	0	0.006 275	0	0	0	0.004 777	0	0.004 831	0.005 696	0	0.006 293	0.005 294	0	0	0
CF2	0.006 815	0	0	0	0	0	0	0.006 097	0	0	0.007 817	0	0.005 156	0	0
CF3	0.005 42	0.006 135	0	0.005 589	0.005 686	0.005 073	0	0	0.005 628	0.005 37	0.006 024	0	0.005 257	0	0
CF4	0.005 687	0.005 69	0.005 732	0	0.005 164	0.005 837	0	0.005 877	0.005 13	0.005 648	0.005 188	0	0.005 195	0.005 327	0
CF5	0	0.006 02	0.005 965	0.005 607	0	0	0	0.005 209	0.005 437	0.005 431	0.006 181	0	0	0	0.005 142
CF6	0.006 157	0.006 915	0.005 655	0.006 514	0.005 105	0	0	0.005 435	0.005 68	0.005 461	0.006 623	0	0.005 745	0.005 821	0.004 804
CF7	0	0	0.005 441	0.006 107	0	0.005 633	0	0.006 556	0.005 421	0.006 142	0.005 517	0	0.005 405	0.005 386	0.006 007
CF8	0.004 857	0.006 533	0	0.004 774	0	0	0.004 841	0	0.005 376	0.005 176	0.007 176	0.004 924	0.005 713	0	0
CF9	0.005 736	0.006 31	0	0	0.005 047	0	0	0.007 515	0	0	0.006 581	0.005 33	0	0	0
CF10	0	0.006 318	0.005 623	0	0	0.005 95	0.005 085	0.005 995	0.005 747	0	0.005 458	0	0.005 75	0	0.004 944
CF11	0.006 257	0.004 881	0	0	0.005 13	0.005 589	0	0.004 981	0	0.005 435	0	0.005 354	0	0	0
CF12	0.004 889	0.005 487	0.005 744	0	0.005 095	0.004 985	0.004 824	0.005 024	0.005 667	0.005 879	0.006 123	0	0.005 747	0.006 471	0
CF13	0.006 314	0.005 474	0.005 406	0.004 863	0.005 105	0.005 743	0.005 607	0.005 437	0.005 683	0.005 775	0.007 232	0.005 169	0	0	0.005 365
CF14	0.005 4	0.005 784	0.005 973	0.005 363	0.005 61	0	0.005 048	0	0.005 655	0.005 121	0.005 712	0.004 761	0	0	0
CF15	0	0.006 039	0.005 398	0.005 623	0.005 844	0	0.006 485	0.006 018	0.005 418	0.006 063	0.005 518	0	0.005 872	0.005 595	0



## ۷- جمع بندی و پیشنهاد

این پژوهش با هدف شناسایی و اولویت‌بندی قابلیت‌های بلاکچین در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار در زنجیره تأمین بخش بانکی با مطالعه موردی بانک صادرات استان مازندران انجام شد. نشان داد که بلاکچین می‌تواند به‌عنوان ابزاری تحول‌آفرین در بهبود کارایی، شفافیت و پایداری در بخش بانکی عمل کند. از طریق مرور نظام‌مند ادبیات، مصاحبه با خبرگان، و بهره‌گیری از روش‌های دلفی فازی و FF-WINGS، ۱۵ قابلیت کلیدی در شش بعد فناوری-عملیاتی، بنیادی-جهانی، سازمانی-فرهنگی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی شناسایی شد. یافته‌ها نشان داد که قابلیت‌هایی همچون صرفه‌جویی در هزینه‌ها، صرفه‌جویی در هزینه‌ها و شفافیت نقش محوری در شکل‌دهی و تقویت سایر قابلیت‌ها دارند و در اولویت سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری قرار می‌گیرند. از سوی دیگر، قابلیت‌های نظیر نوآوری فناورانه و مسئولیت اجتماعی بیشتر متأثر از این عوامل بنیادین هستند و باید در مراحل بعدی توسعه دنبال شوند. این نتایج بیانگر آن است که بهره‌گیری اثربخش از بلاکچین در بخش بانکی، مستلزم تمرکز بر تقویت قابلیت‌های محوری، ایجاد زیرساخت‌های فناورانه پایدار، و توانمندسازی منابع انسانی است. بدین ترتیب، بانک‌ها می‌توانند نه تنها در مسیر ارتقای کارایی و شفافیت زنجیره تأمین مالی حرکت کنند، بلکه نقش فعال‌تری در تحقق اهداف توسعه پایدار ایفا نمایند. بانک‌ها باید بودجه و منابع خود را بر توسعه سامانه‌های صرفه‌جویی در هزینه‌ها مبتنی بر بلاکچین و ایجاد شفافیت داده‌ای تخصیص دهند و با اجرای پروژه‌های آزمایشی کوچک (مانند قراردادهای هوشمند برای ردیابی تراکنش‌های اعتباری) می‌توانند امکان‌سنجی عملی و کاهش ریسک پیاده‌سازی در مقیاس وسیع را فراهم کنند. آموزش تخصصی کارکنان در زمینه فناوری بلاکچین، امنیت سایبری و تحلیل داده، شرط لازم برای موفقیت تحول دیجیتال در بانک‌هاست.

