J. Strateg. Manag. Stud. Vol. 16, No. 64, Winter 2025, PP: 287-310 ISSN (Print): 2228-6853 (Online): 2676-6744

Journal of Strategic Management Studies

Homepage: https://www.smsjournal.ir/?lang=en

Original Research Article 10.22034/smsj.2025.499895.2106 OPEN ACCESS

Digital transformation by blockchain for successful implementation in the pharmaceutical supply

Soraya Birami, PhD student, Department of Management and Accounting, Farabi Campus, University of Tehran, Qom, Iran
Seyed Ali Doorafshan, PhD student, Department of Management and Accounting, Farabi Campus, University of Tehran, Qom, Iran
Alireza Payvar, PhD student, Department of Management and Accounting, Farabi Campus, University of Tehran, Qom, Iran
Mahsa Pishdar*, Assistant Professor, Department of Management and Accounting, Farabi Campus, University of Tehran, Qom, Iran

ARTICLE INFO

Article History
Received: 19 January 2025
Revised: 3 March 2025
Accepted: 26 April 2025

Keywords
Pharmaceutical Supply Chain, Blockchain Technology, Uncertainty, Z-Based Full Adaptation Method

Corresponding Author Email:
Mahsa.pishdar@ut.ac.ir

ABSTRACT

this paper studies the success factors in implementing blockchain technology in the pharmaceutical supply chain in Iran. This research employs a mixed-methods approach (qualitative-quantitative). In the first phase, a systematic review of the literature was conducted. In this context, 57 interdisciplinary articles published between 2015 and 2025 were examined and analyzed to identify the factors influencing the successful implementation of blockchain technology in the pharmaceutical supply chain. This review led to the extraction of 29 key factors, which were classified into six main categories. The extracted factors were screened in the second phase using the fuzzy Delphi method, incorporating experts' opinions. Subsequently, the fuzzy FUCOM approach applied to determine the most critical factors in implementing blockchain technology. This research indicates that "technology" has been identified as the most significant factor in implementing blockchain in the pharmaceutical industry. Following that, "organizational" and "customer service" factors ranked second and third, respectively. These findings suggest that technical, organizational, and customer service factors play a crucial role in the successful implementation of blockchain in the pharmaceutical supply chain. In contrast, other factors such as cost, development, and environmental factors require additional support to facilitate their acceptance in the pharmaceutical supply chain.

How to cite this article:
Birami, S., Doorafshan, S. A., Payvar, A., & Pishdar, M. (2025). Digital Transformation by Blockchain for Successful Implementation in the Pharmaceutical Supply. *Journal of Strategic Management Studies*, 64(16), 287-310. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/smsj.2025.499895.2106

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s)and the source.

J. Strateg. Manag. Stud., Vol. 16, No. 64, Winter 2025
Web**:** http://smsjournal.ir
Doi: **10.22034/smsj.2025.499895.2106**

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The pharmaceutical industry is inherently one of the most regulated sectors, as safety, integrity, and preservation throughout the distribution network are the main pillars for ensuring the effectiveness of medicines for the public. The pharmaceutical industry in Iran, like in other countries, holds significant strategic importance and is considered one of the strategic, knowledge-based industries with a high rate of innovation. With the increase in the number of entities or participants in the pharmaceutical supply chain, the complexity and abstraction of drug delivery from manufacturer to consumer have increased, leading to new concerns such as counterfeit drugs, misinformation, incomplete information, or lack of information about the drugs. As a result, this undermines customer trust and, more importantly, causes delays in distribution, which can have serious impacts on consumers' lives as well as business growth. Given all these challenges, there is a need for a robust pharmaceutical supply chain. Therefore, the main objective of this article is to study the success factors in implementing blockchain technology in Iran's pharmaceutical supply chain, which may be the first real attempt. The use of blockchain technology in supply chains has been tested in several industries and is a very promising technology due to its undeniable advantages such as traceability, security, privacy preservation, and transparency. Particularly in the pharmaceutical industry, this technology can help prevent drug counterfeiting, which is an increasing phenomenon. This is especially relevant for Iran's pharmaceutical industry, where the entry of international companies and domestic and foreign investments, despite advancements and increased competitiveness, exacerbate issues related to drug counterfeiting and theft. On the other hand, pharmaceutical companies in Iran must invest in infrastructure, update production equipment, and implement a comprehensive quality management system to succeed in the global arena and export medicines to other countries. Blockchain technology can facilitate this process. However, the correct implementation of this technology is essential, and identifying the success factors in its implementation is the first fundamental requirement. This study focuses on identifying and evaluating these success factors.

Methodology

After a systematic review of the literature and a text extraction approach, 57 interdisciplinary articles published between 2015 and 2025 were examined to identify the factors influencing the successful implementation of blockchain technology in the pharmaceutical supply chain. The result of this review led to the identification of 29 influential factors, which were categorized into 6 groups. These 29 success factors were formulated into a questionnaire and distributed among 10 supply chain managers in the pharmaceutical sector of Iran, specifically in procurement (supply), planning and production, distribution, and logistics, as experts in this industry. The criteria for selecting these individuals included their extensive experience (a minimum of 7 years), at least a bachelor's degree, managerial positions, and sufficient knowledge regarding blockchain technology.

After receiving responses from these individuals, in the second phase of the research, the Z-Based Full Adaptation Method (Z-FUCOM) was employed to determine the most critical success factors in implementing blockchain technology, which is a Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) issue. This theory is utilized for fuzzy environments. Since the pharmaceutical industry, like other industries, operates in a highly uncertain environment, it seems logical to use an analysis method that is combined with fuzzy theories.

Results and Discussion

The overall results emphasized that in implementing blockchain technology in the pharmaceutical industry, the criterion "technology" was identified as the most significant factor with a weight of 0.4329. Following this, the criteria "organizational" and "customer service" ranked second and third, with weights of 0.1939 and 0.1081, respectively. These findings indicate that technical, organizational, and customer service factors play a crucial role in successfully implementing blockchain in the pharmaceutical supply chain. In contrast, other factors such as cost, development, and environmental factors require more support to facilitate their acceptance in the supply chain. The analysis of the sub-criteria also revealed that security

J. Strateg. Manag. Stud., Vol. 16, No. 64, Winter 2025
Web**:** http://smsjournal.ir
Doi: **10.22034/smsj.2025.499895.2106**

(privacy protection) achieved the highest rank with a final weight of 0.1619. Support from top management ranked second with a weight of 0.0842, followed by reliability with a weight of 0.0714. These three sub-criteria account for over 30% of the total importance for successfully implementing blockchain technology in the pharmaceutical industry.

Conclusion

Successful implementation of blockchain technology requires collaborative efforts among stakeholders—pharmaceutical entities, regulatory bodies, technology innovators, and healthcare providers. By intensifying collaborative efforts and fostering innovation, the industry can pave the way for a future where patients worldwide receive reliable and safe pharmaceutical products. Other factors that can aid in the successful implementation of this technology include the deployment of systems that provide real-time and secure access to supply chain information, the establishment of clear and supportive regulations for the use of blockchain technology in the pharmaceutical industry, and the shared use of blockchain infrastructure among pharmaceutical organizations to reduce costs. Additionally, managers should promote a corporate culture that encourages department collaboration and process transparency.

Keywords: Pharmaceutical supply chain, Blockchain technology, Uncertainty, Z-Based full Adaptation method (Z-FUCOM)

مطالعات مدیریت راهبردی، دوره ۱۶، شماره ۶۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحه: ۲۸۷ تا ۳۱۰ شاپای چاپی: ۶۸۵۳-۲۲۲۸ شاپای الکترونیکی: ۶۷۴۴-۲۶۷۶

مطالعات مدیریت راهبردی

Homepage: https://www.smsjournal.ir

مقاله پژوهشی 10.22034/smsj.2025.499895.2106 OPEN ACCESS

تحول دیجیتال با بلاک‌چین برای موفقیت پیاده‌سازی زنجیره تامین دارو

ثریا بیرامی، دانشجوی دکتری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران
سیدعلی درافشان، دانشجوی دکتری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران
علیرضا پایور، دانشجوی دکتری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران
مهسا پیشدار*، استادیار، دانشکده مدیریت و احسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران

اطلاعات مقاله

سابقه مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۶

واژه‌های کلیدی
زنجیره‌تأمین دارو،
فناوری بلاک‌چین،
عدم قطعیت،
روش سازگاری

ایمیل نویسنده مسئول
Mahsa.pishdar@ut.ac.ir

چکیده

با افزایش تعداد نهادها در زنجیره‌تأمین دارویی، پیچیدگی و انتزاع فرآیند تحویل دارو از تولیدکننده به مصرف‌کننده نیز افزایش یافته است. این امر چالش‌های جدیدی مانند ظهور داروهای تقلبی، داده‌های نادرست یا ناقص درباره دارو و حتی نبود اطلاعات را به‌همراه داشته که موجب تضعیف اعتماد مشتری و، مهم‌تر از آن، تأخیر در توزیع دارو می‌شود. در مواجه با این چالش‌ها، نیاز به زنجیره‌تأمین دارویی قوی و شفاف بیش از پیش احساس می‌شود. لذا، هدف مقاله مطالعه عوامل موفقیت در پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین برای زنجیره‌تأمین دارویی است. پژوهش از رویکردی ترکیبی (کیفی-کمّی)، بهره می‌برد. ابتدا، مرور نظام‌مند بر پیشینهٔ موضوع انجام شد. ۵۷ مقاله میان‌رشته‌ای در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی موفق فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی بررسی و تحلیل شدند. این بررسی منجر به استخراج ۲۹ عامل کلیدی در قالب ۶ دسته اصلی طبقه‌بندی گردید. سپس، برای غربالگری عوامل از روش دلفی فازی با بهره‌گیری از نظرات متخصصان استفاده شد. هدف تعیین با اهمیت‌ترین عوامل در پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین با کمک رویکرد فوکام فازی (Z-FUCOM) کسب شد. نتایج نشان می‌دهد در پیاده‌سازی فناوری بلاکچین در صنعت دارویی، معیار «فناوری» مهم‌ترین عامل است. پس از آن، معیارهای «سازمانی» و «خدمات مشتری» در رتبه‌های بعدی قرار دارند. البته، عوامل فنی، سازمانی و خدمات مشتری، نقش کلیدی در موفقیت پیاده‌سازی بلاکچین در زنجیره‌تأمین دارویی ایفا می‌کنند. هزینه، توسعه و عوامل محیطی نیاز به حمایت برای تسهیل پذیرش آن‌ها در زنجیره‌تأمین دارویی دارند.

استناد به این مقاله: بیرامی، ثریا؛ درافشان، سیدعلی؛ پایور، علیرضا؛ پیشدار، مهسا (۱۴۰۴). تحول دیجیتال با بلاک‌چین برای موفقیت پیاده‌سازی زنجیره تامین دارو . *مطالعات مدیریت راهبردی*، ۶۴(۱۶)، ۳۱۰-۲۸۷.

۱. مقدمه

صنعت داروسازی از بخش‌های تنظیم‌شده است، زیرا ایمنی، یکپارچگی و نظارت دقیق در سراسر شبکه توزیع، از ارکان اساسی برای تضمین اثربخشی داروها و حفظ سلامت عمومی محسوب می‌شوند. صنعت دارویی ایران، از جایگاه استراتژیک بالایی برخوردار بوده و یکی از صنایع راهبردی، دانش‌محور و دارای نرخ نوآوری بالا شناخته می‌شود. از سوی دیگر، با توجه به روابط مطلوب ایران با کشورهایی همچون عراق، افغانستان و سوریه که به‌دلیل جنگ، نیاز دارویی بالایی دارند، و همچنین پایین بودن هزینه سرانه تولید دارو در ایران، این کشور نقش مهمی در حوزه صادرات دارو ایفا می‌کند [۴۳]. افزون بر این، صنعت دارویی ایران با در اختیار داشتن ۳۵ شرکت فعال، یکی از ۳۹ صنعت مهم حاضر در بازار بورس کشور به‌شمار می‌آید و از نظر ارزش، رتبه یازدهم را در این بازار به خود اختصاص داده است. زنجیره‌تأمین داروی کشور متشکل از تقریباً ۱۰۰ شرکت تولیدکننده، ۱۳۰ تأمین‌کننده، ۳۰ توزیع‌کننده، ۱۰ هزار داروخانه و میلیون‌ها مصرف‌کننده نهایی است [۴۵]. افزون بر این، حضور نهادهایی نظیر شرکت‌های بیمه و سازمان‌های مدیریت مراقبت‌های بهداشتی، بر پیچیدگی این زنجیره می‌افزاید. این پیچیدگی، چالش‌هایی همچون جعل و تقلب دارو، واکنش‌های نامطلوب دارویی در بیماران، مشکلات ناشی از فرآیندهای داخلی زنجیره‌تأمین، نقص‌های تولیدی مانند استفاده از مواد اولیه بی‌کیفیت و برچسب‌گذاری نامناسب محصول نهایی، و همچنین چالش‌های خرده‌فروشی و توزیع از جمله کنترل نامناسب دما و سوءاستفاده در حمل‌ونقل را به‌همراه دارد [۴۳].

