"Research Article"

Investigating the Impact of Blockchain Technology in Solving the Challenges of the Halal Food Supply Chain

Mojtaba Farrokh[*1], *Mohammad Mehrabioun Mohammadi*[2], *Amir Hossein Mashayekhi*[3]

(Received:2023.01.07; Accepted:2023.07.01)

Abstract

The main concern in the halal food supply chain is its halal integrity. Tracking systems based on emerging technologies are now used in the halal food supply chain to gain consumers' trust. To reduce the challenges of the halal food supply chain, blockchain technology is being used to improve its transparency and greater integrity. In the present research, by reviewing the related literature and experts' opinions, after identifying the challenges, functions, and technical requirements of blockchain in the halal food supply chain, the relationships among these have been determined through Interpretive Structural Modeling (ISM), and a procedure for its application has been provided. The results of this study show that if the decision makers want to apply blockchain technology in the halal food supply chain, they should first select and improve the tools and technical requirements of blockchain as an infrastructure and then, reduce the challenges based on the relationship between them, which can lead to an increase in customer satisfaction.

Key Words:

blockchain technology, halal food supply chain, smart contracts, ISM

1.Assistant Professor, Department of Information Technology and Operations Management, Faculty of Management, Khwarazmi University, Tehran, Iran

*.Corresponding Author: Farrokh@khu.ac.ir

2.Assistant Professor of Information Technology, Faculty of Management, Kharazmi University, Tehran, Iran

3.MSc.Department of Industrial Management, Khwarazmi University, Tehran, Iran

1. Introduction

Halal supply chain consists of stages from the beginning of production and procurement of halal materials to the delivery of the final product to consumers. This process encompasses the entire supply chain during slaughter, production, storage, and transportation. In addition to using halal raw materials and producing halal products, halal integrity must be ensured throughout the value chain (Zailani et al., 2017). The blockchain technology contributes to improving the halal supply chain from business, technical, and informational perspectives. However, there is a research gap in identifying the capabilities, requirements, and technical specifications of blockchain technology for addressing the challenges of halal food supply chain. Furthermore, there is a lack of modeling the relationship between these capabilities and functions for various decision-making and strategy development in the past research. Hence, the identification and modeling of capabilities, functions, and technical specifications for blockchain acceptance in the halal food supply chain are deemed a research necessity. Given the above, the aim of this study is to investigate the application of blockchain technology in addressing the challenges of the halal food supply chain. To achieve this goal, after identifying these capabilities and functions, we will seek to determine the role of blockchain in addressing these challenges. Additionally, a framework for the application of blockchain in this industry's supply chain will be proposed by interpretive structural modeling (ISM) method.

2.Literature Review

The halal industry faces issues of inaccuracy and lack of authenticity due to the difficulty of controlling the entire system. Additionally, not all players in the halal supply chain have access to information, which can significantly reduce supply chain integrity (Abidin & Perdana, 2020). In this section, we review the literature on research regarding the halal food supply chain and the role of blockchain in it. Chandra et al. (2019) addressed various challenges in the halal food industry by examining the halal food supply chain and conducting empirical studies in this area, investigating how the emerging technology of blockchain can redefine the current system and product tracking. Rejeb and Bell (2019) proposed a food tracking system in the halal meat supply chain based on Islamic food law using blockchain and the Internet of Things, by examining the risks of the halal food supply chain such as meat. Azzi et al. (2019)

explained how to integrate blockchain into the supply chain structure to create a reliable, transparent, credible, and secure system. Azmi et al. (2020) introduced nine significant risks in the halal food supply chain literature, including human resources, processing risks, logistics risks, raw material risks, halal certification issuance, traceability capabilities, market specifications, outsourcing methods, and product features.

3.Methodology

To identify the capabilities, functions, and technical specifications of blockchain in addressing the challenges of the halal food supply chain, a structured questionnaire was used to collect the expert opinions which were analyzed using ISM. Four stages can be envisioned for this research, as outlined below.

First Stage: Identifying the capabilities of blockchain for addressing the challenges of the halal supply chain through a review of past research.

Second Stage: Identifying the functions and technical specifications of blockchain in managing the halal supply chain through a review of past research.

Third Stage: Designing and validating an expert questionnaire to identify the relationships among capabilities, functions, and technical specifications of blockchain in relation to the challenges of the halal food supply chain.

Fourth Stage: Identifying direct and indirect relationships among capabilities, functions, and technical specifications of blockchain in relation to the challenges of the halal food supply chain and categorizing these variables to better understand their interactions using ISM.

4.Results

In the present study, a review of the related literature regarding the challenges in the halal food supply chain, blockchain technology, its capabilities, and applications was conducted. This study is one of the first researches examining the relationship among challenges in the halal food supply chain, technical specifications, and functions of blockchain using ISM, and their impact on the performance of the halal food supply chain. The findings offer recommendations for decision-makers and managers

in supply chains, especially in the halal food industry, regarding the use of blockchain technology to increase collaboration and trust among partners in the supply chain, improve product quality, and consequently enhance customer satisfaction. Through the literature review, it was identified that the halal food supply chain faces numerous challenges that can be addressed using blockchain technology. The study focused on examining and identifying the capabilities of blockchain in addressing the challenges of the halal food supply chain, its functions, and technical specifications. Additionally, the application of blockchain to overcome challenges was explored, and some criteria were classified using ISM to propose a model based on this classification. Rarely has previous research categorized and prioritized the capabilities and functions of blockchain in relation to the challenges of the halal food supply chain. In this study, we identified these capabilities and examined the role of blockchain in addressing them.

5.Discussion

According to the findings of this research, when the decision to implement blockchain in the supply chain is made, special attention to the tools and technical specifications of blockchain as the infrastructure becomes vital to improve the needs of the blockchain and gain greater flexibility in the supply chain. Since one of the most important features of blockchain is its public and private key-based encryption, the use of this encryption can serve as a foundation for validating the credibility of a transaction in various networks, thereby, increasing the accuracy of information and access to them across the entire network and among organizations. As the accuracy of information such as information related to compliance with halal standards, raw material information, and production process information can be a significant step in increasing trust in the supply chain, fundamental blockchain technologies such as hashing, consensus algorithms, and public and private key variables can play a crucial role in building trust and ensuring information accuracy, which ultimately can lead to trust and cohesion in the food supply chain. Additionally, a smart contract is another fundamental blockchain technology that plays a crucial role in streamlining the halal supply chain. The use of smart contracts in the supply chain reduces costs and delays, automates parts of organizational processes such as confirming compliance, and automates confirmation of raw material information,

leading to improved efficiency, cost savings, increased productivity, and labor savings. Additionally, the organization's move towards implementing fundamental blockchain technologies can accelerate the integration of blockchain technology with emerging technologies such as AI and IoT. Different types of "hash" and "consensus algorithms" make information more accessible in the supply chain, leading to increased transparency in halal food supply chain activities and real-time visibility of all activities. "Transparency" and "visibility" are two key variables in the supply chain that, with direct and indirect effects on other elements, help manage the challenges of the halal food supply chain more effectively. Visibility provides greater control, flexibility, and optimal product flow throughout the supply chain. Visibility can also indicate product quality parameters at each stage, ensuring product quality at the end of production.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

((مقاله پژوهشی))

بررسی تأثیر تکنولوژی زنجیرهٔ بلوکی در حل چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال

مجتبی فرخ*[۱]، محمد محرابیون محمدی[۲]، امیرحسین مشایخی[۳]

(دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷–پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۴/۱۰)

چکیده

مهم‌ترین نگرانی در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال یکپارچگی حلال بودن آن است. در زنجیرهٔ‌های تأمین غذای حلال برای اعتماد مصرف‌کنندگان از سیستم‌های ردیابی براساس فناوری‌های نوظهور استفاده می‌شود. برای کاهش چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال، از فناوری زنجیرهٔ بلوکی برای بهبود شفافیت و یکپارچگی بیشتر آن استفاده می‌شود. در این مطالعه به‌کمک مرور ادبیات و نظر کارشناسان پس از شناسایی قابلیت‌ها، کارکردها و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال روابط بین این معیارها با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری مشخص و چارچوبی برای کاربرد زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال ارائه شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اگر تصمیم‌گیران بخواهند از فناوری زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال استفاده نمایند، باید در ابتدا ابزار و مشخصات فنی مناسب زنجیرهٔ بلوکی را به‌عنوان زیرساخت، انتخاب و بهبود داده و سپس بر اساس ارتباط میان آن‌ها، چالش‌ها را کاهش داده که می‌تواند منجر به افزایش میزان رضایت مشتریان گردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژه‌های کلیدی:
تکنولوژی زنجیرهٔ بلوکی، زنجیرهٔ تأمین غذای حلال، قرارداد هوشمند، مدل‌سازی ساختاری تفسیری.

۱. استادیار گروه مدیریت فناوری اطلاعات و عملیات، دانشکده مدیریت، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
*. نویسنده مسؤول: Farrokh@khu.ac.ir
۲.استادیار گروه مدیریت فناوری اطلاعات و عملیات، دانشکده مدیریت، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳.کارشناسی ارشد گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

مقدمه

زنجیرهٔ تأمین حلال شامل مراحل آغاز تولید و تهیهٔ مواد حلال تا تولید و تحویل محصول نهایی به مصرف‌کنندگان است. این فرایند کل زنجیرهٔ تأمین در هنگام ذبح، تولید، انبارداری و حمل و نقل است. علاوه بر استفاده از مواد اولیه حلال و تولید حلال، یکپارچگی حلال باید در امتداد زنجیرهٔ ارزش فراهم شود (زیلانی و همکاران[1]، ۲۰۱۷). علاوه براین، عدم وجود سیستم صدور گواهینامه حلال استاندارد یا یکپارچه در سطح جهانی باعث ایجاد موانع فنی برای تجارت مرزی محصولات حلال در میان اقتصادهای بین المللی شده است (تایمن و همکاران[2]، ۲۰۱۳). در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال، موضوعاتی مانند آلودگی، تقلب حلال، کلاهبرداری حلال، مسائل لجستیکی و عدم توسعه به سمت استاندارد حلال که در سراسر جهان قابل اجرا باشد همیشه در خط مقدم بحث عمومی بوده است (علی و همکاران، ۲۰۲۱؛ تان و همکاران[3] ۲۰۲۲). علاوه بر این، برنامه‌های اصالت و امنیت غذایی به دلیل اتلاف شدن در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال به دلایل مختلف مانند مدیریت نامناسب، زیرساخت‌های ناکافی و فقدان امکانات بازاریابی مناسب همواره در معرض آسیب بوده است که به نوبه خود تضمین اصالت و امنیت غذایی حلال را دشوار می‌سازد. نظارت ناکافی بر موجودیت‌های مختلف زنجیرهٔ تأمین، تقلب، هدررفت و دستکاری بیشتر منجر به توزیع ناکارآمد مواد غذایی می‌شود. علاوه بر این، چنین شرایطی منجر به مشکلات دیگری مانند کیفیت پایین، بی‌اعتمادی مشتریان و افزایش فقر می‌شود. بنابراین، برای بهبود زنجیرهٔ تأمین غذای حلال، ارتقای فناوری ضروری است (رجب[4]، ۲۰۱۸).

زنجیرهٔی بلوکی همراه با قراردادهای هوشمند یکی از این فناوری‌ها است که می‌تواند با ترکیب با فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا و RFID برای ردیابی غذا در طول زنجیرهٔ تأمین و تضمین حلال بودن آن مورد استفاده قرار گیرد. زنجیرهٔ بلوکی به‌عنوان یکی از فناوری‌های نوظهور می‌تواند نقش مهمی در کاهش مشکلات مربوط به خلوص زنجیرهٔ تأمین غذای حلال داشته باشد. زنجیرهٔی بلوکی را می‌توان به‌عنوان یک دفتر عمومی در نظر گرفت که کلیه تراکنش‌های انجام شده، در زنجیره‌ای از بلوک‌ها ذخیره می‌شود. هنگامی‌که بلوک‌های جدید به آن اضافه می‌شوند، این زنجیره به‌طور مداوم رشد می‌کند (ژنگ و همکاران[5]، ۲۰۱۸).

1. Zailani et al
2. Tieman et al
3. Tan et al
4. Rejeb
5. Zheng et al

زنجیرۀ بلوکی از سه منظر کسب‌وکاری، فنی و اطلاعاتی به بهبود زنجیرۀ تأمین حلال کمک می‌نماید. از منظر کسب‌وکاری، زنجیرۀ بلوکی، شبکه‌ای برای تبادل تراکنش‌ها، ارزش و دارایی بین همتایان، بدون کمک واسطه‌ها است. زنجیرۀ بلوکی یک سند غیرقابل‌تغییر و غیرقابل جعل از معاملات انجام شده را در زنجیرۀ تأمین حلال فراهم می‌آورد. با بهره‌گیری از زنجیرۀ بلوکی، جزئیات زنجیرۀ تأمین از طریق فناوری‌های مختلف جمع‌آوری‌شده و پیش از آنکه به یک سند دائمی و پایدار مبدل شود، مورد اعتبارسنجی و تأیید قرار می‌گیرد (رامورتی[1]، ۲۰۱۶). دستاوردهای دیگر زنجیرۀ بلوکی در مدیریت زنجیرۀ تأمین، ایجاد ردیابی دقیق و شفاف، افزایش اعتماد بین تولیدکننده و مصرف‌کننده از طریق بهبود رؤیت‌پذیری و تطابق محصول با استانداردهای بین المللی، کاهش هزینه‌های اداری و کاغذبازی، کاهش یا حذف محصولات جعلی و تقلبی وتسهیل در ردیابی منشأ است (عزی و همکاران[2]، ۲۰۱۹). استفاده از فناوری زنجیرۀ بلوکی وابستگی به واسطه‌ها را به حداقل می‌رساند. علاوه بر ردیابی، استفاده از قراردادهای هوشمند می‌تواند تسویه حساب‌های مالی بین شرکای زنجیرۀ تأمین را ساده‌تر و خودکار کند. در نتیجه، زنجیرۀی بلوکی منجر به صرفه‌جویی در هزینه و بهبود کارایی می‌شود (ژنگ و همکاران، ۲۰۱۸).