### ۷-۱- پیشنهادات کاربردی برای صنعت بانکداری ایران

۱. اولویت‌دهی به امنیت بومی: با توجه به حملات سایبری و حساسیت‌های پدافندی در ایران، بانک‌ها باید سرمایه‌گذاری اصلی را روی قابلیت CF3 (امنیت و حریم خصوصی) متمرکز کنند. استفاده از بلاکچین‌های کنسرسیومی داخلی (Private/Consortium Blockchain) به جای بلاکچین‌های عمومی پیشنهاد می‌شود.

در ماتریس V طبق جدول ۱۲ معیار CF1 با معیار CF5, CF6, CF2, CF7, CF8, CF9, CF10, CF12, CF14 رابطه دو طرفه دارد و با CF2, CF3, CF4, CF11, CF13, CF15 معیار CF2 با معیار CF7, CF8, CF12, CF13 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF3, CF4, CF5, CF6, CF9, CF10, CF11, CF14, CF15 رابطه یک طرفه دارد. معیار CF3 با معیارهای CF4, CF5, CF6, CF7, CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF4 با معیارهای CF5, CF6, CF7, CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF5 با معیارهای CF6, CF7, CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF6 با معیارهای CF7, CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF7 با معیارهای CF8, CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF8 با معیارهای CF9, CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF9 با معیارهای CF10, CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF10 با معیارهای CF11, CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF11 با معیارهای CF12, CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF12 با معیارهای CF13, CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF13 با معیارهای CF14, CF15 رابطه دو طرفه دارد. معیار CF14 با معیارهای CF15 رابطه دو طرفه دارد.

### ۶- تحلیل نمودار علی و معلولی

به طور کلی نمودار علی و معلولی نشان می‌دهد که متغیرهای حریم خصوصی و امنیت (CF3) و توانمندی اقتصادی (CF11) در ناحیه علی (Effectual) قرار دارند؛ یعنی محرک‌های اصلی سیستم هستند. در مقابل، کاهش هزینه‌ها (CF12) و حذف واسطه‌ها (CF14) خالص‌ترین معلول‌ها هستند؛ به این معنا که نتیجه پیاده‌سازی سایر قابلیت‌ها هستند.

گسترده‌تر در نظر گرفته شوند، نه حکم قطعی برای همه بسترها و سیاست‌گذاری‌ها.

## ۸- مراجع

- [1] C. Bai, H. Zhou, and J. Sarkis, "Evaluating Industry 4.0 technology and sustainable development goals—a social perspective," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 61, no. 23, pp. 8094–8114, 2023. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2164375>
- [2] L. Mishra and V. Kaushik, "Application of blockchain in dealing with sustainability issues and challenges of financial sector," *J. Sustain. Finance Invest.*, vol. 13, no. 3, pp. 1318–1333, 2023. <https://doi.org/10.1080/20430795.2021.1940805>
- [3] M. Böhmecke-Schwafert and E. Garcia Moreno, "Exploring blockchain-based innovations for economic and sustainable development in the global south: A mixed-method approach based on web mining and topic modeling," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 191, p. 122517, Jun. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122446>
- [4] A. Parmentola, A. Petrillo, I. Tutore, and F. De Felice, "Is blockchain able to enhance environmental sustainability? A systematic review and research agenda from the perspective of Sustainable Development Goals (SDGs)," *Bus. Strategy Environ.*, vol. 31, no. 1, pp. 194–217, Jan. 2022. <https://doi.org/10.1002/bse.2882> Digital Object Identifier (DOI)
- [5] A. Gupta and S. Gupta, "Blockchain technology application in Indian banking sector," *Delhi Bus. Rev.*, vol. 19, no. 2, pp. 75–84, 2018.
- [6] S. Underwood, "Blockchain beyond bitcoin," *Commun. ACM*, vol. 59, no. 11, pp. 15–17, Oct. 2016. [10.1145/2994581](https://doi.org/10.1145/2994581)
- [7] P. Garg, B. Gupta, K. N. Kapil, U. Sivarajah, and S. Gupta, "Examining the relationship between blockchain capabilities and organizational performance in the Indian banking sector," *Ann. Oper. Res.*, 2023.
- [8] A. Thommandru and D. B. Chakka, "Recalibrating the Banking Sector with Blockchain Technology for Effective Anti-Money Laundering Compliances by Banks," *Sustain. Futures*, vol. 5, p. 100107, Dec. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.sft.2023.100107>
- [9] C. Qi, X. Wu, and M. Chen, "Blockchain Capabilities in Supply Chain Management: A Literature Review," in *ACM Int. Conf. Proc. Ser.*, 2023, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1145/3625078.3625079>
- [10] V. Rajnak and T. Puschmann, "The impact of blockchain on business models in banking," *Inf. Syst. e-Bus. Manag.*, vol. 19, no. 3, pp. 809–861, Sep. 2021.
- [11] Y. Wang, J. H. Han, and P. Beynon-Davies, "Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda," *Supply Chain Manag.*, vol. 24, no. 1, pp. 62–84, 2019. <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0148>
- [12] P. Garg, B. Gupta, A. K. Chauhan, U. Sivarajah, S. Gupta, and S. Modgil, "Measuring the perceived benefits of implementing blockchain technology in the banking sector," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 163, p. 120407, Feb. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120407>
- [13] Y. Sun, M. Shahzad, and A. Razaq, "Sustainable organizational performance through blockchain technology adoption and knowledge management in China," *J. Innov. Knowl.*, vol. 7, no. 4, p. 100259, Oct. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100247>
- [14] J. Leng et al., "Blockchain-empowered sustainable manufacturing and product lifecycle management in industry 4.0: A survey," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 132, p. 110112, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110112>