زنجیره‌های تأمین امروزی متنوع و جهانی هستند که احتمال بروز خطا در آن‌ها بالاست. حتی کوچک‌ترین مشکل در بخش‌های عمیق زنجیره‌تأمین دارو، مانند استفاده تأمین‌کننده از یک جزء دارویی نادرست، می‌تواند در مراحل بعدی تولید و مونتاژ، به مشکلی جدی تبدیل شود [۹]. علاوه‌بر این، داروهای حیاتی، مانند داروهای مخصوص بیماران سرطانی، کوچک و گران‌قیمت هستند، به‌گونه‌ای که سودجویان به‌راحتی می‌توانند سرقت، جعل یا قاچاق کنند. از آنجا که شناسایی این داروهای تقلبی برای مصرف‌کنندگان غالباً دشوار یا غیرممکن است، تولید و عرضه داروهای جعلی در جهان رو به افزایش است. با این حال، تقلب و جعل دارو یکی از مهم‌ترین چالش‌های زنجیره‌تأمین دارویی محسوب می‌شود. پیچیدگی بالای شبکه توزیع دارو، که در برخی موارد باعث می‌شود محصول دارویی پیش از رسیدن به دست مشتری، از طریق واسطه‌های متعدد تا ۱۰ مرحله جابه‌جا شود، نه‌تنها امکان تقلب را افزایش می‌دهد، بلکه هزینه‌های فرآیند را نیز بالا برده و در نهایت، قیمت دارو را برای مصرف‌کنندگان بیش از میزان واقعی آن می‌سازد [۴۳]. در روند توزیع سنتی، هنگامی که محصولات از یک سازمان به سازمان دیگر منتقل می‌شوند، نهادهای درگیر صورتحساب‌ها را بررسی کرده و محموله‌ها را با اطلاعات ثبت‌شده مطابقت می‌دهند. در صورت بروز نقص در دما یا کیفیت طی فرآیند حمل‌ونقل، فرایند بازپرداخت آغاز می‌شود و پرداخت‌ها تنها پس از تحویل محصول نهایی صورت می‌گیرد. این روش سنتی، نه‌تنها زمان‌بر و پرهزینه است، بلکه مستعد تأخیر و خطا نیز بوده و در نهایت، روند کسب‌وکار را کند کرده و مصرف‌کنندگان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. چرا که ممکن است داروهای بی‌کیفیت به دست آن‌ها برسد و در برخی موارد می‌تواند پیامدهای خطرناکی در پی داشته باشد [۶۲]. علاوه‌بر این، مصرف‌کنندگان همواره تأثیر بسیار اندکی بر زنجیره‌تأمین دارو داشته‌اند، زیرا آن‌ها نه‌تنها از ساختار این زنجیره، بلکه از فرآیندهای درون آن نیز آگاهی کافی ندارند [۴۰]. مصرف‌کننده‌ای که دارو سفارش می‌دهد، اغلب از محل تولید آن، هویت تولیدکننده، شرایط ساخت و زمان دقیق تحویل بی‌اطلاع است. لیکن، سازمان‌های مراقبت‌های بهداشتی در سراسر جهان نیز با چالش‌هایی در تشخیص اصالت داروهای دریافتی خود مواجه‌اند [۹ و ۴۰].

دیجیتالی‌شدن و فروش برخط محصولات دارویی یکی دیگر از چالش‌های صنعت دارو به‌شمار می‌رود، چراکه این روند زمینه را برای تولید داروهای تقلبی، کاهش کیفیت، حمل‌ونقل بدون ردیابی و همچنین حذف مصرف‌کنندگان از فرآیند زنجیره‌تأمین فراهم کرده است. کاهش کیفیت داروها در این زنجیره می‌تواند منجر به ضرر مالی برای نهادهای درگیر یا تولید محصولی بی‌کیفیت شود. افزون بر این، نبود شفافیت و ضعف در ارتباطات میان بخش‌های مختلف زنجیره‌تأمین، چالش‌هایی را به‌همراه دارد که هر واحد فعال را ناچار می‌سازد تا صرفاً بر اساس اطلاعات محلی خود عمل کند [۱]. وجود این مشکلات، فهرست کامل آن‌ها خارج از محدوده این مطالعه است که ضرورت طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌ای امن را برای انتقال دارو از تولیدکننده به مصرف‌کننده نهایی نمایان می‌سازد. فناوری بلاک‌چین می‌تواند بستری مناسب برای تحقق چنین سیستمی فراهم کند. این فناوری پیش‌تر در برخی صنایع مورد آزمایش قرار گرفته و به‌دلیل مزایای غیرقابل انکار آن، از جمله قابلیت ردیابی، امنیت، حفظ حریم خصوصی و شفافیت، راهکار بسیار امیدوارکننده مطرح شده است. به‌ویژه در صنعت داروسازی، بلاک‌چین می‌تواند نقشی کلیدی در پیشگیری از جعل داروها ایفا کند[۲۳]. با ورود شرکت‌های بین‌المللی و افزایش سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی، هرچند

این صنعت روندی رو به رشد و رقابتی‌تر به خود گرفته، اما همزمان، خطر جعل و سرقت دارو نیز افزایش یافته است. از سوی دیگر، شرکت‌های دارویی ایران برای موفقیت در عرصه جهانی و صادرات دارو به سایر کشورها، ناگزیر به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فناورانه، به‌روزرسانی تجهیزات تولید و پیاده‌سازی سیستم جامع مدیریت کیفیت هستند—فرایندی که می‌تواند با بهره‌گیری از فناوری بلاک‌چین تسهیل شود [۴۳]. با این‌حال، استفاده از این فناوری نیازمند پیاده‌سازی صحیح آن است، که نخستین گام در این مسیر، شناسایی عوامل موفقیت در اجرای آن به‌شمار می‌آید. بر این اساس، این مطالعه با هدف شناسایی عوامل موفقیت پیاده‌سازی بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین صنعت داروی ایران، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره با بهره‌گیری از تکنیک Z-FUCOM استفاده می‌کند. این روش، که بر مبنای نظریه عدد Z توسعه یافته است، قادر است همزمان عدم‌قطعیت و قابلیت اطمینان را در تعیین وزن و ارزش عوامل موفقیت در مسئله مورد بررسی لحاظ کند. از آنجایی‌که صنعت داروسازی ایران، همچون سایر صنایع، در محیطی همراه با عدم‌قطعیت فعالیت می‌کند، استفاده از روش‌های تحلیلی که بر مبنای مدل‌سازی فازی توسعه یافته‌اند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس، سؤالات اصلی این پژوهش به‌شرح زیر مطرح می‌شوند:

۱. پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی ایران بر پایه چه عواملی شکل می‌گیرد؟
۲. اهمیت عوامل موفقیت در پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی ایران به چه صورت می‌باشد؟

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

فعالیت‌های مدیریتی، از جمله منبع‌یابی، کنوانسیون‌ها، عملیات تولیدی، بازاریابی، طراحی محصول، امور مالی، تدارکات و تمامی فعالیت‌های مرتبط با لجستیک، نقش اساسی در توسعه مدیریت ایفا می‌کنند [۲۷]. چالش کلیدی در یک زنجیره‌تأمین، مدیریت و هماهنگی یکپارچه تمامی این فعالیت‌ها است [۵۶]. در این راستا، ازآنجاکه شرکت‌ها معمولاً اطلاعات محدودی درباره منشأ محصولات خود دارند، محققان توجه خود را به حوزه‌های مرتبط با شفافیت، قابلیت دید و قابلیت ردیابی در زنجیره‌تأمین معطوف کرده‌اند [۲۸ و ۴۷]. مطالعات اخیر، نقش حیاتی فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌های تأمین را مورد بررسی قرار داده‌اند، زیرا این فناوری می‌تواند جنبه‌هایی مانند کاهش هزینه‌ها، بهبود کیفیت، کاهش ریسک، افزایش انعطاف‌پذیری و ارتقای شفافیت را بهبود بخشد [۳۶]؛ علاوه‌بر این، بلاک‌چین قادر است مشکلات مربوط به ردیابی محصولات [۱۱] و مقابله با جعل را نیز کاهش دهد [۵۷].

بلاک‌چین دفتر کل دیجیتال، تراکنش‌های رمزنگاری‌شده و امضاشده دارد، این تراکنش‌ها به‌صورت گروه‌های "بلوک" ، سازماندهی می‌شوند [۱۱]. گروه‌بندی از طریق فناوری خاصی انجام می‌شود که "بلاک‌چین" نام دارد [۷]. بلاک‌چین از مجموعه‌ای از بلوک‌های به‌هم‌پیوسته است که هر بلوک دارای هویتی منحصربه‌فرد و شامل اطلاعات مشخصی است. اطلاعات ثبت‌شده در بلاک‌چین غیرقابل تغییر، حذف یا به‌روزرسانی هستند، در صورت نیاز به اصلاح داده‌ها، باید یک بلوک جدید ایجاد و اطلاعات موردنظر در آن ثبت شود [۷ و ۶۴]. ازآنجاکه هر تراکنش در یک بلوک و در چندین نسخه از دفتر کل که میان گره‌های متعدد (رایانه‌های شبکه) توزیع‌شده است، ثبت می‌شود، شفافیت بالایی دارد. همچنین این سیستم از امنیت بالایی برخوردار است، زیرا هر بلوک به بلوک‌های قبل و بعد از خود متصل است. در بلاک‌چین، هیچ مرجع مرکزی وجود ندارد که کنترل آن را در دست داشته باشد، در نتیجه، این فناوری از کارآمدی و مقیاس‌پذیری بالایی برخوردار است. ویژگی‌هایی که بلاک‌چین را متمایز می‌کند شامل قابلیت برنامه‌پذیری، امنیت بالا، تغییرناپذیری داده‌ها، توانایی توزیع ناشناس، زمان‌بندی دقیق و یکپارچگی سیستم است [۳۱]. اگرچه فناوری بلاک‌چین در سال ۲۰۰۸ برای پشتیبانی از ارزهای دیجیتال معرفی شد، اما مطالعات آکادمیک درباره کاربردهای آن در زنجیره‌های تأمین، از سال ۲۰۱۶ مورد توجه قرار گرفته است [۳].

فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین، نوآوری مخرب محسوب می‌شود که می‌تواند به کاهش هزینه‌ها، کاهش خطاهای اداری و لجستیکی، تسریع فرآیندها و ایجاد یک زنجیره‌تأمین پویا و ساده برای تمامی ذی‌نفعان منجر شود. پیاده‌سازی این فناوری، کارایی و شفافیت زنجیره‌تأمین را افزایش داده و به‌طور قطعی بر تمامی مراحل چرخه تجاری، از انبارداری گرفته تا تحویل و پرداخت، تأثیر خواهد گذاشت [۱ و ۳۶ و ۱۷]. علاوه‌بر این، به‌کارگیری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین می‌تواند به بهبود کارایی، تسهیل ردیابی و مدیریت شبکه‌های توزیع سازمان‌ها کمک کند [۵]. چالش‌های موجود در بخش زنجیره‌تأمین را می‌توان با استفاده از این فناوری کاهش داد و حتی در برخی موارد از آن‌ها اجتناب کرد. از زمان اختراع بلاک‌چین، این فناوری در بسیاری از حوزه‌ها برای تضمین امنیت و قابلیت اطمینان بالای داده‌ها، به‌عنوان یک خدمت مورد استفاده قرار گرفته است [۴۳] و با سرعت چشمگیری در بخش‌های مختلف در حال گسترش است [۱۷]. بر اساس گزارش احمد و همکاران

(۲۰۲۲)، طی پنج سال گذشته، بلاک‌چین در شش صنعت عمده شامل خودروسازی، هوافضا، صنایع غذایی و نوشیدنی، نساجی و پوشاک، داروسازی و لجستیک و حمل‌ونقل جهانی مورد استفاده قرار گرفته است [۳].

شرکت‌های داروسازی زنجیره‌های تأمین پیچیده‌ای را مدیریت می‌کنند، چراکه در تعامل با طیف گسترده‌ای از تأمین‌کنندگان هستند که در تأمین مواد اولیه و اجزای سازنده دارو نقش دارند. زنجیره‌تأمین داروسازی باید حداکثر استانداردهای ایمنی را برای حمل‌ونقل کالا رعایت کند، زیرا هرگونه سهل‌انگاری در این فرآیند ممکن است پیامدهای جبران‌ناپذیری به‌همراه داشته باشد. این شرکت‌ها با پشتیبانی از نیازهای ارائه‌دهندگان خدمات بهداشتی، تأمین دارو و تسهیل دسترسی بیماران به آن، نقشی اساسی در سلامت عمومی ایفا می‌کنند. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی[1] (۲۰۲۱)، حدود ۲ میلیارد نفر در سراسر جهان به واکسن‌ها، تجهیزات پزشکی و داروهای ضروری دسترسی ندارند. این مسئله باعث ایجاد خلأیی می‌شود که اغلب با محصولات بی‌کیفیت پر می‌شود. در مواقعی که تقاضا برای داروها افزایش می‌یابد، ورود داروهای تقلبی و تاریخ‌مصرف‌گذشته به زنجیره‌تأمین شدت پیدا می‌کند [۶۲]. سازمان بهداشت جهانی همچنین گزارش داده است که با پیچیده‌تر شدن زنجیره‌های تأمین جهانی، چالش داروهای بی‌کیفیت در حال افزایش است. لذا محصولاتی که در یک کشور تولید می‌شوند ممکن است در کشور دیگری بسته‌بندی شوند و به مصرف‌کنندگان در کشور ثالث فروخته شوند. علاوه‌بر این، رشد تجارت الکترونیک به این روند کمک می‌کند زیرا خرید داروها به‌صورت برخط، اغلب از منابع تأییدنشده را آسان‌تر می‌کند. بنابراین، یک راه‌حل مبتنی‌بر بلاک‌چین می‌تواند با ارائه تحویل ایمن کالاهای دارویی و ارائه یک دفتر کل غیرمتمرکز قابل تأیید که توسط همه سهامداران در سراسر زنجیره‌تأمین قابل ردیابی است، از مصرف‌کننده نهایی محافظت کند [۷ و ۱].

کیفیت، از عوامل کلیدی و ضروری در صنعت داروسازی، همواره مورد توجه بوده است. پژوهش‌های بالی و همکاران (۲۰۲۳) و عبدالله و نظام‌الدین (۲۰۲۳)، به‌وضوح نشان داده‌اند استفاده از فناوری بلاک‌چین تأثیر قابل‌توجهی در بهبود کیفیت دارد [۷ و ۱]. علاوه‌بر این، فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی، مشکلات مربوط به اعتماد میان اعضای این ساختار گسترده را برطرف می‌کند؛ چراکه تمامی تراکنش‌ها دارای مهر زمانی بوده و اطلاعات رویدادها به‌صورت شفاف برای تمامی طرف‌های مجاز، از جمله مصرف‌کنندگان، منتشر می‌شود. پس از ارسال کالا، قراردادهای هوشمند می‌توانند شرایط از پیش تعیین‌شده قراردادی را تأیید کنند، به‌گونه‌ای که تمامی ذینفعان در هر زمان قادر به بررسی و اعتبارسنجی آن باشند [۶۸]. ویژگی‌هایی که بلاک‌چین و قراردادهای هوشمند ارائه می‌کنند، می‌توانند به‌طور مؤثری تعامل میان چندین طرف را تنظیم کرده و از اصالت و کیفیت داروهای عرضه‌شده به مصرف‌کنندگان نهایی اطمینان حاصل کنند [۱]. با استفاده از سیستم شناسایی و ردیابی یکتای هر واحد محصول در زنجیره‌تأمین، امکان شناسایی سریع محصولات مشکوک، واکنش به رویدادهای غیرمنتظره و خودکارسازی فرآیندها فراهم می‌شود. این امر نه‌تنها ایمنی مصرف‌کنندگان را افزایش می‌دهد، بلکه موجب بهبود فرآیندهای کسب‌وکار نیز خواهد شد [۴۳]. تمامی این عوامل، انگیزه‌ای قوی برای ادغام فناوری بلاک‌چین در مدیریت زنجیره‌تأمین ایجاد می‌کند [۶۴].