از منظر فنی، زنجیرۀی بلوکی یک پایگاه داده پشتیبان است که دفترکل عمومی توزیع‌شده‌ای را حفظ می‌کند که می‌توان به‌طور آزاد از آن بازرسی کرد. فناوری زنجیرۀی بلوکی دارای ویژگی‌های کلیدی مانند عدم‌تمرکز[3]، پایداری[4]، ناشناس بودن[5] و قابلیت بازبینی[6] است. زنجیرۀی بلوکی در یک محیط غیرمتمرکز کار می‌کند که با ادغام چندین فناوری اصلی مانند هش رمزنگاری، امضای دیجیتالی و مکانیسم اجماع توزیع‌شده ایجاد شده است؛ لذا از لحاظ فنی، کاربردهای بالقوۀ زنجیرۀ بلوکی در زنجیرۀ تأمین حلال شامل ذخیره‌سازی رویدادها (مثـل مکان و زمان ذبح) و ایجاد دفترکل‌های مقاوم در مقابل دست‌کاری می‌شود که این دفترها تنها توسط اشخاص خاص قابل خواندن می‌باشند؛ چنین موضوعی علاوه بر افزایش تنوع در ذخیره‌سازی اطلاعات، امنیت و شفافیت آن را نیز افزایش می‌دهد. از لحاظ قانونی، زنجیرۀی بلوکی اعتبار تراکنش‌ها را می‌پذیرد و آن را به‌جای نهادهای معتمد پیشین قرار می‌دهد.

1. Ramamurthy
2. Azzi et al
3. Decentralization
4. Persistency
5. Anonymity
6. Auditability

از منظر اطلاعاتی، زنجیرهٔ بلوکی باعث تسهیل به‌اشتراک‌گذاری اطلاعات مربوط به مراحل مختلف زنجیرهٔ تأمین حلال می‌شود؛ به‌عنوان‌مثال چه زمانی، کجا و توسط چه کسی یک مرحله تولید انجام شده است و محصول چه زمانی و به کدام واحد حمل‌ونقل تحویل داده شده است. با استفاده از زنجیرهٔ بلوکی اشتراک امن، اطلاعات بین شرکای زنجیرهٔ تأمین تسهیل می‌شود و بر مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین نیز تأثیر می‌گذارد. با استفاده از فناوری زنجیرهٔ بلوکی، ذخیره اطلاعات به روشی ساده و ایمن ممکن می‌شود. زنجیرهٔ بلوکی یک فناوری است که تمام اطلاعات مربوط به محصولات غذایی را ذخیره می‌کند و باعث می‌شود اطلاعات در تمام زنجیرهٔ تأمین برای همه اعضا قابل‌مشاهده و شفاف باشد (رجب و بل[1]، ۲۰۱۹؛ تیان[2]، ۲۰۱۷). ازاین‌رو، استفاده از فناوری زنجیرهٔ بلوکی برای شفاف‌شدن و اعتماد بیشتر و افزایش قابلیت اطمینان در طول زنجیرهٔتأمین پیشنهاد می‌شود. زنجیرهٔ بلوکی به‌عنوان یک فناوری نوظهور منجر به تغییر در عملکرد زنجیرهٔ تأمین می‌شود. مرور اجمالی بر تحقیقات گذشته نشان از آن دارد که استفاده از زنجیرهٔ بلوکی در زمینه زنجیرهٔ تأمین حلال توجه محققان را به خود جلب نموده است. با این حال، پذیرش زنجیرهٔ بلوکی هنوز در مراحل اولیه خود است (لی و وانگ[3] ، ۲۰۱۸). برخی محققان درصدد ارائهٔ چارچوب‌هایی جهت به‌کارگیری زنجیرهٔ بلوکی در مدیریت زنجیرهٔ تأمین حلال بوده‌اند.

برخی دیگر کارکردهای زنجیرهٔ بلوکی در ردیابی زنجیرهٔتأمین غذای حلال را مورد بررسی قرار داده‌اند (چاندرا و همکاران[4]، ۲۰۱۹؛ رجب و بل، ۲۰۱۹؛ نوفر و همکاران[5]، ۲۰۱۷). دسته‌ی دیگری از تحقیقات ریسک‌ها و محرک‌های پذیرش زنجیرهٔی بلوکی در زنجیرهٔ تأمین حلال را مورد بررسی قرار داده‌اند (عزمی و همکاران، ۲۰۲۰). بااین‌حال، خلأ تحقیقاتی در زمینه‌ی شناسایی قابلیت‌ها، الزامات و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی برای حل چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال وجود دارد. علاوه بر این، مدل‌سازی ارتباط بین این قابلیت‌ها و کارکردها برای تصمیم‌گیری‌های مختلف و ساخت استراتژی نیز در تحقیقات گذشته وجود ندارد؛ بنابراین، نیاز به شناسایی و مدل‌سازی قابلیت‌ها، کارکردها و مشخصات فنی پذیرش زنجیرهٔی بلوکی در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال یک ضرورت پژوهشی قلمداد می‌شود. با توجه به موارد فوق، هدف این تحقیق بررسی کاربرد تکنولوژی زنجیرهٔ بلوکی در حل چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال است. برای این منظور پس از شناسایی این

1.Rejeb & Bell
2.Tian
3.Li & Wang
4.Chandra et al.,
5.Nofer et al.,

قابلیت‌ها و کارکردها به دنبال تعیین نقش زنجیرهٔ بلوکی در حل چالش‌ها خواهیم بود. همچنین یک چارچوب برای کاربرد زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔ تأمین این صنعت پیشنهاد خواهد شد.

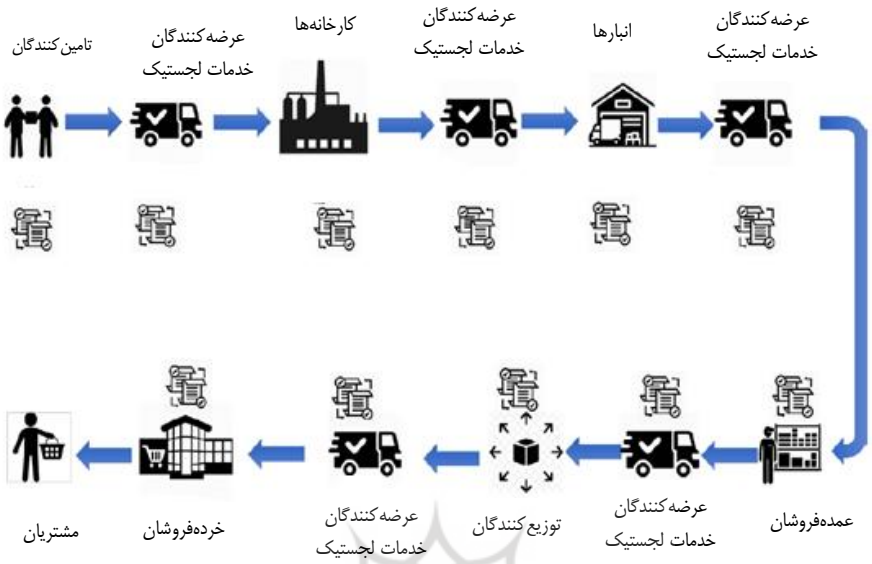
زنجیرهٔ تأمین غذای حلال

مفهوم غذای حلال فقط به کیفیت و ایمنی غذا محدود نمی‌شود، بلکه شامل منابع، کنترل فرآیند، بسته بندی، ذخیره‌سازی و تحویل به مصرف‌کنندگان نهایی نیز می‌شود (عمر و جعفر[1]، ۲۰۱۱). مصرف‌کنندگان نه‌تنها نگران حلال بودن مواد غذایی هستند، بلکه می‌خواهند اطلاعات دقیق و لحظه‌ای از تمام فعالیت‌های مرتبط با زنجیرهٔ تأمین غذای حلال داشته باشند.

زنجیرهٔ تأمین محصولات غذایی حلال شامل تأمین‌کنندگان، ارائه‌دهندگان خدمات لجستیک، کارخانه‌های تولیدی، انبارها، عمده‌فروشان، توزیع‌کنندگان، خرده‌فروشان و مصرف‌کنندگان نهایی است. زنجیرهٔ تأمین غذای حلال در شکل (۱) نشان داده شده است. روند کار با تأمین‌کنندگان آغاز می‌شود و در این مرحله، اطمینان از وضعیت حلال مواد اولیه، مواد افزودنی غذایی و مواد بسته‌بندی بسیار حیاتی است. مهم است که حیوانات با غذای بهداشتی، کیفیت خوب و مغذی تغذیه شوند. آن‌ها همچنین باید طبق قانون شرع ذبح شوند. گواهینامه حلال تأمین‌کنندگان و بویژه اطلاعات مربوط به تاریخ انقضا باید به دقت کنترل شود. همچنین توجه به این نکته مهم است که به‌راحتی می‌توانند به‌صورت هم‌زمان و یکجا محصولات غیرحلال و حلال را حمل کنند که می‌تواند به یک مسئله آلودگی متقابل منجر شود. این مواد توسط شرکت های لجستیک به کارخانه ها ارسال و در آنجا فرآیند تولید محصولات حلال در خط حلال انجام شود. تجهیزات حلال و کارگران باید از الزامات بهداشتی مطابق با قانون شرع پیروی کنند. سپس محصولات از طریق کانال‌های توزیع و به کمک ارائه‌دهندگان خدمات لجستیک بدست مشتریان رسانده می‌شود.

در مورد زنجیرهٔ تأمین غذای حلال، موضوعاتی مانند آلودگی متقابل، تقلب حلال، کلاهبرداری حلال، مسائل لجستیکی و عدم توسعه به سمت استاندارد حلال که در سراسر جهان قابل اجرا باشد، همیشه در خط مقدم بحث عمومی بوده است (علی و سلیمانی[2]، ۲۰۱۸). صنعت حلال با مسائل عدم دقت و عدم اصالت مواجه می‌شود، زیرا کنترل کل سیستم دشوار است. همچنین همه‌ی بازیگران زنجیرهٔ تأمین حلال به اطلاعات دسترسی ندارند، که می‌تواند یکپارچگی زنجیرهٔ تأمین مواد غذایی را تا حد زیادی کاهش دهد (ابیدین و پردانا[3]، ۲۰۲۰).

1.Omar & Jaafar
2.Ali & Suleiman
3.Abidin & Perdana

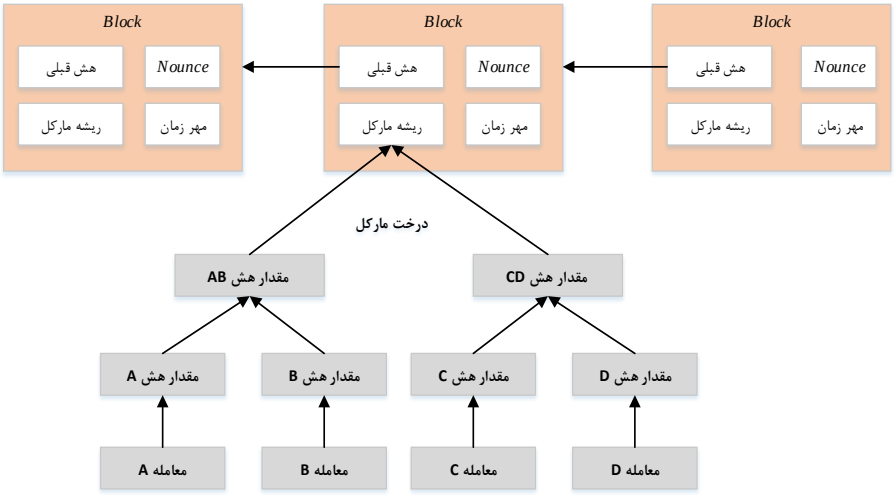


شکل ۱: زنجیرهٔ تأمین غذای حلال

Figure 1: Halla food supply chain

زنجیرهٔ بلوکی

زنجیرهٔ بلوکی یک پایگاه داده و مقاوم در برابر دست‌کاری و برگشت‌ناپذیر است که در طول شبکه توزیع می‌شود و اطلاعات را در یک واحد در حال رشد به نام بلوک ثبت می‌کند. زنجیرهٔ بلوکی بر اساس ایدهٔ توزیع داده‌ها در یک شبکه به‌جای ذخیره آن در یک مرکز ذخیره‌سازی مرکزی است. یک زنجیرهٔ بلوکی متشکل از مجموعه داده‌هایی است که از زنجیره‌ای از بسته‌های داده (بلوک) تشکیل شده است که در آن یک بلوک شامل چندین تراکنش است (عزی و همکاران، ۲۰۱۹). زنجیرهٔ بلوکی یک ساختار داده توزیع شده است که از یک سری بلوک تشکیل شده است. زنجیرهٔ بلوکی به‌عنوان یک پایگاه داده توزیع شده یا دفتر کل جهانی عمل می‌کند که سوابق تمام تراکنش‌ها در شبکه زنجیرهٔ بلوکی را نگه می‌دارد. این تراکنش‌ها مهر و موم شده و در بلوک‌هایی گروه بندی می‌شوند که هر بلوک با هش رمزنگاری آن شناسایی می‌شود. بلوک‌ها یک دنباله خطی را تشکیل می‌دهند که در آن هر بلوک به هش بلوک قبلی اشاره می‌کند و یک زنجیرهٔ بلوکی را تشکیل می‌دهد. زنجیرهٔ بلوکی توسط یک گره شبکه مدیریت می‌شود و هر گره همان تراکنش را اجرا و ثبت می‌کند. زنجیرهٔ بلوکی بین گره‌های شبکه تکرار می‌شود. هر گره در شبکه می‌تواند تراکنش‌ها را بخواند. ساختار زنجیرهٔ بلوکی را می‌توان در شکل (۲) مشاهده کرد.