۲. مدیریت تعهدات ارزی: با توجه به قابلیت CF5 (شفافیت) و CF14 (حذف واسطه)، بانک می‌تواند از قراردادهای هوشمند برای ردیابی تعهدات ارزی صادرکنندگان و واردکنندگان استان مازندران (به ویژه در محصولات کشاورزی) استفاده کند تا فرآیند رفع تعهد ارزی شفاف و سریع شود.

۳. توسعه آموزش: (CF8) با توجه به فقر دانش بلاکچین در بدنه سنتی بانک‌ها، برگزاری دوره‌های آموزشی برای مدیران میانی جهت درک تفاوت "ارز دیجیتال" و "فناوری بلاکچین" ضروری است.

۴. تطبیق با ریال دیجیتال: بانک صادرات می‌تواند زیرساخت‌های خود را (CF1) برای اتصال به پروژه ریال دیجیتال بانک مرکزی آماده کند که دقیقاً با قابلیت‌های شناسایی شده در این پژوهش همپوشانی دارد.

با وجود تلاش برای ارائه تحلیل نظام‌مند و اولویت‌بندی کاربردی قابلیت‌های بلاکچین در زنجیره تأمین، این پژوهش دارای چند محدودیت است که باید در تفسیر نتایج لحاظ شوند. نخست، مطالعه به صورت موردی بر روی یک بانک در استان مازندران انجام شده است؛ بنابراین نتایج ممکن است بازتاب‌دهنده شرایط سازمانی، مقررات محلی و ویژگی‌های بازار آن منطقه باشد و به‌طور مستقیم قابل تعمیم به بانک‌ها یا صنایع دیگر در سطوح ملی یا بین‌المللی نباشد. دوم، تعداد محدود خبرگان و عدم قطعیت ذاتی در قضاوت‌های کلامی از محدودیت‌های این پژوهش بود که با روش فازی تا حدی کنترل شد. بنابراین برای مطالعات آینده پیشنهادها به شرح زیر می‌شود:

با توجه به اینکه روش شناسی مبتنی بر دلفی فازی و FF-WINGS دارای فرضیات ذاتی و حساسیت به وزن‌هاست؛ می‌توان اعتبارسنجی با تحلیل حساسیت اوزان نظرات خبرگان انجام گیرد. در این تحقیق در روش FF-WINGS مقدار  $\alpha = 0.5$  در نظر گرفته شده است، پیشنهاد می‌شود برای اعتبار دقیق‌تر این مدل در مطالعات آینده مقدار  $\alpha$  را اعدادی در طیف صفر تا یک قرار داد. در نهایت، طراحی مقطعی پژوهش و اتکا به قضاوت خبرگان محدودیت‌های زمانی و شناختی ایجاد می‌کند؛ پژوهش‌های آتی می‌توانند با نمونه‌گیری بین‌بانکی، داده‌های میدانی و طراحی‌های طولی، قابلیت تعمیم و استحکام نتایج را تقویت کنند. لذا توصیه می‌شود نتایج این مطالعه به‌عنوان شواهد زمینه‌ای و راهنما برای تحقیقات و آزمون‌های تجربی

banks: An empirical study on acceptance drivers among the populace," *Electron. Mark.*, vol. 34, no. 1, Dec. 2024.