عوامل موفقیت در اجرای فناوری بلاک‌چین. جدول ۱ مطالعات داخلی و خارجی را در زمینه کاربرد فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارو نشان می‌دهد. این بررسی، همراه با سایر پژوهش‌های جستجوی جامع در پایگاه‌های اطلاعاتی علمی، نشان می‌دهد تنها مطالعه‌ای که می‌توان در داخل کشور به شناسایی عوامل موفقیت در پیاده‌سازی بلاک‌چین برای زنجیره‌تأمین صنعت دارو به آن اشاره کرد، پژوهش محمداسماعیل و فتاح‌زاده (۱۴۰۱) است [۴۳]. با این حال، این تحقیق صرفاً به شناسایی شاخص‌های مؤثر در استفاده از فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی بر مبنای روش فراترکیب پرداخته و اشاره‌ای به عوامل موفقیت پیاده‌سازی آن نکرده است. از دیگر مطالعات مشابه، می‌توان به تحقیقات سلیمانی (۱۳۹۹) و جهانگرد (۱۴۰۰) اشاره کرد [۳۰ و ۵۲]. مطالعه نخست، تأثیرات مدیریتی و ساختاری فناوری بلاک‌چین را در بهبود زنجیره‌تأمین شرکت‌های دارویی بررسی کرده است، درحالی‌که مطالعه دوم، به ارائه مدل علّی و معلولی عوامل مؤثر بر ایجاد زیرساخت‌های پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارو پرداخته است. زمینه مطالعاتی دیگر تحقیقات داخلی نیز برای زنجیره‌تأمین صنایع غیردارویی بوده است. برای مثال؛ تأثیر بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین مواد غذایی [۳۲ و ۵۱]، تأثیر بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین تاب‌آور [۵۳]، تأثیر بلاک‌چین بر تأمین مالی زنجیره‌تأمین [۱۸]، تأثیر بلاک‌چین در بهبود فرآیند لجستیک معکوس در مدیریت زنجیره‌تأمین [۴۴]، کاربرد فناوری بلاک‌چین

[1] World Health Organization’s

برای مدیریت ریسک زنجیره‌تأمین [۶]، تأثیر بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین سبز برای صنعت گردشگری [۳۵]، کاربرد فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین خودروسازی [۱۹].

در میان مطالعات خارجی که به شناسایی عوامل موفقیت پیاده‌سازی بلاک‌چین پرداخته‌اند، می‌توان به پژوهش‌های فرناندو[1] (۲۰۱۹)، گاج[2] و همکاران (۲۰۲۳) و بالی[3] و همکاران (۲۰۲۳) اشاره کرد [۲۰ و ۲۱ و ۷]. با این‌حال، دو مطالعه نخست به‌صورت مروری بوده و از روش متاآنالیز استفاده کرده‌اند، مطالعه بالی و همکاران (۲۰۲۳) نیز در زمینه مراقبت‌های بهداشتی بوده است [۷]. با در نظر گرفتن این مطالعات و سایر تحقیقات مرتبط، می‌توان دریافت که پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارو، اغلب در چارچوب کشورها و با اهداف متفاوت صورت گرفته است. مقالات پراستناد در این زمینه برای مثال؛ ردیابی زنجیره‌تأمین دارویی با فناوری بلاک‌چین [۸ و ۱۴ و ۳۹] سیستم توزیع دارویی امن با بلاک‌چین [۶۹]، تحلیل موانع پذیرش بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین واکسن [۶۴]، بلاک‌چین برای اطمینان از زنجیره‌تأمین دارویی بدون تقلب [۸ و ۴۲ و ۵۵] انعطاف‌پذیری زنجیره‌تأمین دارویی با قابلیت بلاک‌چین [۱۳]، تأثیر فناوری بلاک‌چین بر همکاری در زنجیره‌تأمین [۶۳]، پیش‌بینی هزینه در زنجیره‌تأمین دارویی مبتنی‌بر بلاک‌چین [۲۹]، قدرت فناوری بلاک‌چین برای بهبود زنجیره‌تأمین دارویی [۳۷]، کاهش تلفات لجستیکی در زنجیره‌تأمین محصولات دارویی با استفاده از بلاک‌چین [۱۵]، بلاک‌چین به‌عنوان مفهومی برای مبارزه با جعل دارو از طریق افزایش شفافیت زنجیره‌تأمین [۲۱]. همچنین، تحقیقات محدودی به شناسایی عوامل موفقیت پیاده‌سازی بلاک‌چین از منظر کمی پرداخته‌اند. شناسایی این عوامل برای زنجیره‌تأمین دارویی در اقتصادهای در حال توسعه، نظیر ایران، به‌منظور دستیابی به مزیت رقابتی در سطح بین‌المللی، امری ضروری است. همانگونه که وامبا و کی‌روش[4] [۶۱] تأکید کرده‌اند که فناوری بلاک‌چین هنوز در مراحل اولیه پذیرش گسترده در کاربردهای زنجیره‌تأمین قرار دارد. اکثر پروژه‌ها هنوز به مرحله تجاری‌سازی نرسیده یا در مقیاس وسیع اجرا نشده‌اند. از سوی دیگر، با توجه به تنوع زنجیره‌های تأمین در صنایع مختلف، نیاز به درک بهتری از عوامل مؤثر بر برنامه‌های بلاک‌چین در زمینه‌های مختلف مدیریت زنجیره‌تأمین احساس می‌شود تا مسیر توسعه و کاربردهای بالقوه آینده این فناوری مشخص گردد. در همین راستا، احمد و همکاران (۲۰۲۲) اظهار داشته‌اند که در زمینه چگونگی به‌کارگیری فناوری بلاک‌چین در بخش‌های مختلف زنجیره‌تأمین، هنوز شکاف‌های تحقیقاتی قابل‌توجهی وجود دارد [۳].

جدول ۱. پیشینهٔ فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارو

مؤلفان	روش تحلیل	نتایج
محمداسماعیل و فتاح‌زاده [۴۳]	مرور پیشینه با استفاده از روش فراترکیب	شش شاخص اصلی مؤثر در زنجیره‌تأمین دارویی: • قرارداد هوشمند • ساده‌سازی معاملات بین‌المللی • هماهنگی زنجیره‌تأمین • ردیابی و جلوگیری از تقلّب در صنایع دارویی، • ذخیره دائمی و ایمن اطلاعات و متعادل‌سازی فرایند قیمت‌گذاری • و کاهش هزینه‌ها
Ghadge et al. [20]	بررسی نظام‌مند پیشینه و رویکرد متن‌کاوی	طبق مشاهدات این مطالعه، تحقیقات مربوط به بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی نسبت به سایر بخش‌ها کندتر بوده است، اما از زمان همه‌گیری Covid-19 سرعت آن افزایش یافته است. نیاز به افزایش شفافیت، کارایی، قابلیت ردیابی و امنیت داده‌ها، عامل اصلی پذیرش بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی است. علاوه‌بر این، فشارهای خارجی مانند تقاضای بیماران، رقبا و تنظیم‌کنندگان، مدیران زنجیره‌تأمین را به‌سمت پذیرش این فناوری سوق می‌دهند. بر اساس پروژه‌های آزمایشی فعلی بلاک‌چین و موارد استفاده در زنجیره‌تأمین دارویی، مبارزه با داروهای تقلبی، فراخوانی داروها، امنیت داده‌ها، انطباق با استانداردهای دارویی و قابلیت اطمینان آزمایش‌های بالینی، از جمله امیدوارکننده‌ترین برنامه‌های بلاک‌چین هستند.
Abdallah & Nizamuddin [1]	ل تحقیقات طراحی علم	در این مطالعه، یک چارچوب مبتنی‌بر بلاک‌چین برای فروش برخط محصولات دارویی به‌صورت غیرمتمرکز و بدون واسطه، مانند بیمارستان‌ها یا داروخانه‌ها، ارائه شده است. راه‌حل‌های پیشنهادی این مطالعه مبتنی‌بر استفاده از قراردادهای هوشمند اتریوم برای نظارت بر تعاملات بین شرکت‌کنندگان است. این قراردادها

[1] Fernando
[2] Ghadge
[3] Bali
[4] Wamba & Queiroz

مؤلفان	روش تحلیل	نتایج
		رویدادهایی را راه‌اندازی می‌کنند که ثبت می‌شوند تا به شرکت‌کنندگان در پیگیری و اطلاع از تراکنش‌های فروش کمک کرده و اطمینان حاصل کنند که پرداخت‌ها به‌صورت ایمن انجام می‌شود. علاوه‌بر این، قراردادهای هوشمند موارد خاص مربوط به بازپرداخت وجه مصرف‌کننده در صورت نقض شرایط قرارداد را مدیریت می‌کنند تا از تحویل ایمن داروها اطمینان حاصل شود.
Havaeji et al. [29]	یادگیری ماشین	این مطالعه بمنظور یافتن مناسب‌ترین الگوریتم(های) با حداقل خطای پیش‌بینی برای پیش‌بینی هزینه‌های زنجیره‌تأمین دارویی فعال‌شده با فناوری بلاک‌چین (BT-enabled PSC) چندمنظوره از چهار الگوریتم یادگیری نظارت‌شده (SVM NB, KNN, DT) استفاده می‌کند که با دو الگوریتم محاسبات تکاملی HSو PSO پس از تولید داده ترکیب شده است. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم‌های HS-NB و PSO-NBدر مقایسه با شش الگوریتم دیگر در پیش‌بینی هزینه‌های مدل چند منظوره با خطای کم عملکرد بهتری دارند.
Bali et al. [7]	DEMATEL	در این مطالعه، ۲۱ عامل موفقیت کلیدی (CSFs) برای پیاده‌سازی موفق فناوری بلاک‌چین در حوزه سلامت شناسایی و در شش بعد (فناوری، خدمات مشتری، سازمانی، هزینه، محیطی، توسعه) گروه‌بندی شده‌اند. از این ۲۱ عامل، ۹ عامل متعلق به گروه علت و ۱۲ عامل باقی‌مانده در زیرگروه اثر قرار گرفته‌اند. سه عامل اصلی تأثیرگذار در پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین در اکوسیستم مراقبت‌های بهداشتی عبارتند از شفافیت داده‌ها، ردیابی و پیگیری، و حمایت دولت. با این حال، هزینه اجرایی کمترین تأثیر را داشت.
Bapatla et al. [8]	علم طراحی	این مقاله یک زنجیره‌تأمین شفاف مبتنی بر فناوری دفتر کل توزیع‌شده (DLT) جدید برای زنجیره‌تأمین دارویی (PSC) پیشنهاد می‌کند. نتایج بدست آمده از سیستم پیشنهادی نشان می‌دهند که یک PSC شفاف با ایجاد یک ردیابی امن و منبع واحد حقیقت برای کل چرخه عمر یک دارو، تکه‌تکه شدن داده‌ها بین نهادهای مختلف شرکت‌کننده را از بین می‌برد و در نتیجه معرفی داروهای تقلبی را حذف می‌کند و ایمنی مصرف‌کننده را تضمین می‌نماید.
Chiacchio et al. [14]	علم طراحی	در این مقاله، یک راه‌حل غیرمتمرکز مبتنی‌بر توکن‌های غیرقابل تعویض (NFT)[1] ارائه می‌شود که می‌تواند قابلیت ردیابی و تعقیب فرآیند استاندارد سریال‌سازی را بهبود بخشد. توکن‌های غیرقابل تعویض در بلاک‌چین ضرب می‌شوند و از تمام مزایای ارائه شده توسط این فناوری به ارث می‌برند.
Ahmed et al. [3]	مرور پیشینه	ده انگیزه استفاده از فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین با بیشترین استناد در شش بخش (خودرو، هوافضا، غذا و نوشیدنی، لجستیک، دارو، منسوجات و پوشاک) را مورد بحث قرار داده‌اند: • قابلیت دید • شفافیت • کارآیی فرآیند • امنیت • خدمات مشتری • پایداری • مدیریت ریسک • اصالت محصول • تضمین کیفیت محصول • کاهش هزینه
Yadav & Singh [64]	رویکرد یکپارچه Fuzzy- و PCA DEMATEL	عوامل موثر برای توسعه مدیریت زنجیره‌تأمین پایدار کارآمد مبتنی‌بر فناوری بلاک‌چین: • استحکام سیستم • هزینه کلی • عملکرد کلی • ایمنی داده‌ها و تمرکززدایی • قابلیت دسترسی • کیفیت • قوانین و سیاست • سیستم هوشمند • رضایت مشتری • سیستم قابل اعتماد • مستندات، مدیریت داده
Debnath et al. [16]	روش بهترین بدترین بیزی (BWM)	عوامل موفقیت بحرانی (CSFs) که صنعت داروسازی را قادر می‌سازد تا فناوری‌های نوظهور صنعت ۴.۰ (I4.0) را با موفقیت برای افزایش پایداری کلی SC اتخاذ کند: **اطلاعات و شبکه** • شبکه ارتباطی داده‌ای ایمن و پایدار

[1] non-fungible tokens

مؤلفان	روش تحلیل	نتایج
		• ادغام سیستم مدیریت پایگاه داده پیشرفته • ایجاد سیستم تولید ابری یکپارچه با رایانه • نظارت و ردیابی دیجیتالی محصولات • حفظ ارتباط مشارکتی مناسب بین نهادهای زنجیره‌تأمین
		سازمان و دولت • ایجاد یک تیم پشتیبانی فنی قوی • استراتژی‌های سازمانی پایدار موجود • سیاست‌ها و قوانین دولتی مناسب • پشتیبانی مناسب از سوی مدیریت ارشد • تیم تحقیق و توسعه (R&D) اختصاصی و قوی **فناوری و نوآوری** • سرمایه‌گذاری کافی در پیشرفت فناوری • برنامه‌های آموزشی برای پیشرفت مهارت‌های کارکنان • تأمین و کاربرد تجهیزات هوشمند و پیشرفته • ادغام فناوری‌های پایدار نوظهور • افزایش اتوماسیون در مدیریت مواد و انبارداری • مدیریت غیرمتمرکز و عملیات انعطاف‌پذیر
Fernando [20]	مروری پیشینه	پنج عامل غالب در کاربرد فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارو: • پیگیری • اعتماد • ردیابی • شفافیت • و به‌موقع‌بودن
Trautmann et al. [59]	تحلیل محتوا کیفی	ترکیب بلاک‌چین با فناوری‌های دیگر مانند اینترنت اشیا و هوش مصنوعی می‌تواند کارایی، قابلیت ردیابی و اعتماد در زنجیره‌های تأمین دارویی را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشد. یک مفهوم زنجیره‌تأمین دیجیتالی بر اساس این فناوری‌ها توسعه یافته است که شفافیت و دسترسی به اطلاعات را در زنجیره‌تأمین افزایش می‌دهد. علاوه‌بر این، ارتباطات و فرآیندها در طول کل زنجیره‌تأمین دارویی بهینه‌سازی می‌شوند.