شکل ۲: ساختار زنجیرهٔ بلوکی (سوسیلو و تریانا[1]، ۲۰۱۸)
Figure 1: Blockchain structure

زنجیرهٔ بلوک توسط هر بلوک اضافی گسترش می‌یابد و ازاین‌رو یک دفتر کامل از گذشته تراکنش را نشان می‌دهد. بلوک‌ها را می‌توان با استفاده از ابزار رمزنگاری توسط شبکه تأیید کرد. علاوه بر تراکنش‌ها، هر بلوک حاوی یک مهر زمانی، مقدار هش بلوک قبلی (والد) و یک nonce است که یک عدد تصادفی برای تأیید هش است. این مفهوم، یکپارچگی کل زنجیرهٔ بلوکی را از طریق بلوک اول (بلوک آغازین) تضمین می‌کند (نوفر و همکاران، ۲۰۱۷). این تراکنش جدید برای تأیید و حسابرسی در شبکه پخش می‌شود. هنگامی که اکثر گره‌ها این تراکنش را طبق قوانین مصوب از پیش تعیین شده تأیید می‌کنند، این تراکنش جدید به‌عنوان یک بلاک جدید به زنجیره اضافه می‌شود و یک رکورد از آن تراکنش در چندین گره توزیع شده برای امنیت ذخیره می‌شود (صابری و همکاران[2]، ۲۰۱۹). مقادیر هش، منحصربه‌فرد هستند و به‌وسیله آن می‌توان از تقلب جلوگیری کرد؛ زیرا تغییرات یک بلوک در زنجیره بلافاصله مقدار هش مربوطه را تغییر می‌دهد. اگر اکثر گره‌های شبکه با سازوکار اجماع در مورد اعتبار تراکنش در یک بلوک و در مورد اعتبار خود بلوک توافق کنند، می‌توان بلوک را به زنجیره اضافه کرد. اجماع، مجموعه‌ای از قوانین و رویه‌ها

1.Susilo & Triana
2.Saberi et al.,

است که اجازه می‌دهد مجموعه‌ای از واقعیت‌های منسجم بین چندین گره شرکت کننده را حفظ کند (لایاق و همکاران[1]، ۲۰۱۹).

زنجیرهٔ بلوکی در مدیریت زنجیرهٔ تأمین غذای حلال

در این قسمت به مرور ادبیات تحقیق در خصوص زنجیرهٔ تأمین غذای حلال و نقش زنجیرهٔ بلوکی در آن می‌پردازیم. دیتریچ و همکاران[2] (۲۰۲۰) در تحلیلی نظری برای کنترل و کاهش خطرات ریسک‌های زنجیرهٔ تأمین، استفاده از قراردادهای هوشمند را ارائه کرده‌اند. مین[3] (۲۰۱۹) به بررسی مفهوم فناوری زنجیرهٔ بلوکی پرداخته و کاربردی‌های خاص آن را برای عملیات زنجیرهٔ تأمین از منظر مدیریت ریسک/امنیت شناسایی کرده است. وانگ و همکاران[4] (۲۰۱۹) به مدل‌سازی تحول زنجیرهٔ تأمین مبتنی بر زنجیرهٔ بلوکی به کمک روش دلفی و نگاشت شناختی پرداخته‌اند. یاداو و همکاران[5] (۲۰۲۱) به مدل‌سازی محرک‌های زنجیرهٔی بلوکی برای ایمنی غذای پایدار بکمک تکنیک ISM پرداخته‌اند. اعتمادی و همکاران[6] (۲۰۲۱) زنجیرهٔ بلوکی را به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی مدیریت ریسک زنجیرهٔ تأمین معرفی کرده‌اند. همچنین زمینه‌های مختلف تحقیقاتی از جمله پتانسیل زنجیرهٔ بلوکی برای حفظ حریم خصوصی و چالش‌های امنیتی، امنیت قراردادهای هوشمند، نظارت بر جعل تقلب و سیستم‌های پایگاه داده ردیابی را در حوزه امنیت غذایی بررسی کرده‌اند.

چاندرا و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی زنجیرهٔتأمین غذای حلال و مطالعه تجربی در این زمینه به چالش‌های مختلف صنعت غذایی حلال پرداخته و با مطالعات نظری بررسی کردند که فناوری نوظهور زنجیرهٔ بلوکی تا چه حد می‌تواند در تعریف مجدد سیستم فعلی و ردیابی محصولات نقش داشته باشد. رجب و بل (۲۰۱۹) با بررسی ریسک‌های زنجیرهٔتأمین‌غذای‌حلال مانند گوشت، پیشنهادی برای سیستم ردیابی غذا در زنجیرهٔتأمین گوشت حلال بر اساس قانون غذای اسلامی مبتنی بر زنجیرهٔ بلوکی و اینترنت اشیا ارائه داده است. عزی و همکاران (۲۰۱۹) چگونگی ادغام زنجیرهٔ بلوکی در ساختار زنجیرهٔ تأمین برای ایجاد یک سیستم قابل‌اعتماد، شفاف، معتبر و ایمن را توضیح داده‌اند. ازمی و همکاران[7] (۲۰۲۰) با مرور ادبیات زنجیرهٔتأمین‌غذای‌حلال ۹ خطر قابل‌توجه

1.Layaq et al.,
2.Dietrich et al.,
3.Min
4.Wang et al.,
5.Yadav et al.,
6.Etemadi et al.,
7.Azmi et al.,

که شامل منابع انسانی، ریسک فرآوری، ریسک لجستیکی، ریسک مواد اولیه، صدور گواهینامه حلال، قابلیت ردیابی، مشخصات بازار، روش‌های برون‌سپاری و ویژگی محصول است، معرفی کرده‌اند. نوفر و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص فناوری نوظهور زنجیرهٔ بلوکی توضیحاتی ارائه داده و کاربردهای آن را به دو بخش کاربردهای مالی و کاربردهای غیرمالی تقسیم کرده‌اند. خلاصه پیشینه تحقیقات مرتبط در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱: پیشینه پژوهش

Table 1: Literature review

پژوهشگر/ سال	کشور	صنعت	رویکرد	حوزه
تیان (۲۰۱۷)	چین	غذا	چهارچوب اجرایی	ردیابی و ایمنی غذا
رجب (۲۰۱۸)	مجارستان	گوشت حلال	چهارچوب اجرایی	چهارچوب زنجیرهٔی بلوکی برای زنجیرهٔ تأمین غذای حلال
لی و وانگ (۲۰۱۸)	چین	غذا	نظری	ردیابی و ایمنی غذا
کمبل و همکاران[1] (۲۰۲۰)	هند	کشاورزی	ISM-DEMATEL	مدلسای ردیابی بکمک زنجیرهٔی بلوکی
بویوکوزکان و همکاران[2] (۲۰۲۱)	ترکیه	–	QFD و دلفی	ارزیابی الزامات زنجیرهٔی بلوکی برای مدیریت زنجیرهٔ تأمین دیجیتال
وانگ و همکاران (۲۰۱۹)	بریتانیا	–	دلفی و نگاشت شناختی	مدل‌سازی تحول زنجیرهٔ تأمین بکمک زنجیرهٔی بلوکی
یاداو و همکاران (۲۰۲۱)	هند	غذا	ISM	مدل‌سازی محرک‌های زنجیرهٔی بلوکی برای ایمنی غذای پایدار
علی و همکاران (۲۰۲۱)	مالزی	غذای حلال	نظری	چهارچوب مفهومی چالش‌ها و توانمندسازهای زنجیرهٔی بلوکی در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال
ژانگ و همکاران[3] (۲۰۲۲)	چین	صنایع تولیدی و های‌تک	مجموعه‌های فازی و MULTIMOORA	فاکتورهای موفقیت زنجیرهٔی بلوکی برای اجرای مدیریت زنجیرهٔ تأمین پایدار
تان و همکاران (۲۰۲۲)	مالزی	غذای حلال	چهارچوب اجرایی	چهارچوب زنجیرهٔی بلوکی برای زنجیرهٔ تأمین غذای حلال
پژوهش حاضر	ایران	غذای حلال	ISM	مدل‌سازی الزامات و قابلیت‌های زنجیرهٔی بلوکی برای ایمنی غذای حلال

1. Kamble et al
2. Büyüközkan et al
3. Zhang et al

همانطور که از جدول (۱) مشخص است، هیچ یک از این پژوهش‌ها به بررسی ارتباط بین چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال، الزامات و قابلیت‌های فناوری زنجیرهٔ بلوکی به عنوان محرک‌های پذیرش این فناوری نپرداخته‌اند. بیشتر تحقیقات این حوزه به ارائهٔ یک چهارچوب فنی برای اجرای زنجیرهٔ بلوکی (برای مثال، تیان، ۲۰۱۷؛ رجب، ۲۰۱۸؛ تان و همکاران، ۲۰۲۲) و برخی تحقیقات نیز به بررسی الزامات فنی زنجیرهٔی بلوکی (برای مثال، بویوکوزکان و همکاران، ۲۰۲۱؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۹) و فاکتورهای موفقیت و چالش‌های پذیرش زنجیرهٔ بلوکی (برای مثال، ژانگ و همکاران، ۲۰۲۲؛ علی و همکاران، ۲۰۲۱؛ یاداو و همکاران، ۲۰۲۱) پرداخته‌اند. علاوه بر این، هیچ پژوهشی وجود ندارد که در مورد ساختار چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال و نقش قابلیت‌ها و الزامات زنجیرهٔ بلوکی برای قابلیت ردیابی غذای حلال توضیح دهد.

مدل‌سازی ارتباط بین این چالش‌ها و قابلیت‌ها و الزامات زنجیرهٔ بلوکی برای تصمیم‌گیری‌های مختلف و ساخت استراتژی نیز در ادبیات وجود ندارد. بنابراین، نیاز به شناسایی و مدل‌سازی محرک‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال وجود دارد. علاوه بر این، همسویی استراتژی در ارتباط با این محرک‌ها ممکن است نرخ پذیرش زنجیرهٔ بلوکی را افزایش دهد، که منجر به یک وضعیت برد–برد برای همه ذی‌نفعان زنجیرهٔ تأمین غذای حلال می‌شود. برای این منظور، این محرک‌ها از طریق جستجوی ادبیات جامع و با کمک تیمی از کارشناسان حوزه مربوطه شناسایی می‌شوند. علاوه بر این، قصد داریم یک مدل ساختاری ایجاد کنیم که نه تنها سلسله مراتبی را برای بررسی رابطه متقابل بین محرک‌های پذیرش زنجیرهٔی بلوکی در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال ایجاد کند، بلکه شدت رابطه بین آن‌ها را نیز ارزیابی کند. این مدل ساختار شناسایی‌شده را به خوشه‌های مناسب دسته‌بندی می‌کند تا اقدامات کافی را در مقیاس وسیع‌تر انجام دهد تا از مزایای پذیرش زنجیرهٔی بلوکی بهره‌مند شود.

ابزار و روش

در این مطالعه پذیرش زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال مورد بررسی قرار می‌گیرد. این پژوهش از لحاظ هدف، پژوهشی کاربردی و از لحاظ زمان پژوهش، مقطعی و از لحاظ طرح پژوهش ترکیبی، توصیفی کیفی می‌باشد. جامعه آماری تحقیق شامل تمام کسانی است که در ایران در زمینه مدیریت فناوری اطلاعات، زنجیرهٔی بلوکی و مدیریت زنجیرهٔ تأمین غذای حلال متخصص هستند. نمونه‌های تحقیق از نوع نمونه‌های خبرگی بوده که براساس تخصص و آشنایی افراد در زمینه‌های فوق انتخاب شده‌اند. منابع جمع‌آوری داده‌ها متشکل از مرور تحقیقات گذشته به همراه

جمع‌آوری نظرات خبرگان می‌باشد. مرور تحقیقات گذشته به شناخت هرچه بهتر قابلیت‌ها ، کاربردها و مشخصات فنی زنجیرۀی بلوکی در زنجیرۀ تأمین حلال منجر می‌شود.

از آن جا که احصای ساختار قابلیت‌ها، کارکردها و مشخصات فنی زنجیرۀ بلوکی برای حل چالش زنجیرۀ تأمین غذای حلال مربوطه نیازمند شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی بوسیله خبرگان است لذا در ادامه از نظرات خبرگان در زمینه شناسایی، ارزیابی و رتبه بندی کارکردهای زنجیرۀ بلوکی در زمینه‌ی مواجهه با چالش‌های زنجیرۀ تأمین حلال استفاده می‌شود. نظرات خبرگان از طریق پرسش‌نامه ساختاریافته دریافت شده و با استفاده از مدل‌سازی ساختاری تفسیری، ارزیابی و تحلیل می‌شود. نتایج مدل‌سازی ساختاری تفسیری مشخص می‌نماید کدام قابلیت‌ها، کارکردها و مشخصات فنی زنجیرۀ بلوکی تحت گروه‌های علت یا معلولی قرار می‌گیرند.

مدل‌سازی ساختاری تفسیری[1]، به‌عنوان یکی از روش‌های طراحی سیستم‌ها، به‌ویژه سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی اولین‌بار در سال ۱۹۷۳ توسط جورج وارفیلد جهت طراحی سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی میسون آمریکا معرفی و توسعه داده شد و سپس توسط اندروسیج در سال ۱۹۷۷ ارائه شد. هدف از این روش، شناسایی روابط بین معیارها و طبقه‌بندی آن‌ها است. این یک روش کیفی – کمی است که کاربرد زیادی در علوم مختلف دارد. دلایل متعددی برای استفاده از این تکنیک در تحلیل داده‌ها وجود دارد. ۱) مدل‌سازی ساختاری تفسیری، تکنیکی مناسب برای تحلیل تأثیر یک عنصر بر دیگر عناصر است. این متدولوژی ترتیب و جهت روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم را بررسی می‌کند؛ به بیان دیگر، ابزاری است که به‌وسیله آن، گروه می‌تواند بر پیچیدگی بین عناصر غلبه کنند. ۲) این تکنیک روش مؤثری برای درک و تفسیر مسائل پیچیده است که افراد یا گروه‌ها را قادر می‌سازد تا نقشه‌ای از روابط بین بسیاری از عناصر درگیر در یک موقعیت پیچیده را تهیه نموده و آن را به یک چارچوب بسیط مبدل سازند. ۳) روش مدل‌سازی ساختاری–تفسیری یک فرایند یادگیری تعاملی است که در آن مجموعه‌ای از عناصر مختلف و به هم مرتبط در یک مدل نظام‌مند جامع ساختاردهی می‌شوند؛ از آن جا که استفاده از فناوری زنجیرۀ بلوکی در زنجیرۀ تأمین حلال هم به علت ماهیت پیچیده فناوری زنجیرۀ بلوکی و هم به علت پیچیدگی زنجیرۀ تأمین حلال موضوعی پیچیده است، استفاده از این فناوری می‌تواند نقش بسزایی در بهبود به‌کارگیری آن داشته باشد.