[34] R. Kumar Singh, R. Mishra, S. Gupta, and A. A. Mukherjee, "Blockchain applications for secured and resilient supply chains: A systematic literature review and future research agenda," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 175, p. 108854, Jan. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108854>

[35] J. Wu, L. Yue, N. Li, and Q. Zhang, "Financing a Capital-Constrained Supply Chain under Risk Regulations: Traditional Finance versus Platform Finance," *Sustainability*, vol. 16, no. 17, p. 7268, Aug. 2024. <https://doi.org/10.3390/su16177268>

[36] S. F. M. Radzi, M. S. Hassan, and N. S. Shaari, "Security, Sustainability, and Legal Issues of Blockchain Technology Implementation: A Short Literature Review," *J. Adv. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 30, no. 1, pp. 275–281, Mar. 2023.

[37] M. Böhmecke-Schwafert and E. García Moreno, "Exploring blockchain-based innovations for economic and sustainable development in the global south: A mixed-method approach based on web mining and topic modeling," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 191, p. 122517, Jun. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122446>

[38] J. Wu, L. Yue, N. Li, and Q. Zhang, "Financing a Capital-Constrained Supply Chain under Risk Regulations: Traditional Finance versus Platform Finance," *Sustainability*, vol. 16, no. 17, Sep. 2024.

<https://doi.org/10.3390/su16177268>

[39] R. Mishra, R. K. Singh, S. Kumar, S. K. Mangla, and V. Kumar, "Critical success factors of Blockchain technology adoption for sustainable and resilient operations in the banking industry during an uncertain business environment," *Electron. Commer. Res.*, 2023. [10.1007/s10660-023-09707-3](https://doi.org/10.1007/s10660-023-09707-3)

[40] T. Potnis, Y. Y. Lau, and T. L. Yip, "Roles of Blockchain Technology in Supply Chain Capability and Flexibility," *Sustainability*, vol. 15, no. 9, May 2023. <https://doi.org/10.3390/su15097460>

[41] P. K. Ozili, "Determinants of global interest in central bank digital currency: The role of sustainable development and cryptocurrency," *Digit. Transform. Soc.*, vol. 3, no. 2, pp. 179–196, Apr. 2024. <https://doi.org/10.1108/DTS-04-2023-0020>

[42] G. D. Sharma, A. K. Tiwari, R. Chopra, and D. Dev, "Past, present, and future of block-chain in finance," *J. Bus. Res.*, vol. 177, p. 114639, Apr. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114640>

[43] U. Kayani and F. Hasan, "Unveiling Cryptocurrency Impact on Financial Markets and Traditional Banking Systems: Lessons for Sustainable Blockchain and Interdisciplinary Collaborations," *J. Risk Financ. Manag.*, vol. 17, no. 2, Feb. 2024. <https://doi.org/10.3390/jrfm17020058>

[44] M. Ghaemi Asl, S. Ben Jabeur, S. S. Hosseini, and H. Tajmir Riahi, "Fintech's impact on conventional and Islamic sustainable equities: Short- and long-term contributions of the digital financial ecosystem," *Glob. Financ. J.*, vol. 62, p. 100998, Sep. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2024.101022>

[45] M. Wasiq et al., "Adoption and Applications of Blockchain Technology in Marketing: A Retrospective Overview and Bibliometric Analysis," *Sustainability*, vol. 15, no. 4, Feb. 2023. <https://doi.org/10.3390/su15043279>

[46] T. Potnis, Y. Y. Lau, and T. L. Yip, "Roles of Blockchain Technology in Supply Chain Capability and Flexibility," *Sustainability*, vol. 15, no. 9, May 2023. <https://doi.org/10.3390/su15097460>

[47] E. Onyekwere, F. N. Ogwueleka, and M. E. Irhebhude, "Adoption and sustainability of bitcoin and the blockchain technology in Nigeria," *Int. J. Inf. Technol.*, vol. 15, no. 5, pp. 2793–2804, Jun. 2023.

[15] D. Su, L. Zhang, H. Peng, P. Saeidi, and E. B. Tirkolae, "Technical challenges of blockchain technology for sustainable manufacturing paradigm in Industry 4.0 era using a fuzzy decision support system," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 188, p. 122275, Mar. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122275>

[16] A. B. Setyowati, "Governing sustainable finance: insights from Indonesia," *Clim. Policy*, vol. 23, no. 1, pp. 108–121, 2023. <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1858741>

[17] N. Kshetri, "1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives," *Int. J. Inf. Manag.*, vol. 39, pp. 80–89, 2018.