جدول۲، عوامل موفقیت در پیاده‌سازی بلاک‌چین در صنعت دارو را نشان می‌دهد. این عوامل موفقیت پس از بررسی مطالعات قبلی، شناسایی شدند. بررسی مجموعه مقالات مختلف منجر به شناسایی ۲۹ عامل موفقیت در پیاده‌سازی بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی شد که در شش بعد (فناوری، خدمات مشتریان، سازمانی، هزینه، محیطی و توسعه) گروه‌بندی شدند. لذا فناوری نوین بلاک‌چین در مدیریت زنجیره‌تأمین، کاربردهای متعددی در بخش‌های مختلف زنجیره‌تأمین دارد نظیرتولید، لجستیک، تأمین و توزیع. این کاربردها در زنجیره‌تأمین دارویی شامل مواردی مانند ردیابی، قابلیت ردیابی، اعتماد، شفافیت و بلادرنگ (در لحظه) می‌باشند.

جدول ۲. عوامل مؤثر بر موفقیت بلک‌چین در صنعت دارو

معیارهای اصلی	زیرمعیارها	منبع

فناوری	شفافیت داده	Fernando [20]; Silva & Mattos [50]; Haji et al. [27]; Guo et al. [26]; Ghode et al. [50]; Elhidaoui et al. [17]; Gruchmann et al. [25]; Bali et al. [7]
	قابلیت اطمینان	Elhidaoui et al. [17]; Bali et al. [7]
	امنیت (حفظ حریم خصوصی)	Fernando [20]; Haji et al. [27]; Bali et al. [7]; Debnath et al. [16]; Akram et al. [4]
	زیرساخت و تجهیزات پیشرفته	Haji et al. [27]; Grida et al. [24]; Debnath et al. [16]
	رمزنگاری	Elhidaoui et al. [17]
	ذخیره‌سازی	
	سازگاری و مقیاس‌پذیری	Grida et al. [24]; Akram et al. [4]
.مات مشتری	ردیابی و پیگیری	Fernando [20]; Elhidaoui et al. [17]; Bali et al. [7]; Ghadge et al. [21]; Debnath et al. [16]; Akram et al. [4]
	اعتماد	Fernando [20]; Elhidaoui et al. [17]; Gruchmann et al. [25]; Bali et al. [7]
	به‌موقع بودن	Fernando [20]
	تغییرناپذیری	Ghadge et al. [21]; Bali et al. [7]; Akram et al. [4]
	قابلیت دید	Silva et al. [50]; Haji et al. [27]; Bali et al. [7]; Gruchmann et al. [25]
هزینه	هزینه پیاده‌سازی	Bali et al. [7]
	هزینه نیروی انسانی	
	هزینه آموزش و ارتقای مهارت	
	مدیریت مؤثر. کاراً	
سازمانی	حمایت مدیریت عالی سازمان	Elhidaoui et al. [17]; Bali et al. [7]; Debnath et al. [16]
	مدیریت غیرمتمرکز و عملیات انعطاف‌پذیر	Debnath et al. [16]
	یجاد یک تیم پشتیبانی فنی قوی و فراهم کردن امکانات آموزشی برای آن‌ها	Grida et al. [24]; Debnath et al. [16]
	اشتراک‌گذاری اطلاعات	Ghadge et al. [21]
	فرهنگ سازمانی	Grida et al. [24]
محیطی	کاهش کاغذبازی	Bali et al. [7]
	ابتکارات سبز	Elhidaoui et al. [17]; Bali et al. [7]
	قوانین و سیاست	Grida et al. [24]
توسعه	همکاری و مشارکت	Silva et al. [50]; Ghadge et al. [21]; Elhidaoui et al. [17]; Bali et al. [7]; Debnath et al. [16]; Akram et al. [4]
	ساده‌سازی و بهبود فرآیندها	Bali et al. [7]
	حمایت دولت	Bali et al. [7]; Debnath et al. [16]
	خودکارسازی	Fernando [20]
	قراردادهای هوشمند	Fernando [20]; Haji et al. [27]; Jaisimha & Kumar [31]; Elhidaoui et al. [17]; Ghadge et al. [21]

۳. روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه از رویکردی ترکیبی کیفی و کمّی بهره می‌برد. ابتدا، با استفاده از مرور نظام‌مند بر پیشینه موضوع، شاخص‌های مرتبط شناسایی و استخراج شدند. در این راستا، رویکرد ترانفیلد[1] و همکاران (۲۰۰۳) به‌دلیل ارائه چارچوبی گام‌به‌گام و شفاف برای انجام مرور نظام‌مند، مبنای کار انتخاب شد. ترانفیلد و همکاران (۲۰۰۳) در انجام یک بررسی پیشینه، پیشنهاد می‌کنند پنج مرحله روش‌شناختی شامل شناسایی هدف تحقیق، انتخاب مقالات، ارزیابی کیفیت مطالعات، استخراج داده، تجزیه و تحلیل داده‌ها و گزارش دنبال شود [۵۸]. در این مطالعه، با الهام از رویکرد ترانفیلد و همکاران (۲۰۰۳)، پایگاه داده‌ای از مقالات مرتبط ایجاد شد تا به سوالات پژوهش پاسخ داده شود. فرآیند مرور با جستجوی عناوین و چکیده‌های اسناد در پایگاه‌های داده اسکوپوس و گوگل اسکالر، با استفاده از کلیدواژه‌های زیر و به‌صورت دو پرسش جستجو (Query) آغاز شد:

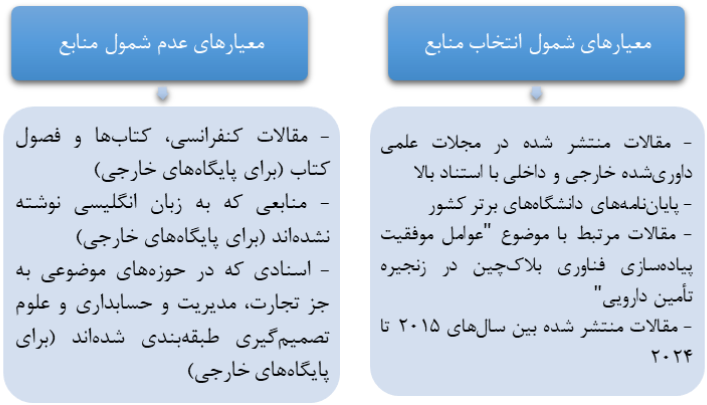
Scopus Query: (success and factors and blockchain and technology and pharmaceutical or drug and supply chain or supply chain management)
Google scholar Query: blockchain and technology and pharmaceutical and supply and chain or supply chain management)

پایگاه‌های اسکوپوس و گوگل اسکالر به‌دلیل پوشش گسترده مقالات علمی در حوزه‌های مدیریت و زنجیره‌تأمین، پایگاه‌های اصلی انتخاب شدند. با این حال، به‌منظور اطمینان از جامعیت مرور، از پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی نیز استفاده شد. برای جستجوی اسناد داخلی، از پایگاه‌های اطلاعاتی نورمگز، گنج ایرانداک، پرتال جامع علوم انسانی و SID بهره‌برداری گردید. در این جستجو، از کلیدواژه‌هایی نظیر "عوامل موفقیت.عوامل پذیرش"، "فناوری بلاک‌چین" و "زنجیره‌تأمین.مدیریت زنجیره‌تأمین دارو" استفاده شد. برای محدود کردن تعداد اسناد به موارد مرتبط با تمرکز این مطالعه و مقالات منتشر شده در مجلات علمی داوری‌شده با کیفیت بالا (هم خارجی و هم داخلی)، همچنین از پایان‌نامه‌های برترین دانشگاه‌های کشور به‌عنوان معیارهای ورود استفاده شد. برای دو پایگاه خارجی، مقالات کنفرانسی، کتاب‌ها و فصول کتاب، منابعی که به زبان انگلیسی نوشته نشده‌اند، و اسنادی که در حوزه‌های موضوعی غیر از تجارت، مدیریت، حسابداری و علوم تصمیم‌گیری طبقه‌بندی شده‌اند، مستثنی شدند. گام‌های مرور نظام‌مند، همان‌طور که در رویکرد ترانفیلد و همکاران (۲۰۰۳) نیز اشاره شده است [۵۸]، شامل مراحل شناسایی هدف تحقیق، انتخاب پایگاه‌های داده، تعیین کلیدواژه‌ها، اعمال معیارهای شمول و عدم شمول، غربالگری مقالات بر اساس عنوان و چکیده، ارزیابی کیفیت مقالات، استخراج داده‌ها و ترکیب یافته‌ها می‌باشد. در راستای رعایت اصول رویکرد مرور نظام‌مند، معیارهای شمول و عدم شمول در انتخاب مقالات به‌صورت شفاف در شکل ۱ ارائه شده است. فرآیند غربالگری مقالات به‌ترتیب بر اساس عنوان، چکیده و سپس متن کامل آن‌ها انجام پذیرفت. جستجوی محدود شده (که از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ با شرایط بالا و با هدف دستیابی به مقالات به‌روز انجام شد) در مجموع حدود ۵۰۰ مقاله (۱۸۸ مقاله در پایگاه اسکوپوس و ۳۲۰ مقاله در پایگاه گوگل اسکالر) را شناسایی کرد. فرآیند بررسی با خواندن خلاصه هر مقاله و مرور اجمالی محتوای آن ادامه یافت. تنها مقالاتی که حداقل دو بار استناد شده بودند (برای بخش پیشینه تحقیق) و همچنین مقالاتی که فقط "بررسی عوامل موفقیت پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی" را پوشش می‌دادند (برای بخش شناسایی عوامل)، برای قرار گرفتن در نمونه نهایی انتخاب شدند. این رویه منجر به انتخاب ۴۴ مقاله خارجی و ۱۳ سند داخلی (مقاله و پایان‌نامه) گردید. فرآیند انتخاب ۵۷ سند (شامل مقالات داخلی و خارجی و پایان‌نامه‌های داخلی) در قالب نمودار جریان، مراحل جستجو، غربالگری و انتخاب را به تصویر می‌کشد (شکل ۲). بررسی کیفی مقالات انتخاب شده، از طریق مراحل زیر انجام گرفت:

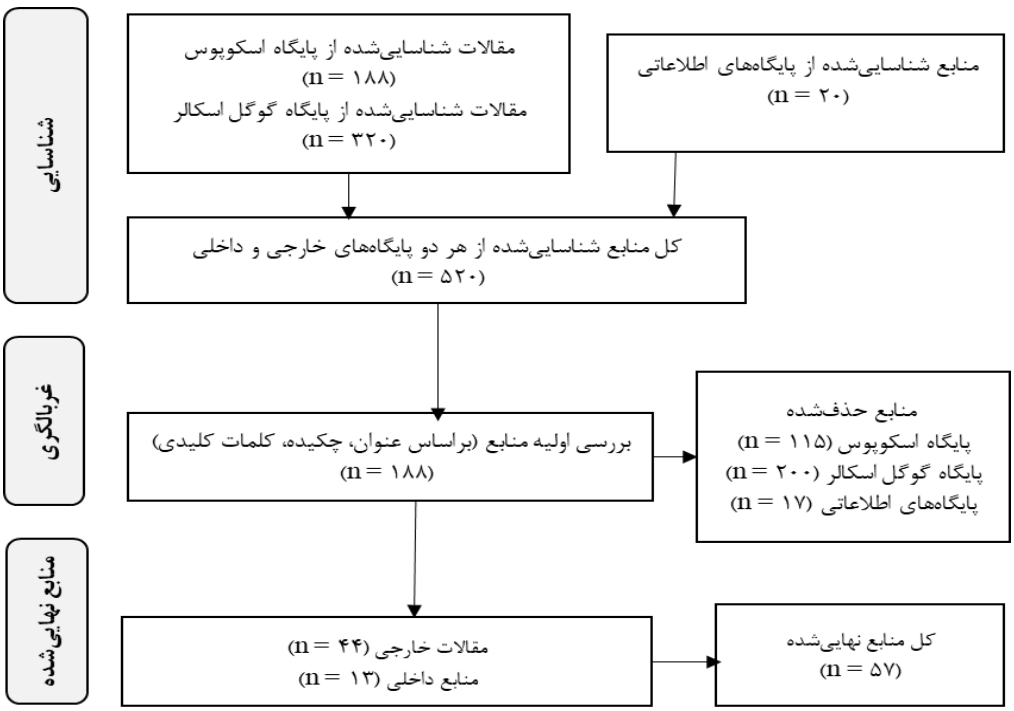
۱. جمع‌آوری و مطالعه دقیق مقالات؛ در این زمینه مقالات علمی مرتبط از پایگاه‌های معتبر مانند اسکوپوس، گوگل اسکالر، و پایگاه‌های معتبر داخلی استخراج شدند. معیارهای انتخاب شامل انتشار در ژورنال‌های با داوری همتا، ضریب تأثیر بالا و ارتباط مستقیم با فناوری بلاک‌چین در صنعت دارویی بود.
۲. مرور و مطالعه عمیق محتوای مقالات؛ این مرحله با خواندن خلاصه‌ی هر مقاله و مرور اجمالی محتوای آن انجام شد تا مفاهیم و عوامل تکرارشونده مرتبط با موضوع شناسایی شوند.
۳. دسته‌بندی مفاهیم؛ عوامل شناسایی‌شده بر اساس شباهت‌های مفهومی در دسته‌های کلی‌تر گروه‌بندی شدند. این دسته‌ها، عوامل موفقیت پیاده‌سازی بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی را نشان می‌دهند.
۴. استخراج شاخص‌ها؛ در نهایت، از هر دسته مفهمومی، عوامل. معیارهای کلیدی مرتبط با عوامل موفقیت پیاده‌سازی بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی استخراج شدند.