با توجه به موارد مذکور و محوریت قرار دادن تحقیقات گذشته برای شناسایی قابلیت‌ها، کارکردها و مشخصات فنی زنجیرۀ بلوکی در حل چالش‌های زنجیرۀ تأمین غذای حلال، استفاده از

1.Interpretive Structural Modelling (ISM)

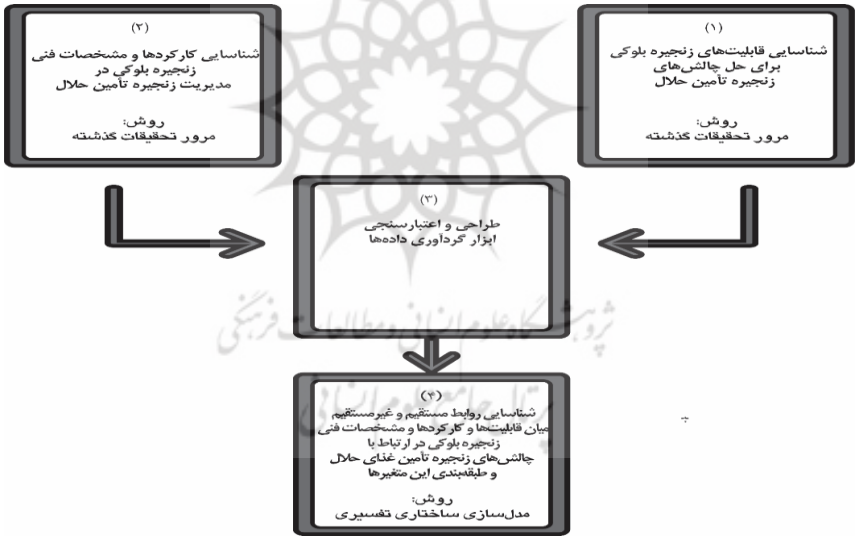
پرسش‌نامه ساختاریافته جهت جمع‌آوری آرای خبرگان و تحلیل یافته‌ها با استفاده از مدل‌سازی ساختاری تفسیری، می‌توان چهار مرحله را برای این تحقیق متصور بود که در شکل (۳) آورده شده است.

مرحله اول: شناسایی قابلیت‌های زنجیرهٔ بلوکی برای حل چالش‌های زنجیرهٔ تأمین حلال با استفاده از مرور تحقیقات گذشته.

مرحله دوم: شناسایی کارکردها و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی در مدیریت زنجیرهٔ تأمین حلال با استفاده از مرور تحقیقات گذشته.

مرحله سوم: طراحی و اعتبارسنجی پرسش‌نامه خبرگان در جهت شناسایی روابط میان قابلیت‌ها و کارکردها و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی در ارتباط با چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال.

مرحله چهارم: شناسایی روابط مستقیم و غیرمستقیم میان قابلیت‌ها و کارکردها و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی در ارتباط با چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال و طبقه‌بندی این متغیرها با هدف درک بهتر از تعاملات بین آن‌ها.



شکل ۳: روش‌شناسی پژوهش

Figure 3: Research Methodology

مرحله اول**:** شناسایی قابلیت‌های زنجیرهٔ بلوکی در حل چالش‌های زنجیرهٔ تأمین حلال با استفاده از مرور تحقیقات گذشته

در این مرحله با مرور تحقیقات گذشته در این زمینه، ۱۲ قابلیت شناسایی شده‌اند. این قابلیت‌ها در جدول (۲) نشان داده شده‌اند.

جدول ۲: قابلیت‌های زنجیرهٔ بلوکی در حل چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال
Table 2: Capabilities of the blockchain in solving the challenges of the halal food supply chain

قابلیت	شرح قابلیت
مدیریت ریسک (C_1) Risk management	زنجیرهٔ بلوکی با ایجاد قابلیت ردیابی، به‌اشتراک‌گذاری ایمن اطلاعات و ایجاد شفافیت بیشتر به کاهش ریسک‌های عملیاتی، ایمنی و بهداشتی مواد غذایی در تمام مراحل زنجیرهٔ تأمین مواد غذایی کمک می‌کند. امکان کلاهبرداری، تقلب، دست‌کاری توسط هیچ کس امکان پذیر نیست (اعتمادی و همکاران، ۲۰۲۱).
کاهش هزینه (C_2) Cost reduction	به کمک زنجیرهٔ بلوکی همه دادوستدها می‌توانند به‌صورت خودکار انجام شود. در نتیجه، می‌توان هزینه را بسیار کاهش داد و کارایی را بهبود بخشید (عزی و همکاران، ۲۰۱۹؛ دی‌وایو و واریاله[1]، ۲۰۲۰).
سرعت (C_3) Speedy	عدم وجود واسطه‌ها و خودکارسازی بکمک قراردادهای هوشمند، سرعت دادوستد را افزایش می‌دهد و از رویه‌های اداری طولانی‌مدت جلوگیری می‌کند. زنجیرهٔ بلوکی می‌تواند با تأیید سریع سوابق اعتباری مشتری، بررسی وضعیت موجودی، فرآیندهای تحقق سفارش را در سراسر زنجیرهٔ تأمین تسریع کند (مین، ۲۰۱۹).
کیفیت (C_4) Quality	داده‌های مربوط به هر فرآیند را می‌توان در زنجیرهٔ بلوکی ثبت کرد. این کار می‌تواند جنبه‌های حلال محصول را قبل از ارسال محصول از طرف تأمین‌کننده اطلاع دهد. در صورت غیرحلال بودن محصولی که ممکن است پس از تحویل توسط مشتری رد شود، می‌توان فرآیند مربوطه را ردیابی کرد (لایاق و همکارن، ۲۰۱۹).
مسئولیت‌پذیری اجتماعی (C_5) Social resposibility	زنجیرهٔ بلوکی با شناسایی، ارزیابی و ردیابی بهنگام فرایند زنجیرهٔ تأمین برای مشتریان ارزش ایجاد می‌کند (لایاق و همکارن، ۲۰۱۹).
ضایعات (C_6) waste	زنجیرهٔ بلوکی امکان ثبت اطلاعات محصولات در هر مرحله از زنجیرهٔ تأمین برای اطمینان از شرایط بهداشتی، محصولات آلوده و شناسایی به‌موقع خطرها را فراهم می‌کند. همچنین، قراردادهای هوشمندی که روی زنجیرهٔی بلوکی قرار دارد، راه حل مناسبی برای کاهش ضایعات غذایی و اطمینان از ایمنی مواد غذایی است (مین، ۲۰۱۹)
اخلاق (C_7) Ethic	با توجه به اینکه اطلاعات بدون موافقت اعضای مجاز نمی‌تواند تغییر کند، از فساد اشخاص، دولت‌ها و سازمان‌ها در زنجیرهٔ تأمین جلوگیری می‌شود. همچنین قرارداد هوشمند مانع این می‌شود که اعضای زنجیرهٔ تأمین برخلاف توافق عمل کنند (مین، ۲۰۱۹).

1.Di Vaio & Varriale

قابلیت	شرح قابلیت
قابلیت‌ردیابی (C_8) Traceability	زنجیرهٔ بلوکی با استفاده از اینترنت اشیا، برچسب‌های شناسایی فرکانس رادیویی، سنسورها، بارکدها، برچسب‌ها و تراشه‌های GPS، قادر به ردیابی مکان محصولات، بسته‌ها و ظروف حمل‌ونقل در هر مرحله از زنجیرهٔ تأمین است (کشتری[1]، ۲۰۱۸).
رؤیت‌پذیری (C_9) Visibility	با توجه به دیده‌شدن زنجیرهٔ تأمین، بهینه‌سازی هزینه و خدمات بیشتر امکان پذیر است. اینترنت اشیاء (IoT) ظرف معمولی را به یک ظرف هوشمند تبدیل می‌کند که می‌تواند با سایر دستگاه‌ها ارتباط برقرار کرده و همه این ارتباطات را در زنجیرهٔ بلوکی ذخیره کند و رؤیت‌پذیری را افزایش داد (لایاق و همکارن، ۲۰۱۹).
همکاری (C_{10}) Collaboration	زنجیرهٔ بلوکی با بهبود اشتراک‌گذاری اطلاعات و شفافیت، همکاری بین شرکا را تضمین می‌کند. زنجیرهٔ بلوکی قابلیت اطمینان زنجیرهٔ تأمین را بهبود می‌بخشد تا شرکا در قبال اقدامات خود مسئولیت‌پذیرتر و پاسخگوتر باشند (کشتری، ۲۰۱۸).
شفافیت (C_{11}) Transparency	از آنجا که دفتر زنجیرهٔ بلوکی باز است و توسط شرکت‌کنندگان شبکه (هم خریدار و هم فروشنده) قابل‌مشاهده است، باعث شفافیت در زنجیرهٔ تأمین می‌شود. پس از اجرای زنجیرهٔ بلوکی، بازیگران قادر به ایجاد، مدیریت، انتقال و دسترسی به جزئیات مبادلات بدون تأخیر یا واسطه‌های متمرکز هستند، بنابراین شفافیت در سراسر زنجیرهٔ تأمین ایجاد می‌شود (تان و همکاران، ۲۰۲۲؛ دی‌وایو و واریاله، ۲۰۲۰).
اعتماد (C_{12}) Thrust	استفاده از فناوری زنجیرهٔ بلوکی در داخل یک زنجیرهٔ تأمین با ایجاد شفافیت در عناصر مختلف مورداستفاده در محصولات، اعتبار شرکت را ارتقاء بخشیده و همچنین اعتبار و اعتماد عمومی به داده‌ها را تقویت و ترمیم می‌کند (اعتمادی و همکاران، ۲۰۲۱).

مرحله دوم: شناسایی کارکردها و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی در مدیریت زنجیرهٔ تأمین حلال با استفاده از مرور تحقیقات گذشته.

در این مرحله با مرور تحقیقات گذشته در زمینهٔ کارکردها و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی، ۱۸ کارکرد شناسایی شده است. این کارکردها در جدول (۳) نشان داده شده‌اند:

جدول ۳: کارکردها و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی

Table 3: Functions and technical specifications of the blockchain

مشخصات فنی	شرح مشخصات فنی
معماری ماژولار (T_1) Modular Architecture	معماری ماژولار درجه بالایی از انعطاف‌پذیری و محرمانه بودن را در طراحی و اجرا ارائه می‌دهد. انعطاف‌پذیری در طراحی منجر به دستیابی به مقیاس‌پذیری، حریم خصوصی و سایر ویژگی‌های موردنظر می‌شود (ساجانا[2]، ۲۰۱۸).
سرعت و توان عملیاتی شبکه (T_2) Network speed and	مدت زمانی که طول می‌کشد تا بلوک بعدی تراکنش‌ها ایجاد شود و کاربر منتظر می‌ماند تا تراکنش خود را که بر روی زنجیرهٔ بلوکی ظاهر می‌شود را ببیند. هر شبکه زنجیرهٔ بلوکی در صدد ارائه

1.Kshetri
2.Sajana

مشخصات فنی	شرح مشخصات فنی
Throughput	سریع‌ترین زمان تأیید به‌منظور افزایش سرعت تراکنش می‌باشد (ساجانا، ۲۰۱۸)..
خودکارسازی (T_3) Automation	زنجیرهٔ بلوکی از قابلیت‌های IoT برای خودکارسازی مجدد سفارش محصولات پس از شروع دادوستد استفاده می‌کند. حسگرهای اینترنت اشیا می‌توانند واحدهای انبارداری را در قفسه عمده‌فروشان کشف کنند و سفارش مجدد را به طور خودکار انجام دهند. برای تراکنش‌ها، RFID، ماژول ردیابی فناوری زنجیرهٔ بلوکی، ایمن کردن تراکنش، می‌توان از یک قرارداد هوشمند استفاده کرد (سوراب و دی[1]، ۲۰۲۱).
سازگاری (T_4) Consistency	مفهوم سازگاری در زمینه زنجیرهٔ بلوکی به این ویژگی اشاره دارد که همه گره‌ها در یک‌زمان دفتر کل یکسانی دارند. سازگاری داده که به معنی عدم انحراف و تفاوت داده‌ها بین گره‌های متخلف است از طریق مکانیزم‌های اجماع در زنجیرهٔ بلوکی حاصل می‌شود (لیبل و همکاران[2]، ۲۰۱۹).
همکاری مشترک (T_5) Interoperability	استانداردهای زنجیرهٔ بلوکی می‌تواند به تقویت پذیرش، قابلیت همکاری، امن‌تر کردن سیستم‌ها، به‌ویژه ایجاد اعتماد کمک کند. زنجیرهٔ بلوکی می‌تواند اعتماد و همکاری بین شرکای زنجیرهٔ تأمین را افزایش دهد می‌شود (لیبل و همکاران، ۲۰۱۹؛ فنگ[3]، ۲۰۲۰).
یکپارچگی و تغییرناپذیری داده‌ها (T_6) Data Integrity and immutability	داده‌ها، پس از ذخیره در زنجیرهٔ بلوکی، دیگر قابل تغییر یا حذف نیستند. هش رمزنگاری، مکانیزم اجماع و تمرکززدایی در ترکیب، تغییرناپذیری، ثبت و ضبط ایمن داده‌ها و تراکنش‌های یک زنجیرهٔ بلوکی را تضمین می‌کند. شرکت‌کنندگان یک شبکه فقط می‌توانند داده‌ها را اضافه کنند؛ اما قادر به تغییر داده‌های ذخیره شده نیستند (لیبل و همکاران، ۲۰۱۹).
در دسترس بودن سیستم و اطلاعات (T_7) Vailability of System and Data	کاربران سیستم‌های آنلاین باید بتوانند در هر زمان و مکان به داده‌های تراکنش‌ها دسترسی داشته باشند. در دسترس بودن به سطح سیستم و سطح تراکنش اشاره دارد. در دسترس بودن اطلاعات در مورد رویه‌ها و فرآیندها، مسئولیت‌پذیری را افزایش می‌دهد و نظارت و ارزیابی دقیق‌تری را فراهم می‌کند (عمران و همکاران[4]، ۲۰۱۷).
پیشگیری از پرداخت دوباره (T_8) Prevention of double-spending	پرداخت دوباره مسئله بالقوه‌ای در یک سیستم پول دیجیتال بوده که در آن یک دارایی مشخص به‌صورت هم‌زمان برای دو گیرنده هزینه می‌شود. زنجیرهٔ بلوکی می‌تواند تاریخچه تراکنش‌ها را تا نخستین بلاک زنجیرهٔ به عقب برگشته و بررسی کند. با مشاهده زنجیرهٔ بلوکی به‌صورت عمومی، تشخیص و جلوگیری از فعالیت‌های متقلبانه، مانند تراکنش‌هایی که سعی در دوبارخرج‌کردن دارند، را تسهیل می‌کند (سوراب و دی، ۲۰۲۱).
محرمانه بودن (T_9) Confidentiality	فناوری زنجیرهٔ بلوکی و قرارداد هوشمند محرمانه بودن و دست‌کاری نکردن داده‌ها را برای همه شرکت‌کنندگان در یک شبکه فراهم می‌کند؛ بنابراین فناوری زنجیرهٔ بلوکی و بخصوص قرارداد هوشمند می‌تواند به‌عنوان یک بانک اطلاعاتی توزیع شده رمزگذاری تعریف شود که مبادله ارزش بین شرکت‌کنندگان در شبکه را بدون واسطه تسهیل می‌کند(تان و همکاران، ۲۰۲۲).
ناشناس بودن کاربر/نام مستعار (T_{10}) User Anonymity/Pseudonymity	کاربران می‌توانند با استفاده از هش کلید عمومی خود بدون افشای نام واقعی خود، با سیستم تعامل داشته باشند. هر بخش از محتوا، داده یا حتی دارایی را می‌توان به‌صورت دیجیتالی در زنجیرهٔ بلوکی به‌صورت رمزگذاری شده ثبت یا نمایش داد و افراد را قادر ساخت تا به‌صورت مستقیم، آنی و به‌صورت ناشناس و مستعار دادوستد کنند (رایت و فیلیپی[5]، ۲۰۱۵).