[18] S. Underwood, "Blockchain beyond bitcoin," *Commun. ACM*, vol. 59, no. 11, pp. 15–17, Oct. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>

[19] C. Qi, X. Wu, and M. Chen, "Blockchain Capabilities in Supply Chain Management: A Literature Review," in *ACM Int. Conf. Proc. Ser.*, 2023, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1145/3625078.3625079>

[20] C. Qi, X. Wu, and M. Chen, "Blockchain Capabilities in Supply Chain Management: A Literature Review," in *ACM Int. Conf. Proc. Ser.*, 2023, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1145/3625078.3625079>

[21] C. G. Schmidt and S. M. Wagner, "Blockchain and supply chain relations: A transaction cost theory perspective," *J. Purch. Supply Manag.*, vol. 25, no. 4, p. 100552, Oct. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2019.100552>

[22] P. Garg, B. Gupta, A. K. Chauhan, U. Sivarajah, S. Gupta, and S. Modgil, "Measuring the perceived benefits of implementing blockchain technology in the banking sector," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 163, p. 120407, Feb. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120407>

[23] N. Kshetri, "1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives," *Int. J. Inf. Manag.*, vol. 39, pp. 80–89, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>

[24] N. Kshetri, "1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives," *Int. J. Inf. Manag.*, vol. 39, pp. 80–89, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>

[25] P. D. R. Griffiths and P. Baudier, "Enabling Responsible Banking through the Application of Blockchain," *J. Innov. Econ. Manag.*, vol. 41, no. 2, pp. 17–49, 2023. <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0126>

[26] C. Qi, X. Wu, and M. Chen, "Blockchain Capabilities in Supply Chain Management: A Literature Review," in *ACM Int. Conf. Proc. Ser.*, 2023, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1145/3625078.3625079>

[27] M. Singhania and G. Chadha, "Thirty years of sustainability reporting research: a scientometric analysis," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, pp. 102047–102082, 2023.

[28] P. D. R. Griffiths and P. Baudier, "Enabling Responsible Banking through the Application of Blockchain," *J. Innov. Econ. Manag.*, vol. 41, no. 2, pp. 17–49, 2023. <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0126>

[29] D. Mhlanga, "Block chain technology for digital financial inclusion in the industry 4.0, towards sustainable development?" *Front. Blockchain*, vol. 6, 2023. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2023.1035405>

[30] P. D. R. Griffiths and P. Baudier, "Enabling Responsible Banking through the Application of Blockchain," *J. Innov. Econ. Manag.*, vol. 41, no. 2, pp. 17–49, 2023. <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0126>

[31] M. Singhania and G. Chadha, "Thirty years of sustainability reporting research: a scientometric analysis," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, pp. 102047–102082, 2023.

[32] A. Arshad, F. Shahzad, I. Ur Rehman, and B. S. Sergi, "A systematic literature review of blockchain technology and environmental sustainability: Status quo and future research," *Int. Rev. Econ. Financ.*, vol. 88, pp. 1602–1622, Nov. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.07.044>

[33] C. Zeiß, M. Schaschek, L. Straub, C. Tomitza, and A. Winkelmann, "Re-intermediation of the crypto asset ecosystem by