[1] Tranfield

بررسی مجموعه این مقالات، منجر به شناسایی ۲۹ عامل موفقیت در پیاده‌سازی بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی شد (جدول ۲). این ۲۹ عامل موفقیت بر اساس موضوع، ماهیت و ارتباط آن‌ها با یکدیگر، در شش بعد (فناوری، خدمات مشتریان، سازمانی، هزینه، محیطی و توسعه) گروه‌بندی شدند. با توجه به این که اغلب این عوامل، حاصل مطالعات نظری و تجربی سایر محققان خارجی بوده است، عملیاتی کردن آن‌ها در زمینه کشور ایران ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین، نویسندگان با هدف تأیید عوامل موفقیت پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی ایران از نظر خبرگان این صنعت، آن‌ها را عملیاتی کردند. برای این منظور، از روش دلفی فازی برای ارزیابی اعتبار هر معیار استفاده شد. در نتیجه، ۲۹ عامل در این فرآیند نهایی گردید (جدول ۵). این ۲۹ عامل موفقیت در قالب یک پرسشنامه تنظیم و بین ۱۰ نفر از مدیران زنجیره‌تأمین دارویی ایران در بخش‌های خرید (تأمین)، برنامه‌ریزی و تولید، توزیع و لجستیک به‌عنوان خبرگان این صنعت توزیع شد. ملاک انتخاب این افراد، تجربه بالای فعالیت آن‌ها (حداقل ۷ سال)، تحصیلات حداقل کارشناسی، پست مدیریتی و دانش کافی در رابطه با فناوری بلاک‌چین بوده است. پس از دریافت پاسخ‌ها از این افراد، در فاز دوم تحقیق، برای تعیین اهم عوامل موفقیت در پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین، که یک مسئله چندمتغیره است، از روش سازگاری کامل مبتنی‌بر نظریه (Z-FUCOM) استفاده شد. این نظریه برای محیط فازی کاربرد دارد. از آن‌جا که صنعت دارویی مانند بسیاری از صنایع دیگر در محیط نامطمئن (شرایط عدم قطعیت) فعالیت می‌کند، استفاده از روشی که با نظریه‌های فازی ترکیب شده باشد، منطقی به‌نظر می‌رسد. در ادامه، به توضیح روش‌های به‌کار گرفته‌شده در این تحقیق پرداخته شده است.



شکل ۱. معیارهای شمول و عدم شمول در انتخاب منابع



شکل ۲. نمودار جریان انتخاب و غربالگری منابع از پایگاه‌های اطلاعاتی

روش دلفی فازی. از روش دلفی فازی با هدف تأیید و یا غربالگری شاخص‌های پژوهش در محیط عدم قطعیت استفاده می‌شود. مراحل این روش شناسایی شاخص‌های مرتبط با مسئله تحقیق و جمع‌آوری نظرهای متخصصان تصمیم‌گیرنده و تعیین اهمیت هر شاخص بر اساس طیف جدول ۳، است.

جدول ۳. عبارات زبانی و اعداد دلفی فازی (موسوی و همکاران، [۴۶])

عبارات زبانی	اعداد فازی مثلثی
خیلی کم	(۰، ۰، ۰/۲۵)
کم	(۰، ۰/۲۵، ۰/۵)
متوسط	(۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵)
زیاد	(۰/۵، ۰/۷۵، ۱)
خیلی زیاد	(۰/۰۷۵، ۱، ۱)

در این مطالعه مقدار آستانه حذف عدد ۰/۷ است هر کدام از شاخص‌ها با غیرفازی کمتر از آن حذف می‌شود.

نظریهٔ Z. در محیط‌های پیچیده تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیرندگان قادرند بر اساس اطلاعات نامطمئن، نادرست یا ناقص، تصمیمات منطقی اتخاذ کنند. به‌منظور استفاده از مدل ریاضی برای اندازه‌گیری این توانایی ویژه انسان، در سال ۲۰۱۱، لطفی‌زاده مفهوم عدد Z را بر اساس نظریه مجموعه فازی معرفی کرد. این مفهوم، ابزاری برای برخورد با اعدادی که کاملاً قابل اعتماد نیستند، به‌منظور توصیف دقیق‌تر اطلاعات نامطمئن در فرآیند تصمیم‌گیری پیشنهاد شد [۳۸]. اگر $X = (\tilde{A}$ و $\tilde{R})$ یک عدد Z باشد، این عدد به‌صورت یک جفت بیان می‌شود که در آن $\tilde{A}$ یک تابع محدودیت[1] (یک محدودیت روی اعداد حقیقی غیرقطعی x) است در حالی که مؤلفه دوم $\tilde{R}$ یک معیار قابلیت اطمینان[2] برای مؤلفه اول است. هنگامی که a_2 برابر با a_3 باشد، عدد فازی ذوزنقه‌ای به عدد فازی مثلثی تبدیل می‌شود.

روش سازگاری کامل نظریه z. تکنیک فوکام رایج‌ترین کاربرد را در فرآیند تعریف ضرایب وزن معیارها دارد. این روش، اساساً مقایسه‌های زوجی کمتری نسبت به روش‌های مشابه مانند AHP و BWM دارد و پیچیدگی آن را در برخورد با مشکلاتی با معیارهای متعدد افزایش می‌دهد. توسعه روش فوکام در محیط عدم قطعیت با به‌کارگیری نظریه اعداد فازی Z رویکرد ترکیبی را در بین محققین بیشتر کرده است (برای مثال؛ [۱۲ و ۶۵]).

برای اجرای Z-FUCOM، در ابتدا معیارهای ارزیابی Cj, j= 1, 2, …, n تعیین می‌شوند و سپس بر اساس اهمیت آن‌ها بر اساس نظرات کارشناسان رتبه‌بندی می‌شوند. لازم به‌ذکر است که معیارهایی که انتظار می‌رود دارای بالاترین و کمترین مقدار وزن باشند به‌ترتیب در جایگاه اول و آخر قرار می‌گیرند و اگر دو یا چند مورد از آن‌ها دارای اهمیت یکسانی باشند، علامت "= " بین معیارها به‌جای علامت "> " قرار می‌گیرد. پس از آن، به‌دلیل مهم‌ترین معیار (رتبه اول)، کارشناسان معیارهای رتبه‌بندی شده را با توجه به ترجیحات خود با هم مقایسه می‌کنند. در این راستا، کارشناسان نظرات خود را در مورد معیارها به‌صورت عبارات زبانی (LTS)[3] عدد Z بیان می‌کنند [۵۶]. عبارت زبانی (FI, M) نشان می‌دهد که یک معیار نسبتاً مهم است و درجه قابلیت اطمینان متوسطی نسبت به نظر کارشناس دارد. پس از دریافت نظرات به‌صورت LT، از قوانین تبدیل، برای تبدیل این اصطلاحات به TFN (اعداد فازی مثلثی) استفاده می‌شود.

٤. یافته‌ها

[1] Restriction or Constraint
[2] Reliability
[3] Linguistic Term

جهت تأیید عوامل موفقیت در پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین با استفاده از روش دلفی فازی، ابتدا این عوامل در اختیار خبرگان صنعت داروسازی قرار گرفت تا بر اساس طیف جدول ۳ به هر معیار امتیاز دهند. سپس، روش دلفی فازی پیاده‌سازی شد. نتایج این فرآیند در جدول ۵ آورده شده است که نشان‌دهنده تأیید تمامی عوامل می‌باشد.

جدول ۵. نتایج دلفی فازی معیارها

معیار	زیرمعیارها	میانگین فازی	بانگین غیرفازی	ضعیت
فناوری (A)	شفافیت داده	(۰/۵ ،۰/۷۵ ،۰/۹۲۹)	۰/۷۲۶	تأیید
	قابلیت اطمینان	(۰/۶۴۳ ،۰/۸۹۳ ،۱)	۰/۸۴۵	تأیید
	امنیت (حفظ حریم خصوصی)	(۰/۷۱۴ ،۰/۹۶۴ ،۱)	۰/۸۹۳	تأیید
	زیرساخت و تجهیزات پیشرفته	(۰/۶۰۷ ،۰/۸۵۷ ،۱)	۰/۸۲۱	تأیید
	ذخیره‌سازی	(۰/۷۱۴ ،۰/۹۶۴ ،۱)	۰/۸۹۳	تأیید
	رمزنگاری	(۰/۵۳۶ ،۰/۷۸۶ ،۰/۹۶۱)	۰/۷۶۲	تأیید
	سازگاری و مقیاس‌پذیری	(۰/۵۳۶ ،۰/۷۸۶ ،۰/۹۶۱)	۰/۷۶۲	تأیید
خدمات مشتری (B)	ردیابی و پیگیری	(۰/۵۷۱ ،۰/۸۲۱ ،۰/۹۲۰)	۰/۷۷۴	تأیید
	اعتماد	(۰/۵۷۱ ،۰/۸۲۱ ،۰/۹۶۱)	۰/۷۸۶	تأیید
	به‌موقع بودن	(۰/۷۵ ،۱ ،۱)	۰/۹۱۷	تأیید
	تغییرناپذیری	(۰/۶۷۹ ،۰/۹۲۹ ،۱)	۰/۸۶۹	تأیید
	قابلیت دید	(۰/۷۵ ،۱ ،۱)	۰/۹۱۷	تأیید
هزینه (C)	هزینه پیاده‌سازی	(۰/۶۰۷ ،۰/۸۵۷ ،۱)	۰/۸۲۱	تأیید
	هزینه نیروی انسانی	(۰/۶۴۳ ،۰/۸۹۳ ،۱)	۰/۸۴۵	تأیید
	هزینه آموزش و ارتقای مهارت	(۰/۶۴۳ ،۰/۸۹۳ ،۰/۹۶۱)	۰/۸۴۳	تأیید
	مدیریت مؤثر. کارا	(۰/۵ ،۰/۷۵ ،۰/۹۲۹)	۰/۷۲۶	تأیید
سازمانی (D)	حمایت مدیریت عالی سازمان	(۰/۶۴۳ ،۰/۸۹۳ ،۱)	۰/۸۴۵	تأیید
	.یریت غیرمتمرکز و عملیات انعطاف‌پذیر	(۰/۶۴۳ ،۰/۸۹۳ ،۰/۹۶۱)	۰/۸۳۳	تأیید
	تیم پشتیبانی فنی قوی	(۰/۶۷۹ ،۰/۹۲۹ ،۱)	۰/۸۶۹	تأیید
	اشتراک‌گذاری اطلاعات	(۰/۵۳۶ ،۰/۷۸۶ ،۱)	۰/۷۷۴	تأیید
	فرهنگ سازمانی	(۰/۵۷۱ ،۰/۸۲۱ ،۰/۹۶۱)	۰/۷۸۶	تأیید
محیطی (E)	کاهش کاغذبازی	(۰/۵۷۱ ،۰/۸۲۱ ،۰/۹۶۱)	۰/۷۸۶	تأیید
	ابتکارات سبز	(۰/۶۰۷ ،۰/۸۵۷ ،۱)	۰/۸۲۱	تأیید
	قوانین و سیاست	(۰/۵۷۱ ،۰/۸۲۱ ،۱)	۰/۷۹۸	تأیید
توسعه (F)	همکاری و مشارکت	(۰/۵۷۱ ،۰/۸۲۱ ،۱)	۰/۷۹۸	تأیید
	ساده‌سازی فرآیند و بهبود فرآیندها	(۰/۵۳۶ ،۰/۷۸۶ ،۰/۹۲۰)	۰/۷۵۰	تأیید
	حمایت دولت	(۰/۵ ،۰/۷۵ ،۰/۸۹۳)	۰/۷۱۴	تأیید
	خودکارسازی	(۰/۵۳۶ ،۰/۷۸۶ ،۰/۹۲۰)	۰/۷۵۰	تأیید
	قراردادهای هوشمند	(۰/۵۳۶ ،۰/۷۸۶ ،۰/۹۶۱)	۰/۷۶۲	تأیید

نتایج روش Fuzzy Z FUCOM. در این بخش با استفاده از روش مذکور به تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها پرداخته می‌شود. در مرحله اول رتبه‌بندی معیارها بر اساس اجماع خبره‌ها انجام می‌شود که به‌صورت A>D>B>F>C>E است. سپس با استفاده از طیف جدول ۴، ابتدا مقایسه معیارها و سپس به میزان اطمینان به مقایسات توسط خبره‌ها پرداخته می‌شود. در مرحله بعد نیز ادغام پاسخ‌ها انجام می‌گیرد. نتایج در جدول ۶ و ۷ به‌ترتیب برای مقایسات و میزان درجه اطمینان آورده شده است.

جدول ۶. مقایسه زوجی ادغام شده معیارهای اصلی

A	D	B	F	C	E

مقایسات	(۹، ۸/۷۱۴، /۷۱۴)	(۸/۲۸۶، ۷/۲۸۶، ۶/۲۸۶)	(۶/۸۵۷، ۵/۸۵۷، ۴/۸۵۷)	(۵/۱۴۳، ۴/۱۴۳، /۱۴۳)	(۳/۴۲۹، ۲/۴۲۹، ۱/۴۲۹)	(۱، ۱، ۱)

جدول ۷. درجه اطمینان مقایسه زوجی معیارهای اصلی

	A	D	B	F	C	E
اطمینان	/۷ (۱، ۱، ۱)	۰/۵۲۹ (۰/۷۷۱، ۰/۸۸۶)	/۶۱۴ (۰/۸۷۱، ۰/۹۵۷)	۰/۶۴۳ (۰/۹۱۴، ۰/۹۷۱)	(۰/۶۷۱) (۰/۹۵۷، ۰/۹۸۶)	۰/۶۱۴ (۰/۸۷۱، ۰/۹۵۷)

سپس داده‌های جدول ۶ و جدول ۷، مقایسه زوجی فازی نهایی حاصل می‌شود که در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸. مقایسه زوجی فازی نهایی معیارهای اصلی

	A	D	B	F	C	E
ϕ	۱، ۱، ۱)	۱/۲۲۸، ۲/۰۸۸، ۲/۹۴۸)	′۸۶۱، ۳/۷۷۱، ۴/۶۸۱)	′۴/۵۰۶، ۵/۴۳۴، ۶/۳۶۲)	′۵/۹۳۹، ۶/۸۸۴، ۷/۸۲۹)	′۷/۰۲۲، ۷/۹۳۲، ۸/۱۹۲)

روش تعیین وزن معیارها ابتدا اولویت مقایسه‌ای معیارها مشخص می‌شود که در زیر محاسبه شده است.

$$\varphi_{\frac{A}{D}} = \frac{(1.228,2.088,2.948)}{(1,1,1)} = (1.228,2.088,2.948) \qquad \varphi_{\frac{D}{B}} = \frac{(2.861,3.771,4.681)}{(1.228,2.088,2.948)} = (0.97,1.806,3.811)$$

$$\varphi_{\frac{B}{F}} = \frac{(4.506,5.434,6.362)}{(2.861,3.771,4.681)} = (0.963,1.441,2.224) \qquad \varphi_{\frac{F}{C}} = \frac{(5.939,6.884,7.829)}{(4.506,5.434,6.362)} = (0.934,1.267,1.737)$$

$$\varphi_{\frac{C}{E}} = \frac{(7.022,7.932,8.192)}{(5.939,6.884,7.829)} = (0.897,1.152,1.379)$$

$$\varphi_{\frac{A}{B}} = \varphi_{\frac{A}{D}} \times \varphi_{\frac{D}{B}} = (1.228,2.088,2.948) \otimes (0.97,1.806,3.811) = (1.191,3.771,11.235)$$

$$\varphi_{\frac{D}{F}} = (0.934,2.602,8.476) \qquad \varphi_{\frac{B}{C}} = (0.899,1.826,3.863)$$

$$\varphi_{\frac{F}{E}} = (0.838,1.46,2.395)$$

سپس مدل نهایی تشکیل می‌شود که در زیر آورده شده است.

Min Z

|l1-1.228×u4|≤z	|l4-0.97×u2|≤z	|l2-0.963×u6|≤z	|l6-0.934×u3|≤z	|l3-0.897×u5|≤z
|m1-2.088×m4|≤z	|m4-1.806×m2|≤z	|m2-1.441×m6|≤z	|m6-1.267×m3|≤z	|m3-1.152×m5|≤z
|u1-2.948×l4|≤z	|u4-3.811×l2|≤z	|u2-2.224×l6|≤z	|u6-1.737×l3|≤z	|u3-1.379×l5|≤z
|l1-1.191×u2|≤z	|l4-0.934×u6|≤z	|l2-0.899×u3|≤z	|l6-0.838×u5|≤z	
|m1-3.771×m2|≤z	|m4-2.602×m6|≤z	|m2-1.826×m3|≤z	|m6-1.46×m5|≤z	
|u1-11.235×l2|≤z	|u4-8.476×l6|≤z	|u2-3.863×l3|≤z	|u6-2.395×l5|≤z	

0.167×l1+0.668×m1+0.167×u1+0.167×l2+0.668×m2+0.167×u2+
0.167×l3+0.668×m3+0.167×u3+0.167×l4+0.668×m4+0.167×u4+
0.167×l5+0.668×m5+0.167×u5+0.167×l6+0.668×m6+0.167×u6=1

l1≤m1 m1≤u1 l1≥0
l2≤m2 m2≤u2 l2≥0

$l3 \le m3 \quad m3 \le u3 \quad l3 \ge 0$
$l4 \le m4 \quad m4 \le u4 \quad l4 \ge 0$
$l5 \le m5 \quad m5 \le u5 \quad l5 \ge 0$
$l6 \le m6 \quad m6 \le u6 \quad l6 \ge 0$

مدل بالا را در نرم‌افزار لینگو نسخه ۱۸ حل کرده و وزن معیارها حاصل به‌دست آمدند (جدول ۹). بر این اساس معیار فناوری با وزن ۰/۴۳۲۹رتبه اول را کسب کرده است. معیار سازمانی با وزن ۰/۱۹۳۹ رتبه دوم و معیار خدمات مشتری با وزن ۰/۱۰۸۱ رتبه سوم را به‌عنوان عوامل مهم در پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین برای صنعت دارویی کسب کرده‌اند.

جدول ۹. وزن معیارهای اصلی

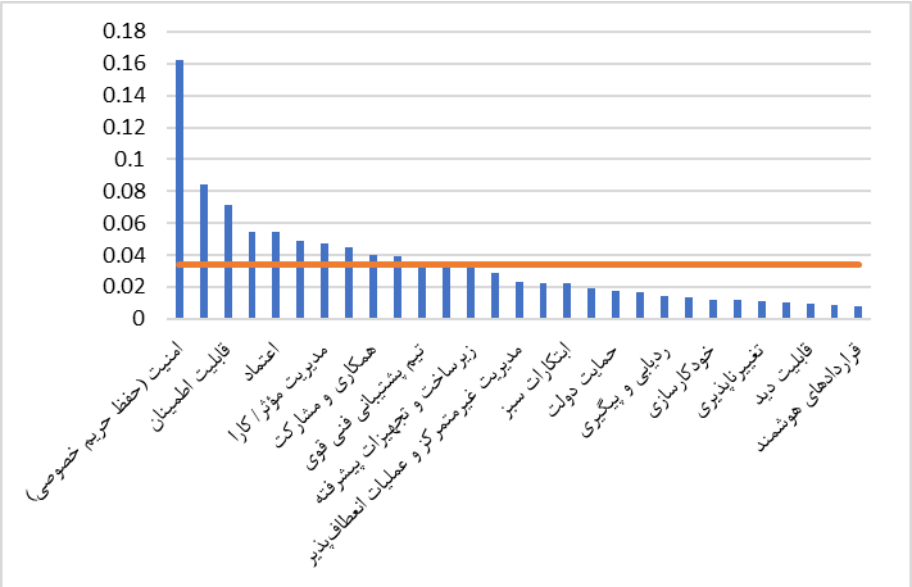
کد	نام معیار	وزن فازی	وزن قطعی	رتبه
A	فناوری	(۰/۵۰۰۸، ۰/۴۷۵۳، ۰/۱۹۵۶)	۰/۴۳۲۹	۱
B	خدمات مشتری	(۰/۱۱۹۸، ۰/۱۱۹۸، ۰/۰۴۹۳)	۰/۱۰۸۱	۳
C	هزینه	(۰/۰۸۸۸، ۰/۰۸۸۸، ۰/۰۴۴۷)	۰/۰۸۱۵	۶
D	سازمانی	(۰/۲۰۲۳، ۰/۲۰۲۳، ۰/۱۵۱۹)	۰/۱۹۳۹	۲
E	محیطی	(۰/۰۹۹، ۰/۰۹۹، ۰/۰۶۶۴)	۰/۰۹۳۶	۴
F	توسعه	(۰/۱۰۶۱، ۰/۰۹۸۱، ۰/۰۳۰۱)	۰/۰۸۸۱	۵

به‌طور مشابه، برای زیرمعیارها نیز مقایسات زوجی انجام شده و وزن آن‌ها با استفاده از روش فوکام فازی محاسبه گردید (جدول ۱۰). ستون وزن نسبی، همان وزن زیرمعیارها است. ستون وزن نهایی نیز از ضرب وزن معیارهای اصلی در وزن نسبی زیرمعیارهای هر معیار حاصل می‌شود. بر این اساس، در میان زیرمعیارها، امنیت (حفظ حریم خصوصی) با وزن نهایی ۰/۱۶۱۹ رتبه اول را کسب کرده است. معیار حمایت مدیریت عالی سازمان با وزن ۰/۰۸۴۲ رتبه دوم و قابلیت اطمینان با وزن ۰/۰۷۱۴ رتبه سوم را به‌دست آورده‌اند. این سه معیار بیش از ۳۰ درصد از اهمیت کل را برای پیاده‌سازی موفق فناوری بلاک‌چین در صنعت دارویی به خود اختصاص داده‌اند. در شکل ۴ نیز مقایسه وزن نهایی زیرمعیارها نسبت به میانگین کل آورده شده است که نشان می‌دهد ۱۰ زیرمعیار از میانگین بالاتری برخوردارند و دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند (به‌طور کلی، این ۱۰ زیرمعیار بیش از ۶۰ درصد از اهمیت کل را به خود اختصاص داده‌اند)

جدول ۱۰. وزن و رتبه نهایی زیرمعیارها

معیار	زن معیار	زیرمعیارها	وزن نسبی زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار	رتبه نهایی زیرمعیار
فناوری (A)	۰/۴۳۲۹	شفافیت داده	۰/۰۹۰	۰/۰۳۹۰	۱۰
		قابلیت اطمینان	۰/۱۶۵	۰/۰۷۱۴	۳
		امنیت (حفظ حریم خصوصی)	۰/۳۷۴	۰/۱۶۱۹	۱
		یرساخت و تجهیزات پیشرفته	۰/۰۷۶	۰/۰۳۲۹	۱۳
		ذخیره‌سازی	۰/۱۱۲	۰/۰۴۸۵	۶
		رمزنگاری	۰/۱۰۴	۰/۰۴۵۰	۸
		زگاری و مقیاس‌پذیری	۰/۰۷۸	۰/۰۳۳۸	۱۲
خدمات مشتری (B)	۰/۱۰۸۱	ردیابی و پیگیری	۰/۱۳۰	۰/۰۱۴۱	۲۱
		اعتماد	۰/۵۰۱	۰/۰۵۴۲	۵
		به‌موقع بودن	۰/۱۷۴	۰/۰۱۸۸	۱۸
		تغییرناپذیری	۰/۱۰۳	۰/۰۱۱۱	۲۵
		قابلیت دید	۰/۰۹۰	۰/۰۰۹۷	۲۷
هزینه	۰/۰۸۱۵	هزینه پیاده‌سازی	۰/۱۷۰	۰/۰۱۳۹	۲۲

معیار	وزن معیار	زیرمعیارها	وزن نسبی زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار	رتبه نهایی زیرمعیار
(C)		هزینه نیروی انسانی	۰/۱۴۸	۰/۰۱۲۱	۲۴
		زینه آموزش و ارتقای مهارت	۰/۱۰۴	۰/۰۰۸۵	۲۸
		مدیریت مؤثر. کارا	۰/۵۷۶	۰/۰۴۶۹	۷
سازمانی (D)	۰/۱۹۳۹	حمایت مدیریت عالی سازمان	۰/۴۳۴	۰/۰۸۴۲	۲
		دیریت غیرمتمرکز و عملیات انعطاف‌پذیر	۰/۱۱۹	۰/۰۲۳۱	۱۵
		م پشتیبانی فنی قوی	۰/۱۸۰	۰/۰۳۴۹	۱۱
		تراک‌گذاری اطلاعات	۰/۱۱۷	۰/۰۲۲۷	۱۶
		فرهنگ سازمانی	۰/۱۴۸	۰/۰۲۸۷	۱۴
حیطی (E)	۰/۰۹۳۶	کاهش کاغذبازی	۰/۱۷۵	۰/۰۱۶۴	۲۰
		ابتکارات سبز	۰/۲۴۰	۰/۰۲۲۵	۱۷
		قوانین و سیاست	۰/۵۸۲	۰/۰۵۴۵	۴
توسعه (F)	۰/۰۸۸۱	همکاری و مشارکت	۰/۴۵۷	۰/۰۴۰۳	۹
		ساده‌سازی فرآیند و بهبود فرآیندها	۰/۱۱۸	۰/۰۱۰۴	۲۶
		حمایت دولت	۰/۱۹۸	۰/۰۱۷۴	۱۹
		خودکارسازی	۰/۱۳۸	۰/۰۱۲۲	۲۳
		قراردادهای هوشمند	۰/۰۸۶	۰/۰۰۷۶	۲۹



شکل ۴. مقایسه وزن نهایی زیرمعیارها نسبت به میانگین کل

۵. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، ابتدا غربالگری مطالعات دانشگاهی در زمینه عوامل فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین.صنعت داروسازی، نمای کلی و پتانسیل بلاک‌چین به‌عنوان یک فناوری تحول‌آفرین ارائه شد. نتایج تجزیه‌وتحلیل با رویکرد مرور پیشینه، این مطالعه را قادر ساخت تا ۲۹ عامل موفقیت در پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین در صنعت داروسازی شناسایی کند. این ۲۹ عامل شناسایی‌شده از نظر خبرگان دارویی ایران برای پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز فناوری بلاک‌چین با استفاده از روش دلفی فازی تأیید شد. نتایج اولویت‌بندی این عوامل با هدف مشخص‌کردن

مهم‌ترین آن‌ها در پیاده‌سازی بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی، به کمک روش فوکام فازی نشان داد که دو عامل کلیدی فناوری بلاک‌چین، یعنی هزینه و توسعه، نیاز به حمایت بیشتری برای تسهیل پذیرش آن‌ها در زنجیره‌تأمین دارویی دارند. تحقیقات پیشین نشان داده‌اند که هزینه‌های زیرساختی، سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های نگهداری فناوری بلاک‌چین از جمله چالش‌های اصلی در مسیر پذیرش این فناوری هستند [۶۷]. در این راستا، حمایت‌های دولتی و سیاست‌های تشویقی می‌توانند نقش مهمی در کاهش هزینه‌های اولیه و ترغیب سازمان‌ها به استفاده از این فناوری ایفا کنند [۱۰]. علاوه‌بر این، ایجاد مدل‌های تجاری پایدار و همکاری‌های بین‌بخشی می‌تواند توسعه و پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین را تسهیل نماید. همچنین یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل محیطی نیاز به آمادگی بیشتری برای سازگاری با فناوری بلاک‌چین دارند. در این زمینه، قوانین و سیاست‌ها برای پذیرش فناوری بلاک‌چین بسیار حیاتی تلقی می‌شوند. بر این اساس، سازمان‌های نظارتی و سیاست‌گذاران باید اقدام به تدوین دستورالعمل‌ها و مقررات جامع‌تری نمایند تا فرآیند پذیرش این فناوری تسهیل گردد. از سوی دیگر، "عوامل فناوری، سازمانی و خدمات مشتری" به‌عنوان عوامل مهم در پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز فناوری بلاک‌چین شناخته شده‌اند که باید از سوی صنعت دارویی مورد توجه ویژه قرار گیرند. اهمیت عوامل فناوری از آنجا ناشی می‌شود که بلاک‌چین، به‌عنوان یک فناوری نوظهور، نیازمند زیرساخت‌های فنی مناسب، استانداردهای قابل اتکا و قابلیت‌های یکپارچه‌سازی با سیستم‌های موجود است. با توجه به مالک و همکاران (۲۰۲۱)، سازمان‌ها باید اطمینان حاصل کنند که فناوری بلاک‌چین با زیرساخت‌های فناوری فعلی آن‌ها همسو بوده و مزایای واضحی ارائه می‌دهد [۴۱]. عوامل سازمانی نیز با تأکید بر ساختارها، فرآیندها و فرهنگ سازمانی، بستر لازم برای پذیرش و استفاده مؤثر از بلاک‌چین را فراهم می‌آورند. در نهایت، عوامل خدمات مشتری، با تمرکز بر رضایت و اعتماد ذینفعان، نقش حیاتی در ایجاد ارزش افزوده و پذیرش گسترده بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارویی ایفا می‌کنند. همسو با این پژوهش، رانا[1] و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که از دیدگاه خدمات مشتری، بهبود شفافیت زنجیره‌تأمین دارویی و افزایش اعتماد بیماران و مصرف‌کنندگان از جمله مزایای کلیدی استفاده از بلاک‌چین در این صنعت محسوب می‌شوند [۴۹]. بنابراین، صنعت دارویی باید رویکردی جامع اتخاذ کند که نه‌تنها عوامل فناورانه، بلکه ملاحظات سازمانی و نیازهای مشتریان را نیز مورد توجه قرار دهد.