1.Saurabh & Dey
2.Leible et al.,
3.Feng
4.Omran et al.,
5.Wright & Filippi

مشخصات فنی	شرح مشخصات فنی
عدم پیوند (T_{11}) Unlinkability	پیوندناپذیری یا حریم خصوصی هویت مستلزم آن است که پیوندهای بین یک تراکنش و هویت واقعی فرستنده آن و همه تراکنش‌هایی که فرستنده در یک شبکه زنجیرهٔ بلوکی انجام داده است، مخفی یا غیرقابل کشف باشد. در همین حال، حفظ حریم خصوصی تراکنش ایجاب می‌کند که فقط شرکت کنندگان تراکنش محتوای آن رابدانند واین با امضای دیجیتال ممکن می‌شود(شائو و همکاران[1]، ۲۰۲۰).
انطباق قانونی (T_{12}) Regulatory Compliance	استفاده از فناوری زنجیرهٔ بلوکی در صنایعی که تحت نظارت و قانونمند هستند منجر به مشکلات نظارتی و عوارض قانونی خواهد شد. مقررات برای زیرساختی بسیار متفاوت از زیرساخت زنجیرهٔ بلوکی طراحی شده است و قوانین را نمی‌توان به‌راحتی متناسب با عملیات زنجیرهٔ بلوکی تنظیم کرد. در فناوری زنجیرهٔ بلوکی با استفاده از قراردادهای هوشمند می‌توان انطباق بیشتری با مقررات برقرار کرد (آموس[2]، ۲۰۱۶).
کلیدهای عمومی و خصوصی (T_{13}) Public and Private Keys	در پروتکل‌های زنجیرهٔ بلوکی، کلیدهای عمومی معمولاً به‌عنوان آدرس، شماره‌حساب، شناسه و ... استفاده می‌شوند؛ بنابراین، می‌توان آن را با سایر کاربران در اکوسیستم به اشتراک گذاشت. کلیدهای خصوصی برای امضای معاملات توسط مالک آن استفاده می‌شود (آیدار[3]، ۲۰۱۹).
امضای دیجیتال (T_{14}) Digital signature	امضای دیجیتال یک مکانیسم احراز هویت است که فرستنده پیام را قادر می‌سازد تا یک کد منحصربه‌فرد را ضمیمه کند که به‌عنوان یک امضا عمل می‌کند، معمولاً امضا با گرفتن هش پیام و رمزگذاری پیام با کلید خصوصی فرستنده تشکیل می‌شود. پیام ساده، امضای پیام و کلید عمومی فرستنده با هم بسته‌بندی می‌شوند که با استفاده از کلید عمومی گیرنده به پیام امضا شده و رمزگذاری شده تبدیل می‌شود. گیرنده پیام دریافتی را باز می‌کند که پیام امضا شده و رمزگذاری شده است (کائور و کائور[4]، ۲۰۱۲).
هش (T_{15}) Hash	هشینگ به فرآیند تولید خروجی‌ها با اندازه ثابت، از ورودی‌ها با اندازه‌های متغیر گفته می‌شود. به لطف هش و الگوریتم‌های آن، زنجیرهٔ بلوکی‌ها و سایر سیستم‌های توزیع شده می‌توانند به سطح قابل قبولی از یکپارچگی و امنیت داده‌ها دست یابند. خروجی‌های الگوریتم‌های هش مرسوم و الگوریتم‌های مورداستفاده در رمزنگاری، قطعی هستند (کائور و کائور، ۲۰۱۲).
قرارداد هوشمند (T_{16}) Smart Contract	قراردادهای هوشمند نمایانگر توافق‌نامه‌هایی هستند که با آدرس منحصربه‌فرد دیجیتالی شده و در زنجیرهٔ بلوکی ذخیره می‌شوند. قراردادهای هوشمند می‌توانند در صورت تحقق برخی شرایط مشخص شده در پروتکل، خود اجرا شوند. فناوری زنجیرهٔ بلوکی و قرارداد هوشمند محرمانه بودن و دست‌کاری نکردن داده‌ها را برای همه شرکت‌کنندگان در یک شبکه فراهم می‌کند. در زنجیره‌های تأمین حلال با زنجیرهٔ بلوکی، همه نهادهای موجود در سیستم زنجیرهٔ تأمین دادوستدهای خود را در یک دفتر مشترک ذخیره می‌کنند و یک قرارداد هوشمند آنها را کنترل و اجرا می‌کند(مندلینگ و همکاران[5]، ۲۰۱۸؛ تان و همکاران، ۲۰۲۲).
الگوریتم اجماع (T_{17}) Consensus algorithm	اجماع توافقی است که به یک شبکه غیرمتمرکز کمک می‌کند تا یک تراکنش را تأیید کند. این کار تضمین می‌کند که همه گره‌های شبکه داده‌های یکسانی دارند و از دست‌کاری داده‌ها توسط بازیگران مخرب جلوگیری می‌کند. نوع پروتکل اجماع به نوع زنجیرهٔ بلوکی بستگی دارد. در یک زنجیرهٔ بلوکی مجاز، یک سازمان روند اجماع را تعیین می‌کند (عزمی، ۲۰۱۹).
ذخیره‌سازی (T_{18}) Storage	اشتراک اسناد بدون نیاز به شخص ثالث با استفاده از یک سیستم ذخیره‌سازی ابری توزیع شده است (کائور و کائور، ۲۰۱۲).

1.Shao et al.,
2.Ammous
3.Aydar
4.Kaur & Kaur
5.Mendling et al.,

مرحله سوم: طراحی و اعتبارسنجی پرسش‌نامه خبرگان

در این پژوهش، برای جمع‌آوری اطلاعات از مصاحبه با خبرگان به کمک پرسشنامه روش مدل‌سازی تفسیری استفاده شده است. این مصاحبه از طریق جلسات آنلاین و حضوری با خبرگان صورت گرفته است. در جدول (۴)، مشخصات مرتبط با این خبرگان آورده شده است.

جدول ٤: مشخصات خبرگان

Table 4: Profile of experts

خبره Expert	نقش در زنجیرهٔ تأمین Role in supply chain	سابقه Experience
P1	مدیرعامل هلدینگ لجستیکی CEO of Logistics Holding	10
P2	مدیرعامل شرکت دیجیتال مارکتینگ CEO of Digital Marketing Company	8
P3	مسئول IT شرکت هلدینگ IT manager of the holding company	15
P4	مدیر زنجیرهٔ تأمین شرکت غذایی Food company supply chain manager	12
P5	استاد و مشاور IT دانشگاه IT professor and consultant	20

مرحله چهارم: شناسایی روابط مستقیم و غیرمستقیم

هدف از این مرحله شناسایی روابط مستقیم و غیرمستقیم میان عوامل مرتبط با قابلیت‌ها و عوامل مرتبط با کارکردها و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی و طبقه‌بندی متغیرها با هدف درک بهتر از تعاملات بین متغیرها است. در ابتدا ماتریس خودتعاملی[1] (SSIM) محاسبه می‌شود. پس از آن ماتریس دسترسی[2] ایجاد می‌شود. از خروجی ماتریس دسترسی با هدف سطح‌بندی[3] متغیرها استفاده می‌شود. از نتایج به‌دست آمده برای مدل‌سازی ساختاری تفسیری عوامل و همچنین تجزیه‌وتحلیل میک‌مک استفاده می‌شود.

ماتریس خودتعاملی: در مدل مدل‌سازی ساختاری‌تفسیری دسترسی هر معیار بر معیارهای دیگر در نظر گرفته می‌شود. این مدل مجموعه محدودی از n عنصر را در یک سیستم نشان می‌دهد که با

1.Structural Self-Interaction Matrix

2.Reachability matrix

3.Level partitions

$S = S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ نشان داده شده است. SSIM بر اساس روابط جفت عناصر (si و sj) ساخته شده است. به این ترتیب از کارشناسان خواسته شد تا روابط زوجی بین عناصر سیستم را در یک ماتریس خود تعاملی پر کنند. با در نظر گرفتن این موضوع، چهار نماد زیر برای آنها ارائه می‌شود:

V: متغیر i باعث محقق شدن متغیر j می‌شود.

A: متغیر j باعث محقق شدن متغیر i می‌شود.

X: متغیرهای i و j به یکدیگر وابسته هستند و رابطه دوطرفه دارند.

O: هیچ رابطه‌ای بین عناصر i و j وجود ندارد.

در نهایت، جدول (۵) طبق نظر کارشناسان دریافت می‌شود.

جدول ۵: ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM)

Table 5: Structural Self-Interaction Matrix (SSIM)

	T_{18}	T_{17}	T_{16}	T_{15}	T_{14}	T_{13}	T_{12}	T_{11}	T_{10}	T_9	T_8	T_7	T_6	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	C_{12}	C_{11}	C_{10}	C_9	C_8	C_7	C_6	C_5	C_4	C_3	C_2
C_1	A	A	A	A	A	A	O	O	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O	V	A	V	A	A	O	O	O	V	O	O
C_2	A	A	A	A	A	A	O	O	O	A	A	O	O	O	O	A	A	O	V	O	O	O	A	O	O	O	O	O	
C_3	A	A	A	A	A	A	O	A	O	O	O	O	O	O	O	O	A	O	V	O	O	O	O	O	O	O	O		
C_4	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	A	O	O	O			
C_5	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	A	O	O	O	A	V	O	V	O	A	V	O				
C_6	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	A	A	O					
C_7	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	A						
C_8	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	A	O	A							
C_9	A	A	A	A	A	A	O	A	O	O	O	A	A	A	A	O	A	A	O	O	O								
C_{10}	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O									
C_{11}	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	O	O	O										
C_{12}	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O											
T_1	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O												
T_2	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O													
T_3	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O														
T_4	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O	O															
T_5	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O	O																
T_6	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O	O																	
T_7	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O	O																		
T_8	A	A	A	A	A	A	O	O	O	O																			
T_9	A	A	A	A	A	A	O	O	O																				
T_{10}	A	A	A	A	A	A	O	O																					
T_{11}	A	A	A	A	A	A	O																						
T_{12}	A	A	A	A	A	A																							
T_{13}	X	X	X	X	X																								
T_{14}	X	X	X	X																									
T_{15}	X	X	X																										
T_{16}	X	X																											
T_{17}	X																												

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ماتریس دسترسی: SSIM به یک ماتریس باینری تبدیل می‌شود، ماتریس دسترسی اولیه با جایگزینی V، A، X و O با ۱ و صفر طبق توضیحات زیر از جدول خودتعاملی ساختاری بدست می‌آید.

- اگر درایه (i,j) در SSIM حرف V باشد، درایه (i,j) در ماتریس دسترسی اولیه ۱ و قرینه آن (j,i) صفر نوشته می‌شود.
- اگر درایه (i,j) در SSIM حرف A باشد، درایه (i,j) در ماتریس دسترسی اولیه صفر و قرینه آن (i,j) یک نوشته می‌شود.
- اگر درایه (i,j) در SSIM حرف X باشد، درایه (i,j) در ماتریس دسترسی اولیه به یک و قرینه آن (i,j) نیز یک نوشته می‌شود.
- اگر درایه (i,j) در SSIM حرف O باشد، درایه (i,j) در ماتریس دسترسی اولیه صفر و قرینه آن (i,j) نیز یک نوشته می‌شود.

براین اساس، جدول (۶) ماتریس دسترسی اولیه را نشان می‌دهد.