- approach for sustainable operation management in the UK," *Neural Comput. Appl.*, vol. 36, no. 22, pp. 13551–13577, Aug. 2024.
- [63] B. D. Rai, G. A. Tessema, L. Fritschi, and G. Pereira, "The application of the One Health approach in the management of five major zoonotic diseases using the World Bank domains: A scoping review," *One Health*, vol. 18, p. 100722, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2024.100695>
- [64] R. Mavilia and R. Pisani, "Blockchain and catching-up in developing countries: The case of financial inclusion in Africa," *Afr. J. Sci. Technol. Innov. Dev.*, vol. 12, no. 2, pp. 151–163, Feb. 2020.
- [65] Ö. F. Görçün, D. Pamucar, and S. Biswas, "The blockchain technology selection in the logistics industry using a novel MCDM framework based on Fermatean fuzzy sets and Dombi aggregation," *Inf. Sci.*, vol. 635, pp. 345–374, Jul. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.03.113>
- [66] C. A. Sathe and C. Panse, "Modelling the enablers of productivity of enterprise-level Agile software development process using modified TISM approach," *J. Model. Manag.*, 2024.
- [67] F. Ji and A. Tia, "The effect of blockchain on business intelligence efficiency of banks," *Kybernetes*, vol. 51, no. 8, pp. 2652–2668, Jul. 2022.
- [68] M. J. Sousa, "Blockchain as a driver for transformations in the public sector," *Policy Des. Pract.*, vol. 6, no. 4, pp. 415–432, 2023. <https://doi.org/10.1080/25741292.2023.2267864>
- [69] A. Adegbite, "The Role Of Blockchain Technology In Enhancing Financial Inclusion," *IOSR J. Econ. Financ.*, vol. 15, no. 5, pp. 19–28, Oct. 2024. 10.9790/5933-1505071928
- [70] T. Saheb and F. H. Mamaghani, "Exploring the barriers and organizational values of blockchain adoption in the banking industry," *J. High Technol. Manag. Res.*, vol. 32, no. 2, p. 100416, Nov. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2021.100417>
- [71] L. Mishra and V. Kaushik, "Application of blockchain in dealing with sustainability issues and challenges of financial sector," *J. Sustain. Finance Invest.*, vol. 13, no. 3, pp. 1318–1333, 2023. <https://doi.org/10.1080/20430795.2021.1940805>
- [72] P. D. R. Griffiths and P. Baudier, "Enabling Responsible Banking through the Application of Blockchain," *J. Innov. Econ. Manag.*, vol. 41, no. 2, pp. 17–49, 2023. <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0126>
- [73] S. Jiang, K. Jakobsen, J. Bueie, J. Li, and P. H. Haro, "A Tertiary Review on Blockchain and Sustainability With Focus on Sustainable Development Goals," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 114975–115006, 2022. 10.1109/ACCESS.2022.3217683
- [74] D. Li, Z. Luo, and B. Cao, "Blockchain-based federated learning methodologies in smart environments," *Cluster Comput.*, vol. 25, no. 4, pp. 2585–2599, Aug. 2022.
- [75] S. Yadav and S. P. Singh, "Blockchain critical success factors for sustainable supply chain," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 152, p. 104505, Jan. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104505>
- [76] M. Pournader, Y. Shi, S. Seuring, and S. C. L. Koh, "Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 7, pp. 2063–2081, Apr. 2020. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1650976>
- [77] T. Ranjbar, S. Mojaverian, Z. Amiri Raftani, S. Shirzadi Laskoukelayeh, and F. Eshghi, "Ranking of Important Indicators of Blockchain Technology for the Vegetable Oil Supply Chain," *J. Agric. Econ. Dev.*, vol. 36, no. 2, pp. 169–182, 2022. 10.22067/JEAD.2022.71164.1092
- [78] P. O. Paul et al., "Blockchain for sustainable supply chains: A systematic review and framework for SME implementation," *World J. Adv. Eng. Technol. Sci.*, vol. 13, no. 1, pp. 979–999, Oct. 2024. 10.22067/JEAD.2022.71164.1092.