نتایج نشان داد امنیت (حفظ حریم خصوصی)، حمایت مدیریت عالی سازمان و قابلیت اطمینان بیش از ۳۰ درصد از اهمیت کل را برای پیاده‌سازی موفق فناوری بلاک‌چین در صنعت دارویی دارند. گوگوس و راشل[2] (۲۰۲۲)، به نقل از مدیر تضمین کیفیت یک شرکت دارویی، بیان می‌دارند که بلاک‌چین می‌تواند به‌عنوان یک فناوری نوآورانه توصیف شود که امنیت را فراهم می‌کند و تبادل داده‌ها را در زنجیره‌تأمین تسهیل می‌نماید [۲۳]. فرناندو (۲۰۱۹)، نیز در زمینه امنیت بلاک‌چین اظهار داشت که امنیت مسئله‌ای است که همواره در یک سیستم وجود دارد، زیرا فناوری امنیت بلاک‌چین با مسدود کردن تمام فرآیندهای تراکنش با تکنیک‌های رمزنگاری اجرا می‌شود، به‌گونه‌ای که اشخاص بی علاقه به شبکه یا در آن ذی‌نفع نیستند، قادر به انجام تراکنش نباشند [۲۰]. بنابراین، اشخاص حاضر در شبکه احساس امنیت خواهند کرد و به این سیستم اعتماد خواهند داشت. حمایت مدیریت برای اطمینان از اولویت‌دهی به اجرای سیستم ردیابی، همان‌طور که توسط سیلوا و ماتوس[3] (۲۰۱۹) و گریدا[4] و همکاران (۲۰۲۲) مورد بحث قرار گرفته است [۲۴ و ۵۰]، حیاتی است. قابلیت اطمینان به این معناست که می‌توان به اطلاعات ذخیره‌شده در بلاک‌چین اعتماد کرد و از صحت و اصالت آن‌ها اطمینان حاصل نمود. اطمینان به فناوری بلاک‌چین باعث می‌شود مصرف‌کنندگان دارو و سایر ذینفعان در این زنجیره به فناوری بلاک‌چین اعتماد کنند [۷ و ۱۷]. قوانین و سیاست، اعتماد و ذخیره‌سازی سه معیار مهم دیگر هستند که در پیاده‌سازی موفق بلاک‌چین دخیل‌اند. اهمیت عامل قوانین و سیاست در پیاده‌سازی موفق بلاک‌چین برای زنجیره‌تأمین دارویی در مطالعه گریدا و همکاران (۲۰۲۲) تأیید شده است، به‌طوری‌که رتبه اول را در بین عوامل دیگر به‌دست آورده است [۲۴]. از طرفی، اعتماد می‌تواند بر اساس مسئولیت، داده‌های محصول شفاف و واضح، اعتبارسنجی دقیق داده‌ها و سطح ردیابی در فرآیند تراکنش، که به سرعت به تراکنش‌ها و امنیت بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان کمک می‌کند، علاقه خرید مصرف‌کنندگان را تقویت نماید. همچنین، رابطه اعتماد بین تأمین‌کنندگان مواد اولیه دارویی و صنعت می‌تواند هم با شفافیتی که به‌دلیل امکان پیگیری فرآیند از طرف تأمین‌کنندگان یا از طرف صنعت ایجاد می‌شود، حفظ گردد [۲۰]. توانایی بلاک‌چین در ذخیره‌سازی ایمن و غیرقابل تغییر داده‌ها به صنعت دارویی کمک می‌کند تا زنجیره‌تأمین داروها را شفاف‌تر، ایمن‌تر و قابل ردیابی‌تر نماید [۱۷].

---

[1] Rana
[2] Gogos & Rochelle
[3] Silva & Mattos
[4] Grida

پیشنهادها. با توجه به نتایج این پژوهش بین ویژگی‌های مثبت فناوری بلاک‌چین که آن را نسبت به فناوری‌های دیگر متمایز می‌کند، سه معیار شفافیت، قابلیت دید و قابلیت ردیابی از نظر خبرگان چندان در پیاده‌سازی موفق این فناوری اهمیت ندارد، به‌ویژه عامل قابلیت دید و قابلیت ردیابی. بر اساس گفته حاجی و همکاران (۲۰۲۱)، قابلیت دید و شفافیت به شرکای درون زنجیره‌تأمین امکان می‌دهد که اطلاعات را افشا کرده، به اشتراک بگذارند و عدم تقارن اطلاعات را کاهش دهند تا همه بتوانند به‌طور همزمان به یک اطلاعات دسترسی داشته باشند [۲۷]. سیلوا و ماتوس (۲۰۱۹)، ادعا می‌کنند که بدون از دست رفتن، نویز، تأخیر یا تحریف، شفافیت به ذینفعان این امکان را می‌دهد که در صورت لزوم، به محض بروز یک مشکل احتمالی، از طریق یک سیستم نظارت فعال بر کیفیت، بهینه‌سازی زنجیره‌تأمین را انجام دهند و به محموله‌های کارآمد در سطح زنجیره دست یابند [۵۰]. اگر بیمار به‌دلیل تقلب، ناخواسته داروی تقلبی دریافت کند، ممکن است اثربخشی دارو به خطر بیفتد و منجر به نتایج نامناسب درمانی شود. علاوه‌بر این، خطر بروز عوارض جانبی غیرمنتظره ناشی از مصرف داروهای تقلبی افزایش می‌یابد که ممکن است تحت کنترل کیفیت سختگیرانه‌ای مانند داروهای اصلی قرار نگیرند. این امر بر نیاز به یک سیستم ردیابی قوی و ایمن برای اطمینان از دریافت داروهای قانونی با اثرات درمانی مورد نظر بیماران و کاهش خطرات مرتبط با داروهای تقلبی تأکید می‌کند [۴]. در واقعیت، بسیاری از شرکت‌ها تعداد زیادی تأمین‌کننده دارند و برای دید و شفافیت زنجیره‌تأمین همکاری نمی‌کنند. بنابراین، برای ردیابی محصول از مبدأ تا مصرف نهایی، مدیران شرکت‌ها مجبور می‌شوند با انتقال اطلاعات قابل اعتماد به همه ذینفعان، قابلیت زنجیره‌تأمین را افزایش دهند [۲۲]. در این زمینه، پیشنهاد ما برای مدیران زنجیره‌تأمین دارویی این است که:

- پیاده‌سازی سامانه‌هایی که دسترسی به اطلاعات زنجیره‌تأمین را به‌صورت آنی و ایمن فراهم کنند.
- مدیران باید فرهنگ سازمانی را به‌سمت همکاری بین بخش‌ها و شفافیت در فرآیندها سوق دهند.
- ایجاد قوانین شفاف و حمایتی برای استفاده از فناوری بلاک‌چین در صنعت دارویی. این قوانین باید شامل الزامات امنیتی، حفظ حریم خصوصی و استانداردهای تبادل داده باشد.
- اجرای فناوری بلاک‌چین نیازمند سرمایه‌گذاری اولیه قابل‌توجهی است. بنابراین، انجام تحلیل‌های دقیق هزینه–فایده برای ارزیابی بازدهی پروژه‌ها ضروری است.
- استفاده مشترک از زیرساخت‌های بلاک‌چین بین سازمان‌های دارویی در راستای کاهش هزینه‌ها.

پیاده‌سازی موفق فناوری بلاک‌چین همان‌طور که اکرم و همکاران (۲۰۲۴) بیان داشتند، نیازمند تلاش‌های مشترک بین ذینفعان– نهادهای دارویی، نهادهای نظارتی، نوآوران فناوری و ارائه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی است. با تشدید تلاش‌های مشترک و تقویت نوآوری، این صنعت می‌تواند راه را برای آینده‌ای هموار کند که در آن بیماران در سراسر جهان محصولات دارویی معتبر و ایمن دریافت کنند [۴].

پذیرش فناوری بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارو نویدبخش است و در مراحل اولیه خود قرار دارد؛ بنابراین، مسیرهای تحقیقاتی دیگری نیز وجود دارد. این مطالعه محدود به شناسایی، اولویت‌بندی و تحلیل عوامل مؤثر در پیاده‌سازی بلاک‌چین در زنجیره‌تأمین دارو است؛ در حالی که تجزیه و تحلیل چالش‌ها در زمینه عوامل مؤثر به‌طور خاص در نظر گرفته نشده است. علاوه‌بر این، این مطالعه تنها داده‌های ثانویه منتشرشده در مقالات قبلی را بررسی کرد. اگرچه این مرور دامنه وسیعی از عوامل موفقیت‌آمیز و تأثیر آن‌ها در پیاده‌سازی زنجیره‌های تأمین دارویی را دربرگرفت، برخی عوامل دیگر را نمی‌توان با استفاده از چنین رویکردی (رویکرد مرور پیشینه) حل کرد. علاوه‌بر این، چارچوب نظارتی فعلی دارو در اکثر کشورها دشوار است که به‌طور همزمان باعث ایجاد خلأهایی در این فرآیند شده است. تقلب‌کنندگان از این خلأها برای ورود محصولات تقلبی خود به بازار رسمی سوءاستفاده می‌کنند. از آن‌جاییکه تقلب‌کنندگان نیز می‌توانند از طریق همین خلأها به فناوری‌های ردیابی دسترسی پیدا کنند، مطالعاتی در زمینه بهبود مقررات مورد نیاز است که بخشی از این مقاله نیست. باید اذعان کرد که بررسی تمام مشارکت‌های موجود در این زمینه، به جز موارد ارائه‌شده در این مقاله، بسیار مهم است.

تعارض منافع

تعارض منافع نداریم.

سپاسگزاری

در انجام و چاپ این پژوهش از هیچ‌گونه حمایت مالی بهره گرفته نشده است.

منابع:

1. Abdallah, S., & Nizamuddin, N. (2023). Blockchain-based solution for pharma supply chain industry. *Computers & Industrial Engineering*, 177, 108997. https:doi.org.10.1016.j.cie.2023.108997
2. Adalı, E. A., & Tuş, A. (2023). ARAS method based on Z-numbers in FMEA. *Quality and Reliability Engineering International*, 39(7), 3059-3081. http:dx.doi.org.10.1002.qre.3416
3. Ahmed, W.A.H. MacCarthy, B.L., & Treiblmaier, H. (2022). Why, where and how are organizations using blockchain in their supply chains? Motivations, application areas and contingency factors. *International Journal of Operations & Production Management*, 0144-3577. https:doi.org.10.1108.IJOPM-12-2021-0805
4. Akram, W., Joshi, R., Haider, T., Sharma, P., Jain, V., Garud, N., & Narwaria, N. S. (2024). Blockchain technology: A potential tool for the management of pharma supply chain. Research in Social and Administrative Pharmacy. *Res Social Adm Pharm*, 20(6), 156-164. https: doi.org.10. 1016.j. sapharm.2024.02.014
5. Alharthi, S., Cerotti, P. R., & Far, S. M. (2020). An exploration of the role of blockchain in the sustainability and effectiveness of the pharmaceutical supply chain. *Journal of Supply Chain and Customer Relationship Management*, 2020(2020), 1-29. http: dx.doi.org.10.5171.2020.562376
6. Bakhtiari, G. (2022). *Adoption of Blockchain Technology for Risk Management in Operations and Supply Chain Management in Knowledge-Based Companies*. Master's Thesis, Islamic Azad University of Medical Sciences, Tehran, Faculty of New Sciences and Technologies. [In Persian]
7. Bali, S., Bali, V., Mohanty, R. P., & Gaur, D. (2023). Analysis of critical success factors for blockchain technology implementation in healthcare sector. *Benchmarking: An International Journal*, 30(4), 1367-1399. http:dx.doi.org.10.1108.BIJ-07-2021-0433
8. Bapatla, A. K., Mohanty, S. P., Kougianos, E., Puthal, D., & Bapatla, A. (2023). PharmaChain: A blockchain to ensure counterfeit-free pharmaceutical supply chain. *IET Networks*, 12(2), 53-76. http:dx.doi.org.10.1049.ntw2.12041
9. Barry, J. (2014). Fake medicines: a global threat. *Nursing Management (Harrow, London, England: 1994),* 21(8), 17-17. https:doi.org.10.7748.nm.21.8.17.s22
10. Bezovski, Z., Apasieva, T. J., & Temjanovski, R. (2021). The impact and the potential disruption of the blockchain technology on marketing. *Journal of Economics*, 6(1), 13-22. http:dx.doi.org.10.46763.JOE216.10013b
11. Biswas, B., & Gupta, R. (2019). Analysis of barriers to implement blockchain in industry and service Sectors. *Computers and Industrial Engineering*, 136, 225-241. https:doi.org.10.1016.j.cie.2019.07.005
12. Božanić, D., Tešić, D., & Milić, A. (2020). Multicriteria decision making model with Z-numbers based on FUCOM and MABAC model. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 3(2), 19-36. http:dx.doi.org. 10.31181.dmame2003019d
13. Chen, X., He, C., Chen, Y., & Xie, Z. (2023). Internet of Things (IoT)-Blockchain-enabled pharmaceutical supply chain resilience in the post-pandemic era. *Front Eng Manage*, 10(1), 82–95. https:doi.org.10.1007.s42524-022-0233-1
14. Chiacchio, F., D'Urso, D., Oliveri, L. M., Spitaleri, A., Spampinato, C., & Giordano, D. (2022). A non-fungible token solution for the track and trace of pharmaceutical supply chain. *Applied Sciences*, 12(8), 4019. https:doi.org.10.3390.app12084019
15. Dash, S., Ghugar, U., Godavarthi, D., & Mohanty, S. N. (2024). HCSRL: hyperledger composer system for reducing logistics losses in the pharmaceutical product supply chain using a blockchain-based approach. *Scientific Reports*, 14(1), 13528. http:dx.doi.org.10.1038.s41598-024-61654-7
16. Debnath, B., Shakur, M. S., Bari, A. M., Saha, J., Porna, W. A., Mishu, M. J., . & Rahman, M. A. (2023). Assessing the critical success factors for implementing industry 4.0 in the pharmaceutical industry: implications for supply chain sustainability in emerging economies. *Plos one*, 18(6), e0287149. https:doi.org.10.1371.journal.pone.0287149
17. Elhidaoui, S., Benhida, K., El Fezazi, S., Kota, S., & Lamalem, A. (2022). Critical Success Factors of Blockchain adoption in Green Supply Chain Management: Contribution through an Interpretive Structural Model. *Production & Manufacturing Research*, 10(1), 1-23. https:doi.org.10.1080.21693277.2021 .1990155
18. Faghfoori, A. (2022). *Examining the Impact of Blockchain Technology on Supply Chain Financing: A System Dynamics Approach*. Master's Thesis, University of Tabriz, Faculty of Economics and Management. [In Persian]
19. Farhadkiaei, R. (2019). *Examining the Use of Blockchain Technology in the Supply Chain of the Automotive Industry*. Master's Thesis, Shahid Beheshti University, Faculty of Management and Accounting. [In Persian]
20. Fernando, E. (2019, September). Success factor of implementation blockchain technology in pharmaceutical industry: a literature review. *In 2019 6th international conference on information technology, computer and electrical engineering* (ICITACEE), 1-5. IEEE. https:doi.org.10.1109.ICITACEE.2019.8904335
21. Ghadge, A., Bourlakis, M., Kamble, S., & Seuring, S. (2023). Blockchain implementation in pharmaceutical supply chains: A review and conceptual framework. *International Journal of Production Research*, 61(19), 6633-6651. http:dx.doi.org.10.1080.00207543.2022.2125595
22. Ghode, D., Yadav, V., Jain, R., & Soni, G. (2020). Adoption of blockchain in supply chain: an analysis of influencing factors. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(3), 437-456. http:dx.doi.org.10.1108.JEIM-07-2019-0186