جدول ٦: ماتریس دسترسی اولیه

Table 6: Initial reachability matrix

T_{18}	T_{17}	T_{16}	T_{15}	T_{14}	...	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	**متغیر** Variable
0	0	0	0	0	...	0	1	0	0	1	C_1
0	0	0	0	0	...	0	0	0	1	0	C_2
0	0	0	0	0	...	0	0	1	0	0	C_3
0	0	0	0	0	...	0	1	0	0	0	C_4
0	0	0	0	0	...	1	0	0	0	0	C_5
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	C_6
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	C_7
0	0	0	0	0	...	1	1	0	1	1	C_8
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	1	C_9
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	C_{10}
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	1	C_{11}
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	C_{12}
0	0	0	0	0	...	1	0	0	0	0	T_1
0	0	0	0	0	...	0	0	1	1	0	T_2

0	0	0	0	0	...	0	0	0	1	0	T_3
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	T_4
0	0	0	0	0	...	1	0	0	0	0	T_5
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	T_6
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	T_7
0	0	0	0	0	...	0	0	0	1	0	T_8
0	0	0	0	0	...	0	0	0	1	1	T_9
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	1	T_{10}
0	0	0	0	0	...	0	0	1	0	0	T_{11}
0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	T_{12}
1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	T_{13}
1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	T_{14}
1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	T_{15}
1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	T_{16}
1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	T_{17}
1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	T_{18}

پس از بررسی ویژگی انتقال‌پذیری (رابطه غیرمستقیم عوامل با یکدیگر)، ماتریس دسترسی اولیه به ماتریس دسترسی نهایی تبدیل می‌شود. جدول (۷) ماتریس دسترسی نهایی را نشان می‌دهد که در آن قدرت نفوذ و وابستگی نیز نشان داده شده است. اتصالات غیر مستقیم با *۱ نمایش داده شده‌اند.

جدول ۷: ماتریس دسترسی نهایی

Table 7: Final reachability matrix

قدرت نفوذ Driving power	T_{18}	T_{17}	T_{16}	T_{15}	T_{14}	...	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	**متغیر** Variable
4	0	0	0	0	0	...	0	1	0	0	1	C_1
2	0	0	0	0	0	...	0	0	0	1	0	C_2
2	0	0	0	0	0	...	0	0	1	0	0	C_3
1	0	0	0	0	0	...	0	1	0	0	0	C_4
4	0	0	0	0	0	...	1	0	0	0	0	C_5
1	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	C_6
2	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	C_7
9	0	0	0	0	0	...	1	1	0	1	1	C_8
10	0	0	0	0	0	...	1*	1*	0	1*	1	C_9
1	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	C_{10}

10	0	0	0	0	0	…	1*	1*	0	1*	1	C_{11}
1	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	0	C_{12}
9	0	0	0	0	0	…	1	0	0	0	1*	T_1
8	0	0	0	0	0	…	0	0	1	1	1*	T_2
6	0	0	0	0	0	…	0	0	0	1	1*	T_3
6	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	1*	T_4
10	0	0	0	0	0	…	1	0	0	0	1*	T_5
6	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	1*	T_6
6	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	1*	T_7
6	0	0	0	0	0	…	0	0	0	1	1*	T_8
8	0	0	0	0	0	…	0	1*	0	1	1	T_9
7	0	0	0	0	0	…	0	1*	0	0	1	T_{10}
8	0	0	0	0	0	…	0	0	1	0	1*	T_{11}
4	0	0	0	0	0	…	0	0	0	0	1*	T_{12}
30	1	1	1	1	1	…	1	1	1	1	1	T_{13}
30	1	1	1	1	1	…	1	1	1	1	1	T_{14}
30	1	1	1	1	1	…	1	1	1	1	1	T_{15}
30	1	1	1	1	1	…	1	1	1	1	1	T_{16}
30	1	1	1	1	1	…	1	1	1	1	1	T_{17}
30	1	1	1	1	1	…	1	1	1	1	1	T_{18}
	6	6	6	6	6	…	12	13	9	14	22	قدرت وابستگی Dependence power

سطح‌بندی

در گام بعد باید بر اساس ماتریس دستیابی سازگار شده سطوح هر متغیر را بدست آورد. برای این کار مجموع متغیرهای ورودی و خروجی و اشتراک را محاسبه می‌کنیم. در هر تکرار اگر متغیر خروجی با متغیر اشتراک یکسان بود آن تکرار سطح i ام می‌باشد. سپس در تکرار بعد سطر و ستون آن متغیر از ماتریس حذف می‌شود و دوباره محاسبات صورت می‌گیرد و بر اساس آن جدول سطح‌بندی معیارها ارائه می‌گردد.

جدول ۸: سطح‌بندی در مدل مدل‌سازی ساختاری تفسیری

Table 8: Leveling in the interpretive structural modeling

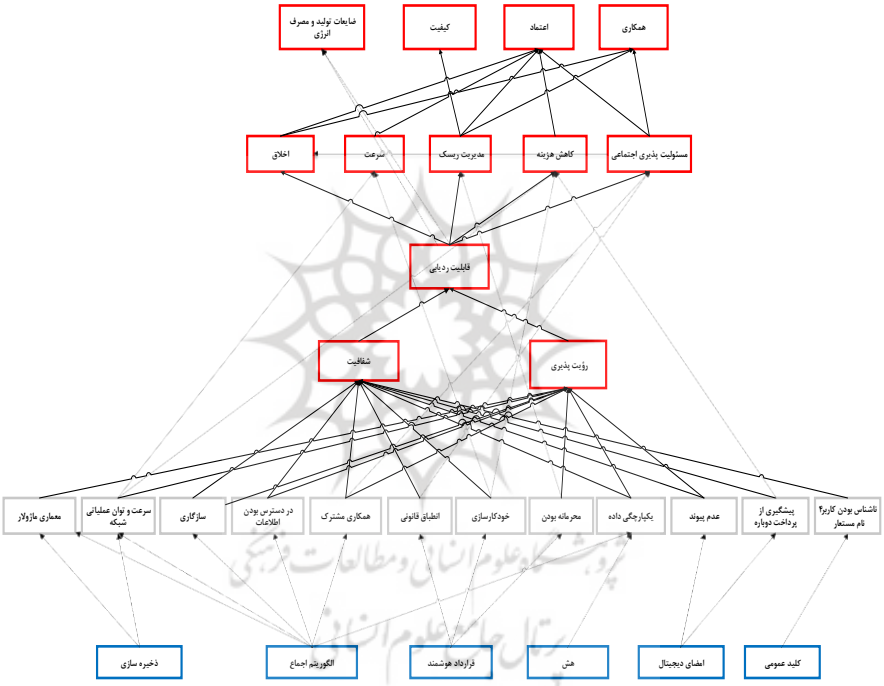
سطح Level	اشتراک Intersection	مجموعه خروجی Reachable set	مجموعه ورودی Antecedent set	متغیر Variable
II	C_1	C_1	$C_1,C_8,C_9,C_{11},T_1,T_2,T_3,T_4,T_5,T_6,T_7,T_8,T_9,T_{10},T_{11},T_{12}$, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_1
II	C_2	C_2	$C_2,C_8,C_9,C_{11},T_2,T_3,T_8,T_9$, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_2

II	C_3	C_3	C_3,T_2,T_{11}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_3
I	C_4	C_4	C_1,C_4,C_8,C_9,C_{11},T_9,T_{10}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_4
II	C_5	C_5	C_5,C_8,C_9,C_{11},T_1,T_5, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_5
I	C_6	C_6	C_6,C_8,C_9,C_{11},T_1,T_2,T_4,T_5,T_6,T_7,T_{11}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_6
II	C_7	C_7	C_5,C_7,C_8,C_9,C_{11},T_1,T_5, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_7
III	C_8	C_8	C_8,C_9,C_{11}, T_1,T_2,T_3,T_4,T_5,T_6,T_7,T_8,T_9,T_{10},T_{11},T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_8
IV	C_9	C_9	C_9,T_1,T_2,T_4,T_5,T_6,T_7,T_{11}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_9
I	C_{10}	C_{10}	C_1,C_5,C_8,C_9,C_{10},C_{11},T_1,T_5,T_9,T_{10}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_{10}
IV	C_{11}	C_{11}	C_{11},T_3,T_4,T_5,T_6,T_7,T_8,T_9,T_{10},T_{11},T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_{11}
I	C_{12}	C_{12}	C_1,C_2,C_3,C_5,C_8,C_9,C_{11},C_{12},T_1,T_2,T_3,T_5,T_8,T_9,T_{10},T_{11}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	C_{12}
V	T_1	T_1	T_1, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_1
V	T_2	T_2	T_2, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_2
V	T_3	T_3	T_3, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_3
V	T_4	T_4	T_4, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_4
V	T_5	T_5	T_5, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_5
V	T_6	T_6	T_6, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_6
V	T_7	T_7	T_7, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_7
V	T_8	T_8	T_8, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_8
V	T_9	T_9	T_9, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_9
V	T_{10}	T_{10}	T_{10}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{10}
V	T_{11}	T_{11}	T_{11}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{11}
V	T_{12}	T_{12}	T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{12}
VI	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}
VI	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{14}
VI	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{15}
VI	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{16}
VI	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{17}
VI	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}	T_{18}

چارچوب مدل‌سازی ساختاری تفسیری

در نهایت، ما نمودار مدل‌سازی ساختاری تفسیری را با توجه به سطح‌بندی هر متغیر و ماتریس دسترسی نهایی رسم می‌کنیم.

این نمودار بر اساس روابط مستقیم و غیرمستقیم ساخته شده است، به طوری که یک معیار که مستقیماً بر یک معیار خاص تأثیر نمی‌گذارد، می‌تواند در نهایت با تأثیرات غیرمستقیم بین معیارها بر آن تأثیر بگذارد. این نقطه قوت روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری است. شکل (۴) نمای کاملی از ساختار ارتباط بین متغیرهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



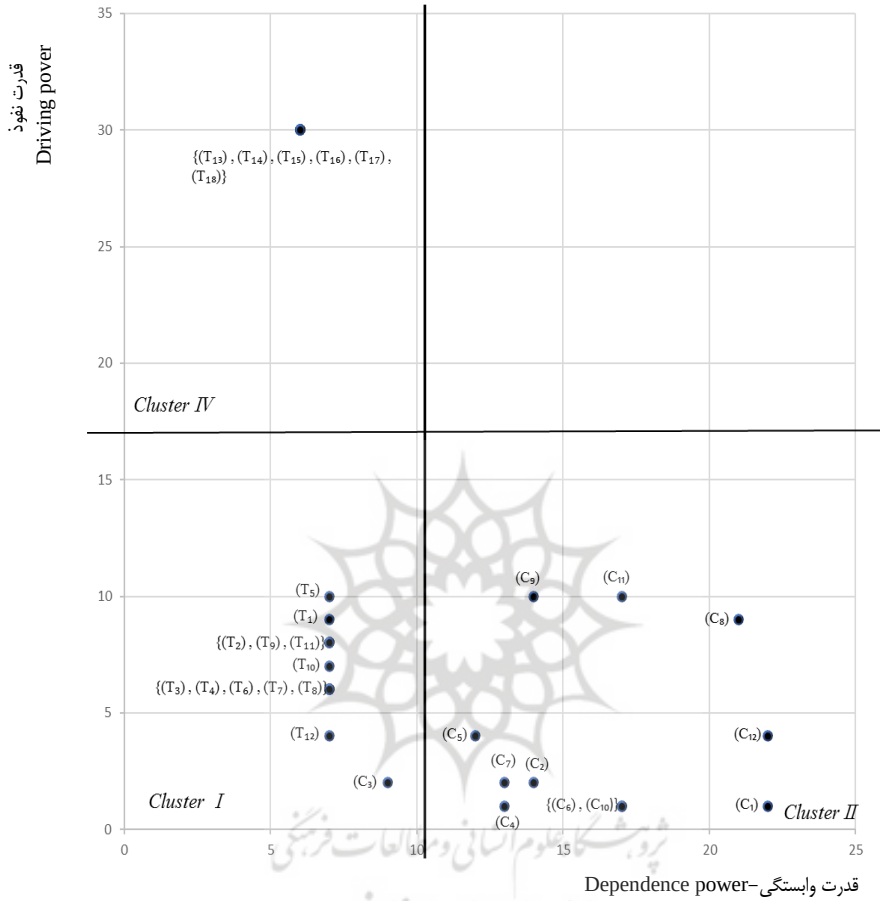
شکل ٤: گراف مدل‌سازی ساختاری تفسیری

Figure 4: Graph of Interpretive structural modeling

تجزیه‌وتحلیل MICMAC

با نگاهی به شکل (۴)، می‌توان متغیرهای "ابزارها و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی" و "قابلیت‌های زنجیرهٔ بلوکی" را برابر جدول طبقه‌بندی فوق در شکل (۴) نشان داد و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داد. به‌منظور ارائه درک بهتری از تعاملات بین متغیرها، ما در این مطالعه از

تحلیل MICMAC[1] استفاده کرده‌ایم. ربع اول تعداد ۱۳ متغیر، در ربع دوم تعداد ۱۰ متغیر، بین ربع اول و دوم تعداد ۱ متغیر، در ربع سوم هیچ متغیری و در ربع چهارم نیز تعداد ۶ متغیر وجود دارد.



شکل ۵: نمودار MICMAC

Figure 5: MICMAC diagram

پیشنهادهای کاربردی

مطابق یافته‌های این تحقیق، در اولین گام، جهت مدیریت چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال با استفاده از فناوری زنجیرهٔ بلوکی، باید به الزامات و نیازمندی‌های فنی زنجیرهٔ بلوکی شامل

1.Matrix of Crossed Impact Multiplications Applied to a Classification

کلید عمومی، امضای دیجیتال، هش، الگوریتم اجماع، قرارداد هوشمند و ذخیره‌سازی توجه ویژه داشت. از طریق زنجیرهٔ تأمین حلال، اطلاعات مهمی مانند محل و شرایط تولید، مواد مورد استفاده، تاریخ تولید، شرکت‌های تولیدکننده و توزیع‌کننده و ... انتقال می‌یابند. اگر این اطلاعات در دسترس سوءاستفاده کنندگان قرار گیرند، ممکن است منجر به استفاده از مواد ناسالم، تقلب در برچسب‌گذاری، تقلب در نشانه‌گذاری حلال و غیره شوند که این مسائل می‌تواند به‌شدت سلامت و اعتماد مشتریان را به خطر بیندازد. پیشرفت فناوری‌های جدید کلید عمومی نظیر کلیدهای چندامضایی[1] (بلاکشیر و همکاران[2]، ۲۰۲۱) و کلیدهای هوشمند[3] (سنگوان و کوماری[4]، ۲۰۲۱) سطح بالاتری از امنیت و کارآمدی را به کلیدهای عمومی اضافه می‌نماید. کلیدهای چندامضایی به‌اختصار به‌عنوان «مالتی-سیگ» شناخته می‌شود. در این فناوری، برای اجرای یک تراکنش، نیاز به تأیید توسط حداقل دو کلید خصوصی وجود دارد. این امر امنیت بیشتری را برای تراکنش‌های زنجیرهٔ بلوکی فراهم می‌کند و از خطرات سرقت کلید خصوصی جلوگیری می‌نماید. کلیدهای هوشمند با استفاده از قابلیت‌های هوشمندی که در زنجیرهٔی بلوکی وجود دارد، قابلیت اجرای شرایط خاصی را دارا می‌باشند؛ به عنوان مثال، می‌توان یک کلید هوشمند ایجاد نمود که فقط در صورت تأیید توسط یک شخص خاص، تراکنش اجرا شود. همچنین می‌توان کلیدهای عمومی پیشرفته موسوم به کلیدهای مبتنی بر زنجیرهٔ تأمین[5] را به زنجیرهٔ تأمین اضافه نمود. توسعه‌ی امضای دیجیتال که درصدد ارتقای روال‌های مرتبط با رمزنگاری است در کنار کلیدی عمومی، امنیت و شفافیت بیشتری برای اطلاعات زنجیرهٔ تأمین حلال فراهم می‌آورد. توجه ویژه به امضای دیجیتال درعین‌حال که احتمال سوءاستفاده از اطلاعات حساس را کاهش می‌دهند، بر بهبود فرآیند انتقال اطلاعات نیز اثرگذار هستند.