- [48] M. A. Mohammed, C. De-Pablos-Heredero, and J. L. Montes Botella, "Exploring the Factors Affecting Countries' Adoption of Blockchain-Enabled Central Bank Digital Currencies," *Future Internet*, vol. 15, no. 10, Oct. 2023. <https://doi.org/10.3390/fi15100321>
- [49] D. Mhlanga, "Block chain technology for digital financial inclusion in the industry 4.0, towards sustainable development?" *Front. Blockchain*, vol. 6, 2023. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2023.1035405>
- [50] S. F. M. Radzi, M. S. Hassan, and N. S. Shaari, "Security, Sustainability, and Legal Issues of Blockchain Technology Implementation: A Short Literature Review," *J. Adv. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 30, no. 1, pp. 275–281, Mar. 2023.
- [51] S. Zhu, J. Li, Y. Wang, Y. Li, and X. Dong, "The value of blockchain technology in supply chains with capital constraints: from the perspective of demand volatility," *Int. Trans. Oper. Res.*, vol. 31, no. 6, pp. 3933–3954, Nov. 2024. <https://doi.org/10.1111/itor.13335>
- [52] G. B. Gemente, A. L. da Silva, E. M. da Silva, and F. H. Costa, "Pressures, power relationships and governance mechanisms: a multi-tier supply chain approach," *Int. J. Logist. Manag.*, 2023. <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2021-0291>
- [53] P. K. Ozili, "Determinants of global interest in central bank digital currency: The role of sustainable development and cryptocurrency," *Digit. Transform. Soc.*, vol. 3, no. 2, pp. 179–196, Apr. 2024. <https://doi.org/10.1108/DTS-04-2023-0020>
- [54] H. O. Mbaidin, M. A. K. Alsmairat, and R. Al-Adaileh, "Blockchain adoption for sustainable development in developing countries: Challenges and opportunities in the banking sector," *Int. J. Inf. Manag. Data Insights*, vol. 3, no. 2, Nov. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2023.100199>
- [55] A. Arshad, F. Shahzad, I. Ur Rehman, and B. S. Sergi, "A systematic literature review of blockchain technology and environmental sustainability: Status quo and future research," *Int. Rev. Econ. Financ.*, vol. 88, pp. 1602–1622, Nov. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.07.044>
- [56] S. A. Radmanesh, A. Haji, and O. Fatahi Valilai, "Blockchain-Based Architecture for a Sustainable Supply Chain in Cloud Architecture," *Sustainability*, vol. 15, no. 11, Jun. 2023. <https://doi.org/10.3390/su15119072>
- [57] M. Moche and T. Iyamu, "Blockchain for marketing purposes by banking institutions: activity theory perspective," *Issues Inf. Syst.*, vol. 24, no. 2, pp. 93–108, 2023. DOI: [https://doi.org/10.48009/2\\_iis\\_2023\\_109](https://doi.org/10.48009/2_iis_2023_109)
- [58] K. A. Dawood et al., "Towards a unified criteria model for usability evaluation in the context of open source software based on a fuzzy Delphi method," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 130, p. 106453, Feb. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106453>
- [59] E. Marlina, A. N. Hidayanto, and B. Purwandari, "Towards a model of research data management readiness in Indonesian context: An investigation of factors and indicators through the fuzzy delphi method," *Libr. Inf. Sci. Res.*, vol. 44, no. 1, p. 101138, Jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.lisr.2022.101141>
- [60] S. Poddar, M. Priya, M. Ghosh, A. K. Singh, and S. Pandey, "Circular Economy Integration in the Indian FMCG Supply Chain: Unveiling Strategic Hurdles and Pathways to Sustainable Transformation," *Circ. Econ. Sustain.*, Sep. 2024.
- [61] J. Galarza-Maria, A. D. de Junguito, and I. Labaien, "Social dimension of the circular economy: Impact categories through fuzzy Delphi method," *Sustain. Dev.*, Oct. 2024. <https://doi.org/10.1002/sd.2933> Digital Object Identifier (DOI)
- [62] M. Yazdi, R. Moradi, A. Nedjati, R. Ghasemi Pirbalouti, and H. Li, "E-waste circular economy decision-making: a comprehensive