23. Gogos, G., & Rochelle, L. (2022). Exploring supply chain blockchain potential in the pharmaceutical industry. *In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (1529-1540). https:doi.org.10.46254.AN12.20220292
24. Grida, M. O., Abd Elrahman, S., & Eldrandaly, K. A. (2022). Critical Success Factors Evaluation for Blockchain's Adoption and Implementing. *Systems*, 11(1), 2. https:doi.org.10.46254.AN12.20220292
25. Gruchmann, T., Elgazzar, S., & Ali, A. H. (2023). Blockchain technology in pharmaceutical supply chains: a transaction cost perspective. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 5(2), 115-133. https:doi.org.10.1108.MSCRA-10-2022-0023
26. Guo, R., Shi, H., Zhao, Q., & Zheng, D. (2018). Secure attribute-based signature scheme with multiple authorities for blockchain in electronic health records systems. *IEEE access*, 6, 11676-11686. https:doi.org.10.1109.ACCESS. 2018.2801266
27. Haji, M., Kerbache, L., Sheriff, K.M.M., & Al-Ansari, T. (2021). Critical Success Factors and Traceability Technologies for Establishing a Safe Pharmaceutical Supply Chain. *Methods Protoc*, 4, 85. https:doi.org.10.3390.mps4040085
28. Hastig, G. & Sodhi, M. (2019). Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors. *Production and Operations Management*, 29(4), 935-954. http:dx.doi.org.10.1111.poms.13147
29. Havaeji, H., Dao, T. M., & Wong, T. (2023). Cost prediction in blockchain-enabled pharmaceutical supply chain under uncertain demand. *Mathematics*, 11(22), 4669. https:doi.org.10.3390.math11224669
30. Jahangard, Z. (2021). *Providing a Causal Model of Factors Affecting the Establishment of Infrastructure for Implementing Blockchain Technology in the Pharmaceutical Supply Chain Using Fuzzy DEMATEL Method*. Master's Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Administrative Sciences and Economics. [In Persian]
31. Jaisimha, D., & Kumar, P. (2022). Deployment of smart contract based blockchain to optimise pharma supply chain. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 5(1), 67-73. https:www.ijresm.com.
32. Javaheri, M. (2021). *Using Blockchain for the Food Supply Chain*. Master's Thesis, Noshirvani University of Technology, Babol, Faculty of Electrical and Computer Engineering. [In Persian]
33. Kahraman, C., & Otay, I. (2018). Solar PV power plant location selection using a Z-fuzzy number based AHP. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 10(3). https:doi.org.10.13033.ijahp.v10i3.540
34. Kang, B., Wei, D., Li, Y., & Deng, Y. (2012). A Method of Converting Z-number to Classical Fuzzy Number. *Journal of Information & Computational Science*, 9(3), 703- 709.
35. Kiani Haftlang, Sh. (2020). *Examining the Impacts of Blockchain Technology on the Performance of Green Supply Chain with Measuring the Moderating Role of Ecosystem-Centricity*. Master's Thesis, Islamic Azad University of Medical Sciences, Tehran, Faculty of New Sciences and Technologies. University of Isfahan, Faculty of Administrative Sciences and Economics. [In Persian]
36. Kshetri, N. (2018). Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89. http:dx.doi.org.10.1016.j.ijinfomgt.2017.12.005
37. Lahjouji, M. O. H. A. M. E. D., El Alami, J. A. M. I. L. A., Hlyal, M. U. S. T. A. P. H. A., & Lahjouji, O. M. A. R. (2023). A systematic literature review: The power of the blockchain technology to improve pharmaceutical supply chain. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 101(2), 952-971.
38. Li, Y., Rao, C., Goh, M., & Xiao, X. (2022). Novel multi-attribute decision-making method based on Z-number grey relational degree. *Soft Computing*, 26(24), 13333-13347. http:dx.doi.org.10.1007.s00500-022-07487-w
39. Liu, S., Zhang, R., Liu, C., & Shi, D. (2023). P-PBFT: An improved blockchain algorithm to support large-scale pharmaceutical traceability. *Computers in biology and medicine*, 154, 106590. https:doi.org.10.1016.j.compbiomed. 2023.106590
40. Mackey, T. K., & Nayyar, G. (2017). A review of existing and emerging digital technologies to combat the global trade in fake medicines. *Expert opinion on drug safety*, 16(5), 587-602. https:doi.org.10.1080.14740338.2017.1313227
41. Malik, S., Chadhar, M., Vatanasakdakul, S., & Chetty, M. (2021). Factors affecting the organizational adoption of blockchain technology: Extending the technology–organization–environment (TOE) framework in the Australian context. *Sustainability*, 13(16), 9404. https:doi.org.10.3390.su13169404
42. Mani, V., Prakash, M., & Lai, W. C. (2022). Cloud-based blockchain technology to identify counterfeits. *Journal of Cloud Computing*, 11(1), 67. http:dx.doi.org.10.1186.s13677-022-00341-2
43. Mohammad Ismaeil, S., & Fattahzadeh, H. (2022). Identify Effective Indicators in the Use of Blockchain Technology in the Drug Supply Chain (Using the Meta Synthesis Method for the Years 2010-2022). *Journal of healthcare management* (journal of health system), 12(4 (SERIAL 42)), 81-105. [In Persian]
44. Molashahe Hassan Khan, Sh (2022). *The Impact of Blockchain Technology on Improving Reverse Logistics Processes in Supply Chain Management*. University of Sistan and Baluchestan, Master's Thesis, Shahid Nikbakht Faculty of Engineering. [In Persian]
45. Monadi Sefidan, A., Talebi, D., Alam tabriz, A., & Farsijani, H. (2018). Designing a Model for Examining the Impact of Supply Chain Integrity on Supply Chain Performance with Mediating Competitiveness in Pharmaceutical

Companies. *Productivity management (beyond management)*, 12(46), 157-177. https:dorl.net.dor.20.1001.1.27169979.1397 .12.3.6.4 [In Persian]

46. Mousavi, P., Yousefi Zanouz, R., & Hassanzadeh, A. (2015). Identifying Organizational Information Security Risks Using Fuzzy Delphi Method in the Banking Industry. *Journal of Information Technology Management*, 22, 163-184.
47. Muthuraj, S., Babu, S., & Kumar, S. (2022). Identify the Key Success Factors and Enabling Strategies for Successful Blockchain Implementation in Supply Chain. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul*, *Istanbul, Turkey,* 7-10. https:doi.org.10.46254.AN12.20221034
48. Pamučar, D., Lukovac, V., Božanić, D., & Komazec, N. (2018). Multi-criteria FUCOM-MAIRCA model for the evaluation of level crossings: case study in the Republic of Serbia. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), 108-129. http:dx.doi.org.10.31181.oresta190120101108p
49. Rana, N. P., Dwivedi, Y. K., & Hughes, D. L. (2022). Analysis of challenges for blockchain adoption within the Indian public sector: an interpretive structural modelling approach. *Information Technology & People*, 35(2), 548-576. http:dx.doi.org.10.1108.ITP-07-2020-0460
50. Silva, R. B. D., & Mattos, C. A. D. (2019). Critical success factors of a drug traceability system for creating value in a pharmaceutical supply chain (PSC). *International journal of environmental research and public health*, 16(11), 1972. https:doi.org.10.3390.ijerph16111972
51. Sohraabi Nejad, S (2022). *The Impact of Blockchain Technology on the Food Supply Chain and Its Sustainable Performance*. Master's Thesis, Ghiathuddin Jamshid Kashani University, Faculty of Electrical and Computer Engineering. [In Persian]
52. Soleimani, K. (2020). *Examining the Managerial and Structural Impacts of Blockchain Technology on Improving the Supply Chain of Pharmaceutical Companies*. Master's Thesis, Allameh Tabatabai University, Faculty of Management and Accounting. [In Persian]
53. SorayaNezhad Chamrani, M. (2020). *Examining the Impact of Blockchain Technology on Supply Chain Resilience: A System Dynamics Approach*. Master's thesis, University of Tabriz, Faculty of Economics and Management.
54. Tan, Y., Chen, Z., Wang, B., Ma, Q., & Wei, J. (2024). A Z-number and MABAC method based on reliability analysis and evaluation of product design concept. *Maintenance & Reliability.Eksploatacja i Niezawodność*, 26(1). http:doi. org.10.17531.ein.178304
55. Thakuriya, P., Kaur, S., & Mishra, V. (2023, April). Assessment of Blockchain Technology as Remedy to Counterfeit Drugs Problem in Pharmaceutical Supply Chain and Implementation Approach. In Operations Research Forum, 4(2), p. 39. Cham: Springer International Publishing. https:doi.org.10.1007.s43069-023-00221-8
56. Thomas, D. J., & Griffin, P. M. (1996). Coordinated supply chain management. *European journal of operational research*, 94(1), 1-15. https:doi.org.10.1016.0377-2217(96)00098-7
57. Toyoda, K., Mathiopoulos, P. T., Sasase, I., & Ohtsuki, T. (2017). A novel blockchain-based product ownership management system (POMS) for anti-counterfeits in the post supply chain. *IEEE access*, 5, 17465-17477. http:dx.doi.org.10.1109.ACCESS.2017.2720760
58. Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British journal of management*, 14(3), 207-222. https:doi.org. 10.1111.1467-8551.00375
59. Trautmann, L., Hübner, T., & Lasch, R. (2024). Blockchain concept to combat drug counterfeiting by increasing supply chain visibility. International *Journal of Logistics Research and Applications*, 27(6), 959-985. https:doi.org.10.1080 .13675567.2022.2141214
60. Tüysüz, N., & Kahraman, C. (2023). A novel Z-fuzzy AHP&EDAS methodology and its application to wind turbine selection. *Informatica*, 34(4), 847-880. http:dx.doi.org.10.15388.23-INFOR515
61. Wamba, S.F. and Queiroz, M.M. (2020). Blockchain in the operations and supply chain management: benefits, challenges and future research opportunities. *International Journal of Information Management*, 52, https:doi.org.10.1016 .j.ijinfomgt.2019.102064
62. World Health Organization. (2022). *Substandard and falsified medical products*. Available [online]: https: www.who.int .health-topics.substandard-and-falsified-medical products#tab=tab_1, Accessed 25.
63. Xia, J., Li, H., & He, Z. (2023). The effect of blockchain technology on supply chain collaboration: A case study of lenovo. *Systems*, 11(6), 299. https:doi.org.10.3390.systems11060299
64. Yadav, S., & Singh, S. P. (2020). Blockchain critical success factors for sustainable supply chain. *Resources, Conservation and Recycling*, 152, 104505. https:doi.org.10.1016.j.resconrec.2019.104505
65. Yousefi, S., Valipour, M., & Gul, M. (2021). Systems failure analysis using Z-number theory-based combined compromise solution and full consistency method. *Applied Soft Computing*, 113, 107902. https:doi.org.10.1016.j.asoc.2021 .107902
66. Zafaranlouei, N., Ghoushchi, S. J., & Haseli, G. (2023). Assessment of sustainable waste management alternatives using the extensions of the base criterion method and combined compromise solution based on the fuzzy Z-numbers. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(22), 62121-62136. https:doi.org.10.1007.s11356-023-26380-z

67. Zakari, N., Al-Razgan, M., Alsaadi, A., Alshareef, H., Alashaikh, L., Alharbi, M., . & Alotaibi, S. (2022). Blockchain technology in the pharmaceutical industry: a systematic review. *PeerJ Computer Science*, 8, e840. https:doi.org.10.7717.peerj-cs.840
68. Zhou, L., Chong, A. Y., & Ngai, E. W. (2015). Supply chain management in the era of the internet of things. *International Journal of Production Economics*, 159, 1-3. http:dx.doi.org.10.1016.j.ijpe.2014.11.014
69. Zoughalian, K., Marchang, J., & Ghita, B. (2022). A blockchain secured pharmaceutical distribution system to fight counterfeiting. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 4091. https:doi.org .10.3390.ijerph19074091