هش یکی دیگر از الزاماتی است که می‌بایست جهت پیاده‌سازی زنجیرهٔ تأمین حلال به آن توجه ویژه داشت. هش باعث می‌شود تا امکان تغییر اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین حلال به‌شدت کاهش یابد. ازجملهٔ این اطلاعات می‌توان به تعقیب منشأ مواد حلال، ردیابی آن‌ها، تأیید و اعتبارسنجی در هر مرحله از زنجیره اشاره نمود. ازآنجا که هش می‌تواند فرآیند زمان‌بری باشد، توجه ویژه به فناوری‌های جدید در این زمینه شامل هش دسته‌ای[6] (رونزل و همکاران[7]، ۲۰۲۱) هش

1.Multi-Signature Keys
2.Blackshear et al.,
3.Smart Keys
4.Sangwan and Kumari
5.Supply Chain Keys
6.Batch Hash
7.Rünzel et al.,

توزیع‌شده[1] و هش کوانتومی[2] (عبداللطیف و همکاران[3]، ۲۰۲۱) می‌تواند استفاده از هش در زنجیرهٔ تأمین حلال را برای ارکان زنجیرهٔ تأمین از لحاظ زمانی مقرون‌به‌صرفه سازد. هش کوانتومی به معنای استفاده از پردازش کوانتومی برای ایجاد هش از داده‌ها است. هش کوانتومی به دلیل ایمنی در برابر حملات کوانتومی می‌تواند در آینده جایگزینی مناسب برای الگوریتم‌های هش کنونی باشد و در کاربردهای امنیتی و ذخیره‌سازی داده‌ها مورداستفاده قرار گیرد. الگوریتم‌های اجماع اهمیت فراوانی در زمینهٔ هماهنگی و رسیدن به یک توافق جمعی جهت تأیید اعتبار و صحت تراکنش‌های صورت گرفته و اطلاعات منتقل‌شده در زنجیرهٔ تأمین حلال دارند؛ می‌توان الگوریتم‌های اجماع متفاوتی برای زنجیرهٔ تأمین حلال پیشنهاد نمود که بسته به میزان تنوع اطلاعات، تنوع شرکای تجاری و ارکان زنجیرهٔ تأمین حلال، میزان اعتماد ارکان به یکدیگر و حجم پرداخت‌های بین‌المللی می توانند متفاوت باشند. می‌توان از الگوریتم‌های اجماع متفاوت نظیر گواه اثبات سهام نیابتی[4]، گواه اثبات ظرفیت[5]، شبکه‌های زنجیرهٔی بلوکی خصوصی و کنسرسیومی جهت ارتقای روش‌های توافق جمعی در زنجیرهٔ تأمین حلال استفاده نمود. ازآنجا که یکپارچگی در زنجیرهٔ تأمین حلال نیازمند توجه به قواعد و استانداردهای متعددی است، استفاده از قراردادهای هوشمند نقش مهمی در حذف واسطه‌ها و خودکارسازی داشته و در نتیجه سرعت دادوستد را افزایش می‌دهد و از رویه‌های اداری طولانی‌مدت جلوگیری می‌کند. در نهایت ارتقای سیستم‌های ذخیره‌سازی ابری، استفاده از زنجیرهٔ بلوکی جهت ذخیره داده‌ها و شبکه‌های ذخیره‌سازی پراکنده می‌تواند نقش به سزایی در تکمیل پروژه‌های پیاده‌سازی زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔ تأمین حلال داشته باشد. همچنین مبنای قوی برای استفاده از سایر کارکردهای زنجیرهٔ بلوکی ایجاد نموده و بستر مناسبی جهت بهره‌گیری از قابلیت‌های زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔ تأمین حلال فراهم آورد.

مطابق یافته‌های این تحقیق در شکل (۴)، زمانی که تصمیم به اجرای زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔ تأمین گرفته می‌شود، توجه خاص به ابزار و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی به‌عنوان زیرساخت جهت بهبود نیازهای زنجیرهٔ بلوکی و به‌منظور انعطاف‌پذیری بیشتر زنجیرهٔ تأمین ضروری‌تر می‌شود. با توجه به این که یکی از مهمترین قابلیت‌های زنجیرهٔ بلوکی رمزنگاری مبتنی بر کلید عمومی و خصوصی آن است؛ استفاده از این رمزنگاری می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای تأیید اعتبار یک تراکنش

1.Distributed Hash
2.Quantum Hash
3.Abd El-Latif et al.,
4.Delegated Proof of Stake (DPoS)
5.Proof of capacity (PoC)

در شبکه‌های مختلف باشد و در نتیجه، صحت اطلاعات و دسترسی به آن‌ها در کل شبکه و میان سازمان‌ها افزایش یابد. از آن جا که صحت اطلاعات از قبیل اطلاعات مرتبط با تبعیت از استانداردهای حلال، اطلاعات مواد اولیه و اطلاعات فرایند تولید می‌تواند گام مهمی در زمینه‌ی افزایش اعتماد به زنجیرهٔ تأمین داشته باشد، فناوری‌های پایه‌ای زنجیرهٔ بلوکی نظیر هش، الگوریتم اجماع و متغیرهای کلیدی عمومی و خصوصی می‌توانند نقش به سزایی در ایجاد اعتماد و صحت اطلاعات داشته و در نهایت به شکل‌گیری اعتماد و یکپارچگی زنجیرهٔ تأمین مواد غذایی منجر شوند. همچنین قراردادهای هوشمند -یکی دیگر از فناوری‌های پایه‌ای زنجیرهٔ بلوکی- نقش مهمی در کارآمدسازی زنجیرهٔ تأمین حلال دارد. استفاده از قراردادهای هوشمند در زنجیرهٔ تأمین، هزینه و تأخیر اضافی را کاهش می‌دهد، بخشی از فرآیندهای سازمان نظیر تأیید انطباق‌ها، تأیید اطلاعات مرتبط با موارد اولیه خودکار می‌شوند و کارکنان به مشاغل با تنوع شغلی بالاتر تخصیص می‌یابند که باعث بهبود کارایی، صرفه جویی هزینه و افزایش بهره‌وری و صرفه‌جویی نیروی کار می‌شود. علاوه بر موارد فوق، حرکت سازمان به سمت پیاده‌سازی فناوری‌های پایه‌ای زنجیرهٔ بلوکی موجبات اتصال فن‌آوری زنجیرهٔ بلوکی به فن آوری‌های نوظهور مانند AI و IoT را تسریع نماید.

انواع "هش" و "الگوریتم اجماع" باعث می‌شود اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین بیشتر در دسترس باشد و این سبب "شفافیت" بیشتر فعالیت‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال شده و تمام فعالیت‌ها در لحظه از "رؤیت‌پذیری" برخوردار می‌شوند. " رؤیت‌پذیری" و "شفافیت" دو متغیر اصلی در زنجیرهٔ تأمین هستند که با تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر دیگر عناصر، به مدیریت هرچه بهتر چالش‌های زنجیرهٔتأمین‌غذای‌حلال کمک می‌کند. رؤیت‌پذیری، کنترل بیشتر، انعطاف‌پذیری و جریان بهینه محصول را در طول زنجیرهٔ تأمین فراهم می‌کند. رؤیت‌پذیری همچنین می‌تواند پارامترهای کیفی محصول را در هر مرحله نشان دهد، که باعث تضمین کیفیت محصول در پایان تولید می‌گردد. خصوصاً در زنجیرهٔ تأمین حلال که پارامترهای کیفی مرتبط با رعایت استانداردهای مرتبط با غذای حلال نیز به مجموعه پارامترها اضافه می‌شود.

همچنین "شفافیت" و " رؤیت‌پذیری" باعث افزایش کیفیت ذخیره‌سازی داده‌ها می‌شود؛ زیرا در زنجیره‌های تأمین متمرکز، ریسک‌های دست‌کاری داده‌ها هم از طریق نیروی انسانی، هم از طریق بلایای طبیعی و هم به شکل‌های دیگر نظیر عدم همخوانی ساختارهای ذخیره‌سازی داده میان اعضای زنجیرهٔ تأمین وجود دارد. ریسک‌های مذکور می‌توانند شفافیت و کیفیت داده‌ها را به شکل غیرقابل جبرانی کاهش دهند.

زنجیرهٔ بلوکی در یک شکل توزیع شده، شبکه‌ای منعطف با چندین نسخه مشترک از داده‌ها ایجاد می‌کند که ریسک‌های ناشی از حمله یا حادثه و عدم شفافیت و عدم رؤیت‌پذیری ناشی از آن

را کاهش می‌دهد. علاوه بر این موارد و با لحاظ این که در زنجیرهٔ تأمین حلال نیاز به استفاده از اسناد و استانداردهای بیشتری نسبت به زنجیرهٔ تأمین عادی وجود دارد، با انجام هر چه بیشتر معاملات تجاری به‌صورت آنلاین، دیگر منطقی نیست که به اسناد فیزیکی به‌عنوان تنها وسیله برای تعیین هویت کاربر یا یک شیء اعتماد کرد. فن آوری زنجیرهٔ بلوکی ویژگی‌های پیشرفته‌ای را در نحوه مدیریت و استفاده هویت دیجیتال امکان پذیر می‌کند. برای اینکه چندین سازمان در یک سیستم زنجیرهٔ بلوکی با یکدیگر همکاری کنند، آن‌ها باید در مورد شرایط مشترک، منطق تجارت و جریان تجارت توافق کنند زیرا داده‌های یکسانی را با یکدیگر به اشتراک می‌گذارند.

مطابق یافته‌های تحقیق مندرج در شکل (۴)، پس از ایجاد "شفافیت" و " رؤیت‌پذیری" امکان "قابلیت ردیابی" فراهم می‌شود. "قابلیت ردیابی" محصول در زنجیرهٔ تأمین یکی از مهم‌ترین فاکتورها از نظر مشتریان است که با استفاده از فناوری زنجیرهٔ بلوکی و اینترنت اشیا، برچسب‌های شناسایی فرکانس رادیویی، سنسورها، بارکدها، دستگاه‌های GPS، امکان ردیابی مکان محصولات، بسته‌ها و کانتینرهای حمل‌ونقل در هر مرحله فراهم می‌شود. بهبود "قابلیت ردیابی"باعث کاهش "هزینه" و "ریسک‌های ایمنی و عملیاتی" می‌گردد و همچنین باعث افزایش مسئولیت‌پذیری اجتماعی و اعتماد در میان مشتریان و شرکای تجاری در زنجیرهٔ تأمین می‌شود.

تحقیقات گذشته نشان داده‌اند که تسویه حساب آنی یکی از کاربردهای اصلی زنجیرهٔ بلوکی با محوریت ردیابی است. تسویه حساب درلحظه می‌تواند اتلاف وقت و هزینه مربوط به مدیریت فاکتورها را کاهش دهد. علاوه بر این قراردادهای هوشمند می‌توانند هزینه‌های ناشی از ممیزی، حسابرسی و پیگیری پرداخت‌ها را برطرف می‌کنند و به طور بالقوه هزینه‌های غیر ضروری پردازش را کاهش داده و سازماندهی اسناد مالی را تسهیل نماید. همچنین فرآیندهای مربوط انطباق را که در حال حاضر هفته‌ها ممکن است به طول بینجامد می‌توان از طریق یک دفترکل توزیع شده به کمتر از یک ساعت کاهش داد. علاوه بر کاهش هزینه‌های ناشی از تسویه‌های آنی، با استفاده از قابلیت ردیابی در زنجیرهٔ تأمین می‌توان ضایعات تولید و مصرف انرژی را کاهش داد. همچنین با کاهش ریسک‌های ایمنی و عملیاتی می‌توان کیفیت محصولات غذای حلال را افزایش داد. علاوه بر این نگرانی‌های تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محصولات حلال را نیز می‌توان کاهش داد. زیرا همواره یکی از نگرانی‌های عمده در زمینه منشأ محصول‌های موجود در بازار و روش‌های تولید محصولات است که در رابطه با محصولات حلال به حداکثر می‌رسد. انتخاب "الگوریتم اجماع مناسب" باعث "در دسترس بودن اطلاعات" در زنجیرهٔ تأمین می‌شود و این سبب "شفافیت" در فعالیت‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال شده و تمام فعالیت‌ها مانند ذبح حیوانات مطابق اسلام، بسته‌بندی، حمل‌ونقل، توزیع و فروش قابل ردیابی می‌شود که باعث اعتماد بیشتر مشتری نسبت به محصولات

حلال می‌شود. با استفاده از "قرارداد هوشمند" و "خودکارسازی" فعالیت‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال، "سرعت" فعالیت‌ها افزایش و "هزینه‌ها" کاهش پیدا می‌کند و رضایت بیشتر مشتری از محصولات را درپی دارد. چنین افزایشی در سرعت فعالیت‌ها مزایای متعددی را برای زنجیرهٔ تأمین حلال دارد. از یک سو باعث بهبود پیش‌بینی تقاضا در مواردی نظیر ذبح اسلامی -که چرخه‌های کوتاه مدت تولید وجود دارد- شده و لذا فروش از دست رفته یا موجودی بلااستفاده در انبارداری کاهش می یابد. زمان طولانی سفارش تا تولید کاهش می‌یابد و در مواردی که نیاز به صادرات و واردات کالاهای حلال وجود دارد، فرایندهای طولانی و پرهزینه معاملات و واسطه‌های متعدد کاهش می‌یابد.