- [93] O. Bayram, I. Talay, and M. Feridun, "Can Fintech Promote Sustainable Finance? Policy Lessons from the Case of Turkey," *Sustainability*, vol. 14, no. 19, Oct. 2022. 10.3390/su141912414
- [94] A. Park and H. Li, "The effect of blockchain technology on supply chain sustainability performances," *Sustainability*, vol. 13, no. 4, pp. 1–18, Feb. 2021. <https://doi.org/10.3390/su13041726>
- [95] O. Badunenko, S. C. Kumbhakar, and A. Lozano-Vivas, "Achieving a sustainable cost-efficient business model in banking: The case of European commercial banks," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 293, no. 2, pp. 773–785, Sep. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.12.039>
- [96] J. Vaz and K. Brown, "Sustainable development and cryptocurrencies as private money," *J. Ind. Bus. Econ.*, vol. 47, no. 1, pp. 163–184, Mar. 2020.
- [97] D. Mhlanga, "Block Chain for Digital Financial Inclusion Towards Reduced Inequalities," in *FinTech and Artificial Intelligence for Sustainable Development*, 2023, pp. 263–290.
- [98] Z. Hong and K. Xiao, "Digital economy structuring for sustainable development: the role of blockchain and artificial intelligence in improving supply chain and reducing negative environmental impacts," *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, Dec. 2024.
- [99] L. Cocco, A. Pinna, and M. Marchesi, "Banking on blockchain: Costs savings thanks to the blockchain technology," *Future Internet*, vol. 9, no. 3, Jun. 2017. <https://doi.org/10.3390/fi9030025>
- [100] J. Liu, J. Li, J. Wang, M. M. Uddin, and B. Zhang, "Research on the Application of Blockchain Technology in Coal Supply Chain Finance," *Sustainability*, vol. 14, no. 16, Aug. 2022. <https://doi.org/10.3390/su141610099>
- [101] M. Samah, O. Salah, and I. I. El Farouk, "A Literature Review on Sustainable Supply chain Management and its Impact on Sustainable Performance," in *2022 IEEE 14th Int. Conf. Logist. Supply Chain Manag. (LOGISTIQUA)*, 2022. 10.1109/LOGISTIQUA55056.2022.9938032
- [102] L. Kleinknecht, "Can Blockchain Capabilities Contribute to Sustainable Supply-Chain Governance?" *IEEE Eng. Manag. Rev.*, vol. 49, no. 4, pp. 150–154, 2021. 10.1109/EMR.2021.3123205
- [103] P. K. Sharma, N. Kumar, and J. H. Park, "Blockchain technology toward green IoT: Opportunities and challenges," *IEEE Netw.*, vol. 34, no. 4, pp. 263–269, Jul. 2020. 10.1109/MNET.001.1900526
- [104] P. Rani, P. Sharma, and I. Gupta, "Toward a greener future: A survey on sustainable blockchain applications and impact," *J. Environ. Manage.*, vol. 354, p. 120263, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120273>
- [105] W. K. Chen, V. Nalluri, M. L. Lin, and C. T. Lin, "Identifying decisive socio-political sustainability barriers in the supply chain of banking sector in india: Causality analysis using ism and micmac," *Mathematics*, vol. 9, no. 3, pp. 1–23, 2021. 10.3390/math9030240
- [106] S. Moufty, E. Clark, and B. Al-Najjar, "The different dimensions of sustainability and bank performance: Evidence from the EU and the USA," *J. Int. Account. Audit. Tax.*, vol. 43, p. 100381, Jun. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.intaccudtax.2021.100381>
- [79] C. Qi, X. Wu, and M. Chen, "Blockchain Capabilities in Supply Chain Management: A Literature Review," in *ACM Int. Conf. Proc. Ser.*, 2023, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1145/3625078.3625079>
- [80] H. Hosseinalibeiki and M. Heidari, "A conceptual hybrid model based on Ethereum for implementing sustainable development goals," *Eur. J. Sustain. Dev. Res.*, vol. 8, no. 4, p. em0272, Oct. 2024. <https://doi.org/10.29333/ejosdr/15434>
- [81] A. Bhatti et al., "Much-needed business digital transformation through big data, internet of things and blockchain capabilities: implications for strategic performance in telecommunication sector," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 27, no. 6, pp. 1854–1873, Oct. 2021.
- [82] N. N. Thach et al., "Technology Quality Management of the Industry 4.0 and Cybersecurity Risk Management on Current Banking Activities in Emerging Markets - The Case in Vietnam," *Int. J. Qual. Res.*, vol. 15, no. 3, pp. 845–856, 2021. 10.24874/IJQR15.03-10
- [83] M. Xu, S. Ma, and G. Wang, "Differential Game Model of Information Sharing among Supply Chain Finance Based on Blockchain Technology," *Sustainability*, vol. 14, no. 12, Jun. 2022. <https://doi.org/10.3390/su14127139>
- [84] M. L. Marsal-Llacuna, "Cryptourbanomics: A method to boost urban sustainability with blockchain technology," *Sustainability*, vol. 13, no. 5, pp. 1–24, Mar. 2021. 10.3390/su13052438
- [85] S. Alharthi, P. R. Cerotti, and S. M. Far, "An Exploration of the Role of Blockchain in the Sustainability and Effectiveness of the Pharmaceutical Supply Chain," in *IBIMA Bus. Rev.*, 2020. 10.5171/2020.562376
- [86] A. B. Setyowati, "Governing sustainable finance: insights from Indonesia," *Clim. Policy*, vol. 23, no. 1, pp. 108–121, 2023. <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1858741>
- [87] Z. Tian et al., "A blockchain-based evaluation approach for customer delivery satisfaction in sustainable urban logistics," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 59, no. 7, pp. 2229–2249, 2021. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1809733>
- [88] P. N. Petratos, N. Ljepava, and A. Salman, "Blockchain Technology, Sustainability and Business: A Literature Review and the Case of Dubai and UAE," in *Advances in Science, Technology and Innovation*, 2020, pp. 87–93.
- [89] L. Bindewald, "Inconsistent Definitions of Money and Currency in Financial Legislation as a Threat to Innovation and Sustainability," *J. Risk Financ. Manag.*, 2021. <https://doi.org/10.3390/jrfm14020055>
- [90] S. A. Radmanesh, A. Haji, and O. Fatahi Valilai, "Blockchain-Based Architecture for a Sustainable Supply Chain in Cloud Architecture," *Sustainability*, vol. 15, no. 11, Jun. 2023. <https://doi.org/10.3390/su15119072>
- [91] J. Banu, R. Baral, and V. V., "The enablers and stumbling blocks in sustaining growth of women-owned micro-enterprises in India – a qualitative inquiry," *J. Enterprising Communities*, 2024.
- [92] S. Cao, H. Johnson, and A. Tulloch, "Exploring blockchain-based Traceability for Food Supply Chain Sustainability: Towards a Better Way of Sustainability Communication with Consumers," in *Procedia Comput. Sci.*, vol. 204, pp. 1437–1445, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.342>