متغیرهای "نیازمندی‌ها و کارکردهای زنجیرهٔ بلوکی" از عوامل مهم و تأثیرگذار در استفاده زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔ تأمین هستند که به بهبود عملکرد زنجیرهٔ تأمین غذای حلال کمک می‌کنند؛ ازاین‌رو، اگر مدیران به دنبال بهبود عملکرد و همچنین افزایش رضایت‌مندی مشتریان از محصولات هستند، باید در زنجیرهٔ تأمین غذای حلال از فناوری زنجیرهٔ بلوکی استفاده نموده و این متغیرها را توسعه دهند. داده‌ها هنگامی که در سیستمهای بسته نگهداری می‌شود اغلب تکه تکه شده و به ندرت بین سازمانها به اشتراک گذاشته می‌شود شروع به از دست دادن ارزش و اعتبار خود می‌کنند. با وجود زنجیرهٔ بلوکی، شرکای تجاری می‌توانند داده‌های درلحظه، بلکه تاریخچه آن داده‌ها و هرگونه تغییر در آن را به اشتراک بگذارند. زنجیرهٔ بلوکی می‌تواند به‌عنوان روشی برای بهبود اعتماد، همکاری، اخلاق، مسئولیت‌پذیری اجتماعی و ایجاد ارزش‌افزوده برای مشتریان مورد استفاده قرار گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر ابتدا مروری بر ادبیات پژوهش‌های پیشین در زمینه‌ی چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال، فناوری زنجیرهٔ بلوکی، قابلیت‌ها و کاربرد آن صورت گرفت. این مطالعه یکی از اولین کارهایی است که با استفاده از شیوه مدل‌سازی ساختاری تفسیری رابطه بین چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال، مشخصات فنی و کارکردهای زنجیرهٔ بلوکی را بررسی و تأثیر آنها بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین غذای حلال را مورد مطالعه قرار داده است. این مطالعه برای تصمیم‌گیران و مدیران زنجیره‌های تأمین بخصوص غذای حلال درخصوص استفاده از فناوری زنجیرهٔ بلوکی برای افزایش همکاری و اعتماد شرکا در زنجیرهٔ تأمین و افزایش کیفیت محصولات و در نتیجه افزایش میزان رضایت‌مندی مشتریان پیشنهادهایی ارائه می‌دهد:

با مطالعه پیشینه تحقیق مشخص شد که زنجیرهٔ تأمین غذای حلال چالش‌های زیادی دارد که می‌توان به کمک فناوری زنجیرهٔ بلوکی این چالش‌ها را حل کرد. همچنین به بررسی و شناسایی قابلیت‌های زنجیرهٔ بلوکی در حل چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال، کارکردها و مشخصات فنی زنجیرهٔ بلوکی پرداخته شد. همچنین کاربرد زنجیرهٔ بلوکی برای برطرف کردن چالش‌ها بررسی شد و با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری معیارها را طبقه‌بندی و بر اساس آن مدلی ارائه شد.

در مطالعات گذشته به ندرت پژوهشی انجام شده است که بتوان قابلیت‌ها و کارکردهای زنجیرهٔ بلوکی را در ارتباط با چالش‌های زنجیرهٔ تأمین غذای حلال را دسته بندی و اولویت بندی کرده باشد و ما در این پژوهش این قابلیت‌ها را شناسایی و نقش زنجیرهٔ بلوکی برای حل آن‌ها را مورد بررسی قرار دادیم. برای مطالعات آینده می‌توان از این پژوهش و اطلاعات گردآوری شده آن برای مطالعات بعدی در زمینه غذای حلال و زنجیرهٔ بلوکی استفاده نمود. این مطالعه در مورد کاربرد زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔتأمین‌غذای‌حلال انجام شده است. همین مدل را می‌توان در زنجیرهٔ تأمین در زمینه‌های دیگر مورد بررسی قرار داد و کاربرد زنجیرهٔ بلوکی را در زمینه‌های دیگر مورد بررسی قرار داد.

تعارض منافع

این پژوهش فاقد تعارض منافع است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

References

Ali, M. H., & Suleiman, N. (2018). Eleven shades of food integrity: A Halal supply chain perspective. Trends in Food Science & Technology, 71, 216–224. **doi:10.1016/j.tifs.2017.11.016**

Ali, M. H., Chung, L., Kumar, A., Zailani, S., & Tan, K. H. (2021). A sustainable Blockchain framework for the halal food supply chain: Lessons from Malaysia. Technological Forecasting and Social Change, 170(6), 120870. **doi:10.1016/j.techfore.2021.120870**

Abidin, N. Z., & Perdana, F. F. P. (2020). A proposed conceptual framework for blockchain technology in Halal food product verification. Journal of Halal Industry & Services, 3, 1-8. doi:10.36877/jhis.a0000079

Ammous, S. (2016). Blockchain technology: What is it good for?, 1-5. Available at SSRN 2832751. **doi:10.2139/ssrn.2832751**

Abd El-Latif, A. A., Abd-El-Atty, B., Mehmood, I., Muhammad, K., Venegas-Andraca, S. E., & Peng, J. (2021). Quantum-inspired blockchain-based cybersecurity: securing smart edge utilities in IoT-based smart cities. Information Processing & Management, 58(4), 102549. **doi:10.1016/j.ipm.2021.102549**

Aydar, M., Cetin, S. C., Ayvaz, S., & Aygun, B. (2019). Private key encryption and recovery in blockchain. arXiv preprint arXiv:1907.04156. **doi:10.48550/arXiv.1907.04156**

Azmi, F. R., Abdullah, A., Cahyadi, E. R., Musa, H., & Sa'ari, J. R. (2020). Type of Risk in Halal Food Supply Chain: A. Int. J Sup. Chain. Mgt Vol, 9(4), 36.

Azzi, R., Chamoun, R. K., & Sokhn, M. (2019). The power of a blockchain-based supply chain. Computers and Industrial Engineering, 135(May), 582–592. **doi:10.1016/j.cie.2019.06.042**

Blackshear, S., Chalkias, K., Chatzigiannis, P., Faizullabhoy, R., Khaburzaniya, I., Kogias, E. K., ... & Zakian, T. (2021). Reactive key-

loss protection in blockchains. In Financial Cryptography and Data Security. FC 2021 International Workshops: CoDecFin, DeFi, VOTING, and WTSC, Virtual Event, March 5, 2021, Revised Selected Papers 25 (pp. 431-450). Springer Berlin Heidelberg. **doi:10.1007/978-3-662-63958-0_34**

Büyüközkan, G., Tüfekçi, G., & Uztürk, D. (2021). Evaluating Blockchain requirements for effective digital supply chain management. International Journal of Production Economics, 242(3), 108309. **doi:10.1016/j.ijpe.2021.108309**

Chandra, G. R., Liaqat, I. A., & Sharma, B. (2019, February). Blockchain redefining: The halal food sector. In 2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI) (pp. 349-354). IEEE. **doi:10.1109/AICAI.2019.8701321**

Dietrich, F., Turgut, A., Palm, D., & Louw, L. (2020, August). Smart contract-based blockchain solution to reduce supply chain risks. In IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems (pp. 165-173). Springer, Cham. **doi:10.1007/978-3-030-57997-5_20**

Di Vaio, A., & Varriale, L. (2020). Blockchain technology in supply chain management for sustainable performance: Evidence from the airport industry. International Journal of Information Management, 52(5), 102014. **doi:10.1016/j.ijinfomgt.2019.09.010**

Etemadi, N., Borbon-Galvez, Y., Strozzi, F., & Etemadi, T. (2021). Supply chain disruption risk management with blockchain: a dynamic literature review. Information, 12(2), 70. **doi:10.3390/info12020070**

Feng, H., Wang, X., Duan, Y., Zhang, J., & Zhang, X. (2020). Applying blockchain technology to improve agri-food traceability: A review of development methods, benefits and challenges. Journal of cleaner production, 260, 1-37. **doi:10.1016/j.jclepro.2020.121031**

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2020). Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain. International Journal of Information Management, 52(9), 101967. **doi:10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.023**

Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. International Journal of information management, 39, 80-89. **doi:10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005**

Layaq, M. W., Goudz, A., Noche, B., & Atif, M. (2019). Blockchain technology as a risk mitigation tool in supply chain. Int. J. Transp. Eng. Technol, 5(3), 50-59. **doi:10.11648/j.ijtet.20190503.12**

Leible, S., Schlager, S., Schubotz, M., & Gipp, B. (2019). A review on blockchain technology and blockchain projects fostering open science. Frontiers in Blockchain, 16, 1-28. **doi:10.3389/fbloc.2019.00016**

Li, J., & Wang, X. (2018, May). Research on the application of blockchain in the traceability system of agricultural products. In 2018 2nd IEEE advanced information management, communicates, electronic and automation control conference (IMCEC) (pp. 2637-2640). IEEE. **doi:10.1109/IMCEC.2018.8469456**

Mendling, J., Weber, I., Aalst, W. V. D., Brocke, J. V., Cabanillas, C., Daniel, F., ... & Zhu, L. (2018). Blockchains for business process management-challenges and opportunities. ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS), 9(1), 1-16. **doi:10.1145/3183367**

Min, H. (2019). Blockchain technology for enhancing supply chain resilience. Business Horizons, 62(1), 35–45.

Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D. (2017). Blockchain. Business & Information Systems Engineering, 59(3), 183-187. **doi:10.1016/j.bushor.2018.08.012**

Omran, Y., Henke, M., Heines, R., & Hofmann, E. (2017). Blockchain-driven supply chain finance: Towards a conceptual framework from a buyer

perspective. International Purchasing and Supply Education and Research Association, 1-15.

Omar, E. N., & Jaafar, H. S. (2011). Halal supply chain in the food industry-A conceptual model. In 2011 IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA) (pp. 384-389). IEEE. **doi:10.1109/ISBEIA.2011.6088842**

Ramamurthy, S. (2016). Leveraging blockchain to improve food supply chain traceability. IBM Blockchain Blog.

Rünzel, M. A., Hassler, E. E., Rogers, R. E., Formato, G., & Cazier, J. A. (2021). Designing a smart honey supply chain for sustainable development. IEEE Consumer Electronics Magazine, 10(4), 69-78. **doi:10.1109/MCE.2021.3059955**

Kaur, R., & Kaur, A. (2012, September). Digital signature. In 2012 International Conference on Computing Sciences (pp. 295-301). IEEE.

Rejeb, A., & Bell, L. (2019). Potentials of blockchain for healthcare: Case of Tunisia, 1-21. Available at SSRN 3475246. **doi:10.2139/ssrn.3475246**

Rejeb, A. (2018). Halal meat supply chain traceability based on HACCP, blockchain and internet of things. Acta Technica Jaurinensis, 11(4), 218-247.

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. International Journal of Production Research, 57(7), 2117–2135. **doi:10.1080/00207543.2018.1533261**

Sajana, P. (2018). On Blockchain Applications: Hyperledger Fabric And Ethereum. 118(18), 2965–2970.

Saurabh, S., & Dey, K. (2021). Blockchain technology adoption, architecture, and sustainable agri-food supply chains. Journal of Cleaner Production, 284, 124731. **doi:10.1016/j.jclepro.2020.124731**

Sangwan, M., & Kumari, A. C. (2021). Blockchain technology: architecture, challenges, and applications. Advances in Systems Engineering: Select Proceedings of NSC 2019,481-487.**doi:10.1007/978-981-15-8025-3_47**

Shao, W., Jia, C., Xu, Y., Qiu, K., Gao, Y., & He, Y. (2020). Attrichain: Decentralized traceable anonymous identities in privacy-preserving permissioned blockchain. Computers & Security, 99, 102069. **doi:10.1016/j.cose.2020.102069**

Susilo, F. A., & Triana, Y. S. (2018, November). Digital supply chain development in blockchain technology using Rijndael algorithm 256. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 453, No. 1, p. 012075). IOP Publishing. **doi:10.1088/1757-899X/453/1/012075**

Tan, A., Gligor, D., & Ngah, A. (2022). Applying blockchain for halal food traceability. International Journal of Logistics Research and Applications, 25(6), 947-964. **doi:10.1080/13675567.2020.1825653**

Tian, F. (2017, June). A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things. In 2017 International conference on service systems and service management (pp. 1-6). IEEE. **doi:10.1109/ICSSSM.2017.7996119**

Tieman, Marco and Ghazali, Maznah Che and Van Der Vorst, J. G. (2013). Consumer perception on Halal meat logistics. British Food Journal, 115, 1112--1129. **doi:10.1108/BFJ-10-2011-0265**

Wright, A., & De Filippi, P. (2015). Decentralized blockchain technology and the rise of lex cryptographia. Available at SSRN 2580664. **doi:10.2139/ssrn.2580664**

Wang, Y., Singgih, M., Wang, J., & Rit, M. (2019). Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains?. International Journal of Production Economics, 211, 221-236. **doi:10.1016/j.ijpe.2019.02.002**

Yadav, V. S., Singh, A. R., Raut, R. D., & Cheikhrouhou, N. (2021). Blockchain drivers to achieve sustainable food security in the Indian context. Annals of Operations Research,1-39.**doi:10.1007/s10479-021-04308-5**

Zhang, J., Zhang, X., Liu, W., Ji, M., & Mishra, A. R. (2022). Critical success factors of blockchain technology to implement the sustainable supply chain using an extended decision-making approach. Technological Forecasting and Social Change, 182, 121881. **doi:10.1016/j.techfore.2022.121881**

Zailani, S., Iranmanesh, M., Aziz, A. A., & Kanapathy, K. (2017). Halal logistics opportunities and challenges. Journal of Islamic Marketing. doi: 10.1108/JIMA-04-2015-0028

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. International journal of web and grid services, 14(4), 352-375. **doi:10.1504/IJWGS.2018.095647**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی