



Designing a Roadmap for Blockchain Deployment in Data Governance and Intellectual Property of Universities: A Causal Analysis Using the Fuzzy DEMATEL Approach

Zahra Omidvar 

Department of Public Administration, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

E-mail: Zahra.omidvar@pgs.usb.ac.ir

Noor Mohammad Yaghoubi* 

Department of Public Administration, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. (Corresponding Author)

E-mail: yaghoubi@mgmt.usb.ac.ir

Shahab Kaskeh 

Department of Higher Education Management, Board of Trustees Center, Ministry of Science, Research and Technology, Tehran, Iran.

E-mail: shahab.kaskeh@gmail.com

ABSTRACT

Objective: Universities play a central role in knowledge production, technology transfer, and the commercialization of scientific achievements. In this context, intellectual property management and research data governance are essential for establishing priority of creation, verifying authenticity, tracing ownership, licensing, benefit sharing, and strengthening trust among researchers, universities, and industry. However, conventional university processes often suffer from fragmented data, limited transparency and auditability, lengthy administrative procedures, the absence of common standards, unclear responsibilities, and legal disputes. Blockchain technology, through immutable record keeping, time stamping, data provenance tracking, and smart contracts, can potentially improve these processes. Nevertheless, successful deployment is not merely a technical matter; it depends on institutional, legal, data-related, security, and human factors. Accordingly, this study aimed to identify the factors affecting blockchain deployment in university intellectual property management and research data governance, explain the causal relationships among them, distinguish driving factors from dependent outcomes, and prioritize policy and operational interventions.

Method: This applied study adopted a descriptive–analytical design with an exploratory orientation and a causal-modeling approach. In the first stage, the factors affecting blockchain deployment were identified through theoretical foundations, prior literature, and expert review and were organized into ten major components: intellectual property policy, legal validity of smart contracts, data standards, system interoperability, digital identity, data governance, blockchain technical skills, cost, security, and user acceptance. A corresponding operational indicator was defined for each major component to translate strategic findings into actionable implementation measures. The major components (C1–C10) constituted the units of Fuzzy DEMATEL analysis, whereas the operational indicators (A1–A10) were used as implementation-oriented definitions and interpretive proxies rather than as a separate causal network. Data were collected through a Fuzzy DEMATEL matrix questionnaire completed by 21 experts. Following the aggregation and defuzzification of expert judgments, the direct-relation matrix was constructed and normalized. The total-relation matrix and the influence (D), dependence (R), prominence (D+R), and causality (D–R) indices were then calculated. Finally, the cause–effect diagram of the major components was developed, and the results were translated into operational interventions using the C→A mapping.

Results: The findings showed that the determinants of blockchain deployment form an interconnected causal network. Data governance emerged as the most central factor, with $D = 2.62$, $R = 2.46$, $D + R = 5.08$, and $D - R = 0.16$. This indicates that assigning data ownership and stewardship roles, establishing access and sharing policies, defining retention rules, creating audit mechanisms, and implementing compliance controls are prerequisites for converting blockchain capabilities into institutional trust. System interoperability, with a prominence value of 4.65, and data standards, with a prominence value of 4.50, were also identified as prominent causal factors and formed a synergistic technical cluster. Data and metadata standardization without effective integration across university systems has limited value, while interoperability without common standards cannot produce reliable and sustainable data exchange.

Intellectual property policy, the legal validity of smart contracts, digital identity, and technical skills were also classified as driving factors. Although cost had a positive causality value of 0.17, its lower prominence suggests that it functions primarily as an operational constraint affecting the speed and scope of implementation rather than as a central structural driver. In contrast, security, with $D - R = -0.10$, and user acceptance, with $D - R = -0.59$, were classified as dependent factors. User acceptance showed the highest level of dependence in the network and represented the final behavioral outcome of the model. Translating the component-level findings through the $C \rightarrow A$ mapping identified data-governance policies, data and metadata standardization, system interoperability, intellectual property regulations, and the legal validity of smart contracts as the principal operational levers for improving security and user acceptance. Accordingly, isolated efforts to enhance security or user acceptance are unlikely to be sustainable unless governance, legal, and infrastructure-related drivers are strengthened first.

Conclusion: Blockchain deployment in university intellectual property management should not be reduced to the introduction of a technical platform; rather, it should be designed as a phased program of institutional, data, and process transformation. The proposed roadmap should begin with strengthening data governance, clarifying roles and responsibilities, establishing access and audit rules, and implementing compliance controls. The next stage should focus on developing data and metadata standards and creating interoperability across research, education, academic promotion, intellectual property, and technology transfer systems. Subsequently, intellectual property regulations, the legal validity of smart contracts, and procedures for establishing priority, transferring rights, licensing, and benefit sharing should be clarified. Digital identity, security controls, user training, and technical capacity building should then be pursued as supporting measures. The novelty of this study lies in presenting a two-level conceptual–operational causal framework in which causal relationships are estimated at the level of major components and subsequently translated into actionable operational levers for project sequencing, resource allocation, and risk reduction in university decision-making.

Keywords: *Blockchain; Intellectual Property Management; University; Data Governance; Fuzzy DEMATEL; Interoperability; User Acceptance*

Cite this article: Omidvar, Z., Yaghoubi, N. M., Kaskeh, Sh. (2026). Designing a Roadmap for Blockchain Deployment in Data Governance and Intellectual Property of Universities: A Causal Analysis Using the Fuzzy DEMATEL Approach. *Journal of Entrepreneurship Development*, 19(2), 91-123. <http://doi.org/10.22059/jed.2026.408184.654627>(in Persian)

Received: 2025-07-29; **Revised:** 2025-10-18; **Accepted:** 2025-11-28; **Published online:** 2026-07-19
© The Author(s). **Article type:** Research **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jed.2026.408184.654627>(in Persian)

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



طراحی نقشه راه استقرار بلاکچین در حکمرانی داده و مالکیت فکری دانشگاه‌ها: تحلیل علی با رویکرد دیمتل فازی

زهرا امیدوار 

گروه مدیریت دولتی، دانشکده اقتصاد و علوم اداری، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

رایانامه: Zahra.omidvar@pgs.usb.ac.ir

نورمحمد یعقوبی* 

نویسنده مسئول، گروه مدیریت دولتی، دانشکده اقتصاد و علوم اداری، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

رایانامه: yaghoubi@mgmt.usb.ac.ir

شهاب کسکه 

گروه مدیریت آموزش عالی، مرکز هیئت امناء وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، تهران، ایران.

رایانامه: Shahab.kaskeh@gmail.com

چکیده

هدف: دانشگاه‌ها در تولید دانش، انتقال فناوری و تجاری‌سازی دستاوردهای علمی نقش مهمی دارند. در این میان، مدیریت مالکیت فکری و حکمرانی داده‌های پژوهشی برای اثبات تقدم اثر، احراز اصالت، ردیابی زنجیره مالکیت، صدور مجوز، تقسیم منافع و تقویت اعتماد میان پژوهشگران، دانشگاه و صنعت اهمیت اساسی دارد. با این حال، فرایندهای متعارف دانشگاهی با چالش‌هایی مانند پراکندگی داده‌ها، ضعف شفافیت و قابلیت ممیزی، طولانی‌بودن رویه‌های اداری، نبود استانداردهای مشترک، ابهام در مسئولیت‌ها و احتمال اختلافات حقوقی مواجه‌اند. فناوری بلاکچین به دلیل قابلیت‌هایی نظیر ثبت تغییرناپذیر رویدادها، زمان‌مهر، رهگیری منشأ داده و اجرای قواعد از طریق قراردادهای هوشمند، ظرفیت بهبود این فرایندها را دارد؛ اما استقرار موفق آن صرفاً مسئله‌ای فنی نیست و به تعامل عوامل نهادی، حقوقی، داده‌ای، امنیتی و انسانی وابسته است. از این رو، هدف پژوهش حاضر شناسایی عوامل مؤثر بر استقرار بلاکچین در مدیریت مالکیت فکری و حکمرانی داده‌های پژوهشی دانشگاه‌ها، تبیین روابط علی میان آن‌ها، تفکیک عوامل پیشران از عوامل پیامدی و اولویت‌بندی مداخلات سیاستی و اجرایی بود.

روش: پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی-تحلیلی بود و با رویکرد اکتشافی و مدل‌سازی روابط علی انجام شد. در مرحله نخست، بر اساس مبانی نظری، پیشینه پژوهش و بازبینی خبرگان، عوامل مؤثر بر استقرار بلاکچین شناسایی و در قالب ده مؤلفه کلان شامل سیاست مالکیت فکری، اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند، استاندارد داده، تعامل‌پذیری سیستم، هویت دیجیتال، حکمرانی داده، مهارت فنی بلاکچین، هزینه، امنیت و پذیرش کاربران سازمان‌دهی شدند. برای هر مؤلفه کلان، یک شاخص عملیاتی متناظر نیز تعریف شد تا نتایج راهبردی به مصادیق اجرایی قابل اقدام تبدیل شوند. مؤلفه‌های کلان C1 تا C10 واحدهای اصلی تحلیل دیمتل بودند و شاخص‌های عملیاتی A1 تا A10 به‌عنوان تعاریف اجرایی و ابزار تفسیر نتایج به کار رفتند، نه به‌عنوان شبکه‌ای مستقل برای محاسبه مجدد دیمتل. داده‌ها با استفاده از پرسشنامه ماتریسی دیمتل فازی و قضاوت ۲۱ خبره گردآوری شد. پس از تجمیع و فازی‌زدایی قضاوت‌ها، ماتریس روابط مستقیم تشکیل و نرمال‌سازی شد؛ سپس ماتریس روابط کل و شاخص‌های اثرگذاری D، اثرپذیری R، برجستگی D+R و علیت D-R محاسبه گردید. در نهایت، نمودار علت-معلول مؤلفه‌های کلان ترسیم و نتایج با استفاده از نگاشت $C \rightarrow A$ به اهرم‌ها و اقدامات اجرایی متناظر ترجمه شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد عوامل استقرار بلاکچین در محیط دانشگاهی ساختاری شبکه‌ای و به‌هم‌وابسته دارند. «حکمرانی داده» با مقدار D برابر با ۲/۶۲، مقدار R برابر با ۲/۶۱، شاخص برجستگی $D + R$ برابر با ۵/۰۸ و شاخص علیت $D - R$ برابر با ۰/۱۶، مرکزی‌ترین عامل شبکه و پیشران اصلی شناخته شد. این یافته نشان می‌دهد تعیین نقش‌های مالک و متولی داده، تدوین سیاست‌های دسترسی و اشتراک‌گذاری، تنظیم قواعد نگهداشت، استقرار سازوکارهای ممیزی و اجرای کنترل‌های انطباقی، پیش‌شرط تبدیل قابلیت‌های فنی بلاکچین به اعتماد نهادی است. «تعامل‌پذیری سیستم» با شاخص برجستگی ۴/۶۵ و «استاندارد داده» با شاخص برجستگی ۴/۵۰، در زمره عوامل

علی و برجسته قرار گرفتند و یک خوشه فنی هم‌افزا را شکل دادند. سیاست مالکیت فکری، اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند، هویت دیجیتال و مهارت فنی نیز در گروه عوامل پیشران قرار گرفتند. «هزینه» اگرچه دارای مقدار مثبت $D - R$ برابر با ۰/۱۷ بود، به دلیل برجستگی کمتر، بیشتر به‌عنوان قید اجرایی تعیین‌کننده سرعت و دامنه پیاده‌سازی تفسیر شد. در مقابل، «امنیت» با مقدار $D - R$ برابر با ۰/۱۰ و «پذیرش کاربران» با مقدار $D - R$ برابر با ۰/۵۹ در گروه عوامل معلولی قرار گرفتند. پذیرش کاربران بیشترین اثرپذیری را در کل شبکه نشان داد و به‌عنوان خروجی رفتاری نهایی مدل شناخته شد. نگاشت نتایج مؤلفه‌های کلان به شاخص‌های عملیاتی متناظر نیز نشان داد که تقویت سیاست‌های حکمرانی داده، استانداردسازی داده و فراداده، توسعه تعامل‌پذیری سامانه‌ها، شفاف‌سازی مقررات مالکیت فکری و تقویت اعتبار حقوقی قراردادهای هوشمند، مهم‌ترین اهرم‌های اجرایی برای اثرگذاری بر امنیت و پذیرش کاربران محسوب می‌شوند. بر این اساس، بهبود مستقیم امنیت و پذیرش، بدون اصلاح پیشران‌های حکمرانی، حقوقی و زیرساختی، احتمالاً پایدار و اثربخش نخواهد بود.

نتیجه: استقرار بلاکچین در مدیریت مالکیت فکری دانشگاهی نباید به راه‌اندازی یک زیرساخت فنی تقلیل یابد، بلکه باید به‌صورت برنامه‌ای مرحله‌ای برای تحول نهادی، داده‌ای و فرایندی طراحی شود. نقشه‌راه پیشنهادی باید با تقویت حکمرانی داده، تعیین نقش‌ها و مسئولیت‌ها، تدوین قواعد دسترسی و ممیزی و استقرار کنترل‌های انطباقی آغاز شود. در مرحله بعد، توسعه استانداردهای داده و فراداده و ایجاد تعامل‌پذیری میان سامانه‌های پژوهش، آموزش، ارتقا، مالکیت فکری و انتقال فناوری در اولویت قرار گیرد. سپس، مقررات مالکیت فکری، اعتبار حقوقی قراردادهای هوشمند، رویه‌های ثبت تقدم، انتقال حقوق، مجوزدهی و تقسیم منافع بازطراحی و شفاف‌سازی شوند. توسعه هویت دیجیتال، کنترل‌های امنیتی، آموزش کاربران و توانمندسازی مهارت‌های فنی نیز باید به‌عنوان اقدامات پشتیبان دنبال شود. نوآوری پژوهش در ارائه چارچوبی علی-شبکه‌ای و دو سطحی است که عوامل راهبردی را به اهرم‌های اجرایی قابل اقدام تبدیل می‌کند و مبنایی برای مرحله‌بندی پروژه‌ها، تخصیص منابع و کاهش ریسک تصمیم‌گیری دانشگاه‌ها فراهم می‌آورد.

کلیدواژه‌ها: بلاکچین؛ مدیریت مالکیت فکری؛ دانشگاه؛ حکمرانی داده؛ دیمتل فازی؛ تعامل‌پذیری؛ پذیرش کاربران.

استناد به این مقاله: امیدوار، زهرا، یعقوبی، نورمحمد و کسکه، شهاب. (۱۴۰۵). طراحی نقشه‌راه استقرار بلاکچین در حکمرانی داده و مالکیت فکری دانشگاه‌ها: تحلیل علی با رویکرد دیمتل فازی، ۱۹ (۲)، ۹۱-۱۲۳. <http://doi.org/10.22059/jed.2026.406334.654610>



تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۲/۲۵

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

نوع مقاله: پژوهشی

© نویسندگان.

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، دانشگاه‌ها به‌مثابه یکی از بازیگران محوری نظام نوآوری، علاوه بر تولید دانش، در خلق ارزش اقتصادی از طریق انتقال فناوری، تعاملات دانشگاه-صنعت و تجاری‌سازی نتایج پژوهش نقش پررنگ‌تری یافته‌اند (اتزکویتز و لیدسدورف^۱، ۲۰۰۰؛ رایت و همکاران^۲، ۲۰۰۸؛ سیگل^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). در چنین بستری، «مدیریت مالکیت فکری» و «حکمرانی داده‌های پژوهشی» به‌عنوان دو زیربنای کلیدی برای حفاظت، بهره‌برداری و انتقال ارزش برآمده از پژوهش دانشگاهی مطرح‌اند؛ به‌ویژه آنکه چرخه عمر داده‌های پژوهشی، مسئولیت‌پذیری و پاسخگویی بین‌واحدی را به موضوعی تعیین‌کننده در حکمرانی دانشگاهی تبدیل کرده است (اودبرشت^۴، ۲۰۲۵). بااین‌حال، فرایندهای رایج در مدیریت مالکیت فکری—از ثبت تقدم اثر و احراز اصالت گرفته تا ردیابی زنجیره انتقال مالکیت و صدور مجوز—در بسیاری از موارد با چالش‌هایی نظیر عدم شفافیت، طولانی‌بودن چرخه‌های اداری، دشواری ممیزی و افزایش ریسک اختلافات حقوقی مواجه‌اند؛ چالش‌هایی که می‌توانند هزینه‌های مبادله را افزایش داده و اعتماد ذی‌نفعان (پژوهشگران، دانشگاه، صنعت و سرمایه‌گذاران) را تضعیف کنند (تریلمایر^۵، ۲۰۱۸).

فناوری بلاکچین به‌عنوان یکی از فناوری‌های نوظهور، به دلیل ویژگی‌هایی مانند «ثبت تغییرناپذیر»، «توزیع‌شدگی»، «قابلیت ممیزی»، و «اجراپذیری قواعد از طریق قراردادهای هوشمند»، ظرفیت بالقوه‌ای برای بهبود سازوکارهای ثبت، حفاظت و مبادله دارایی‌های دانشی و فکری دارد (کاسینو^۶ و همکاران، ۲۰۱۹). در حوزه آموزش عالی نیز، کاربردهای بلاکچین از صدور و اعتبارسنجی مدارک و سوابق آموزشی تا مدیریت داده‌ها و نتایج پژوهشی گزارش شده است (شارپلز و دومینگ^۷، ۲۰۱۶؛ چن^۸ و همکاران، ۲۰۱۸). از منظر عملیاتی، ثبت تغییرناپذیر رویدادها می‌تواند مسیر «اثبات تقدم اثر» و «ردیابی زنجیره مالکیت/انتقال» را شفاف‌تر کند و قراردادهای هوشمند می‌توانند بخشی از فرایندهای «صدور مجوز» و «تسهیم منافع/حق امتیاز» را به‌صورت خودکار، قابل ممیزی و کم‌هزینه‌تر اجرا نمایند (هاوک^۹، ۲۰۲۱؛ القرنی^{۱۰}، ۲۰۲۴).

با وجود این ظرفیت‌ها، استقرار بلاکچین در سازمان‌های دانشگاهی عموماً با مجموعه‌ای از موانع و پیش‌نیازهای هم‌زمان مواجه است؛ از جمله کفایت و هم‌راستایی چارچوب‌های حقوقی، سازگاری با الزامات حفاظت داده و محرمانگی، استانداردسازی و کیفیت داده/فرا داده، تعامل‌پذیری با سامانه‌های موجود، بلوغ حکمرانی داده و سازوکارهای پاسخگویی، و نیز پذیرش سازمانی و آمادگی مهارتی. این عوامل ماهیتاً به‌هم‌وابسته‌اند و عملکرد هر کدام می‌تواند به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم سایر عوامل را تقویت یا تضعیف کند (کاسینو و همکاران، ۲۰۱۹؛ تریلمایر، ۲۰۱۸). ازاین‌رو، صرف فهرست کردن عوامل کافی نیست؛ آنچه برای تصمیم‌گیری سیاستی و اجرایی اهمیت دارد،

1. Etzkowitz & Leydesdorff

2. Wright et al

3. Siegel

4. Odebrecht

5. Treiblmaier

6. Casino

7. Sharples & Domingue

8. Chen

9. Hauck

10. Alqami

شناخت «ساختار علی» میان عوامل و تعیین این است که کدام عوامل نقش «محرک» (علی/اثرگذار) و کدام عوامل نقش «پیامد» (معلولی/اثرپذیر) را ایفا می‌کنند.

در ادبیات موجود، بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها درباره بلاکچین در آموزش عالی بر توصیف قابلیت‌های فناوری یا ارائه چارچوب‌های کلی تمرکز داشته‌اند (شارپلز و دومینگ، ۲۰۱۶؛ چن و همکاران، ۲۰۱۸)، درحالی‌که تحلیل روابط علی بین عوامل پیاده‌سازی—به‌گونه‌ای که بتوان اولویت‌های اقدام را استخراج و مسیر سیاست‌گذاری را مرحله‌بندی کرد—کمتر به‌صورت نظام‌مند انجام شده است. این خلأ پژوهشی موجب می‌شود مدیران دانشگاهی و سیاست‌گذاران در تخصیص منابع و انتخاب نقاط مداخله، با عدم قطعیت مواجه شوند.

برای مدل‌سازی روابط علی در سیستم‌های پیچیده، روش «دیمتل» یکی از رویکردهای مناسب است، زیرا امکان استخراج شدت تأثیرگذاری/تأثیرپذیری و ترسیم نقشه علت-معلول را فراهم می‌کند. نسخه فازی دیمتل نیز با لحاظ کردن ابهام و عدم قطعیت در قضاوت‌های انسانی، برای موقعیت‌هایی که داده‌ها مبتنی بر نظر خبرگان است مناسب‌تر است (وو و لی^۱، ۲۰۰۷؛ لی و تزنگ^۲، ۲۰۰۹). بر این اساس، پژوهش حاضر با اتکا به قضاوت خبرگان و به‌کارگیری دیمتل فازی، در پی شناسایی و مدل‌سازی روابط علی بین عوامل مؤثر بر استقرار بلاکچین در دانشگاه‌ها با تمرکز بر «مدیریت مالکیت فکری» و «حکمرانی داده پژوهش» است؛ به‌نحوی که خروجی آن بتواند مبنایی برای اولویت‌بندی اقدامات اجرایی و سیاستی فراهم کند.

نوآوری پژوهش حاضر در چند محور قابل تبیین است. نخست، برخلاف بخش قابل توجهی از مطالعات موجود که عمدتاً به توصیف قابلیت‌های بلاکچین یا ارائه چارچوب‌های کلی در آموزش عالی بسنده کرده‌اند (شارپلز و دومینگ، ۲۰۱۶؛ چن و همکاران، ۲۰۱۸)، این مطالعه بر مدل‌سازی ساختار علی عوامل استقرار بلاکچین در دانشگاه‌ها تمرکز دارد و با تفکیک عوامل «اثرگذار» از عوامل «اثرپذیر»، مبنایی عملی برای اولویت‌بندی مداخلات مدیریتی ارائه می‌دهد. دوم، پژوهش حاضر با به‌کارگیری دیمتل فازی، عدم قطعیت قضاوت‌های انسانی را در ارزیابی شدت اثرات بین عوامل لحاظ می‌کند؛ رویکردی که برای تصمیم‌گیری در شرایط کمبود داده‌های عینی و تکیه بر نظر خبرگان مناسب‌تر است (وو و لی^۱، ۲۰۰۷؛ لی و تزنگ^۲، ۲۰۰۹). سوم، تمرکز مسئله‌محور پژوهش بر مدیریت مالکیت فکری و حکمرانی داده پژوهش در دانشگاه‌ها و پیوند دادن قابلیت‌های بلاکچین (ثبت تغییرناپذیر و قرارداد هوشمند) به خروجی‌های اجرایی مانند تسهیل اثبات تقدم اثر، ردیابی زنجیره مالکیت/انتقال و خودکارسازی صدور مجوز، باعث می‌شود نتایج پژوهش برای سیاست‌گذاران و مدیران دانشگاهی به‌صورت مستقیم قابل استفاده باشد (هاوک، ۲۰۲۱؛ کاسینو و همکاران، ۲۰۱۹؛ تریلمایر، ۲۰۱۸).

۲. مروری بر مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تحول دیجیتال دانشگاه‌ها موجب شده است «داده» از یک خروجی جانبی فعالیت‌های آموزشی/پژوهشی به دارایی راهبردی دانشگاه تبدیل شود؛ دارایی‌ای که کیفیت، قابلیت اتکا، دسترس‌پذیری، امنیت و امکان تبادل آن مستقیماً بر کارآمدی تصمیم‌گیری، پاسخ‌گویی و اعتبار نهادی اثر می‌گذارد. در این چارچوب، «حکمرانی داده» به‌عنوان مجموعه‌ای

از سیاست‌ها، نقش‌ها، سازوکارهای تصمیم‌گیری و کنترل‌های عملیاتی تعریف می‌شود که هدف آن مدیریت داده به‌مثابه سرمایه سازمانی و ایجاد هم‌ترازی میان داده، فرایند، افراد و فناوری است (برناردو^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). ادبیات جدید همچنین بر «چارچوب‌های حکمرانی داده» به‌عنوان ابزارهای تنظیم‌گر تبادل داده میان واحدها و ذی‌نفعان (درون‌سازمانی و بین‌سازمانی) تأکید می‌کند؛ به‌ویژه در محیط‌هایی که مسئولیت‌پذیری، استانداردها، سازوکارهای اعتماد و کنترل‌های انطباقی اهمیت دارد (آچف^۲ و همکاران، ۲۰۲۵). در امتداد همین منطق، «حکمرانی داده‌های پژوهش» را می‌توان کاربرد تخصصی حکمرانی داده در چرخه تولید، نگهداشت، اشتراک‌گذاری و بهره‌برداری از داده‌های پژوهشی دانست؛ جایی که ملاحظاتمانند مالکیت/انتساب، فراداده، کنترل دسترسی، الزامات اخلاق پژوهش، محرمانگی و قابلیت ممیزی حساس‌تر و پرچالش‌تر می‌شود. ازاین‌رو، استقرار فناوری‌های مبتنی بر ثبت و تبادل داده (از جمله بلاکچین) بدون بلوغ حکمرانی داده‌های پژوهش، غالباً به «ثبت فنی» محدود می‌ماند و به سطح «اعتماد نهادی» ارتقا نمی‌یابد (برناردو و همکاران، ۲۰۲۴؛ آچف و همکاران، ۲۰۲۵). در سطح داخلی نیز پژوهش‌های فارسی حکمرانی داده را مفهومی چندبعدی دانسته‌اند که برای عملیاتی‌شدن نیازمند تفکیک مؤلفه‌ها و طراحی اجزای اجرایی (نقش‌ها، ساختار نظارت، سیاست‌ها، استانداردها و سازوکار ارزیابی) است؛ به‌گونه‌ای که مؤلفه‌هایی مانند «برنامه‌ریزی، سازماندهی و مدیریت، عملکرد، اجرا و ارزیابی» به‌عنوان ابعاد محوری حکمرانی داده قابل صورت‌بندی معرفی شده‌اند (فتح‌اله‌زاده و همکاران، ۱۴۰۳).

در کنار حکمرانی داده، «مدیریت مالکیت فکری» یکی از نقاط کانونی در دانشگاه‌هاست که به‌طور مستقیم با قابلیت اعتماد نهادی پیوند می‌خورد. مدیریت مالکیت فکری در دانشگاه‌ها—اعم از ثبت و مستندسازی تقدم اثر، انتساب، حفاظت، ارزیابی قابلیت ثبت، مسیرهای واگذاری/انتقال و مجوزدهی—در عمل با مسئله اعتماد ذی‌نفعان مواجه است؛ زیرا بخش مهمی از ارزش‌آفرینی منوط به اعتماد به صحت سوابق، تمامیت زنجیره مالکیت و قابلیت ممیزی تصمیم‌هاست. هرچه سازوکارهای ثبت و ردگیری حقوق مالکیت فکری شفاف‌تر، ممیزی‌پذیرتر و کم‌ابهام‌تر باشند، هزینه مبادله و ریسک منازعه کاهش می‌یابد و امکان تجاری‌سازی بهبود پیدا می‌کند. در این راستا، ادبیات بلاکچین در حوزه مالکیت فکری، به‌ویژه بر استفاده از «قراردادها و مجوزهای هوشمند» برای خودکارسازی محاسبه حق امتیاز، اجرای تراکنش‌ها و توزیع پرداخت‌ها تأکید دارد؛ به‌گونه‌ای که بخشی از مدیریت قراردادهای مجوز از فرایندهای سنتی و کاغذی به سازوکارهای دیجیتال، خودکار، قابل اعتماد و ممیزی‌پذیر منتقل می‌شود (دی فرانچسکو مائسا^۳ و همکاران، ۲۰۲۵). در ادبیات فارسی نیز بر این نکته تأکید شده است که بلاکچین می‌تواند با ایجاد سامانه‌های یکپارچه و نمایش تغییرناپذیر زنجیره مالکیت، به شفافیت و قابلیت پیگیری در حقوق مالکیت فکری کمک کند؛ هرچند تحقق این مزایا منوط به طراحی حقوقی-نهادی و انطباق با نظام مقررات است (صادقی و همکاران، ۱۴۰۲). افزون بر این، تحلیل‌های حقوقی داخلی درباره قراردادهای هوشمند نشان می‌دهد استفاده از قراردادهای خوداجرا می‌تواند ظرفیت‌هایی برای

1. Bernardo

2. Acev

3. Di Francesco Maesa

کاهش هزینه و افزایش سرعت و قابلیت رهگیری ایجاد کند، اما هم‌زمان نیازمند بازطراحی زیرساخت‌ها و قواعد حقوقی است (ملک، ۱۴۰۱).

از سوی دیگر، در حوزه آموزش عالی یکی از خطوط اصلی پژوهش‌های اخیر، استفاده از بلاکچین برای «اعتبارسنجی/اصالت‌سنجی» و «ردیابی» سوابق دانشگاهی بوده است؛ زیرا این حوزه نمونه‌ای روشن از مسئله اعتماد، چندذی‌نفعی بودن و لزوم ممیزی‌پذیری است. شواهد جدید نشان می‌دهد راه‌حل‌های مبتنی بر بلاکچین می‌توانند با ترکیب سازوکارهای ثبت غیرقابل‌دستکاری و ابزارهای دسترس‌پذیر (مانند QR)، الگویی تکرارپذیر برای اصالت‌سنجی سوابق ارائه کنند (کاردناس-کیسپ و پاچکو^۱، ۲۰۲۵). همچنین برخی مطالعات جدید به سمت طراحی معماری‌های «حکمرانی دانشگاهی» با استفاده از بلاکچین (و حتی ترکیب با هوش مصنوعی برای شناسایی ناهنجاری) حرکت کرده‌اند که نشان می‌دهد مسئله صرفاً فناوری نیست، بلکه به سازوکارهای کنترل، شفافیت و پاسخ‌گویی نهادی گره خورده است (رازق^۲ و همکاران، ۲۰۲۵). در پژوهش‌های فارسی مرتبط با آموزش نیز مرورهای نظام‌مند نشان می‌دهد کاربرد بلاکچین در اعتبارسنجی مدارک و یادگیری دیجیتال، علاوه بر مزایای امنیت و شفافیت، با چالش‌هایی مانند الزامات حقوقی و مقاومت سازمانی مواجه است؛ لذا تبیین عوامل و روابط میان آن‌ها برای استقرار موفق ضروری است (قاسمی، ۱۴۰۳).

با توجه به ماهیت چندبعدی و چندذی‌نفعی استقرار بلاکچین، ادبیات روش‌شناختی نشان می‌دهد عوامل استقرار معمولاً «شبکه‌ای و به‌هم‌وابسته» هستند؛ مانند استانداردهای داده، نقش‌ها و پاسخ‌گویی، کنترل‌های انطباقی، آمادگی سازمانی و معماری سامانه‌ها. همین وابستگی‌ها باعث می‌شود تحلیل‌های صرفاً توصیفی یا فهرست‌محور برای تصمیم‌گیری مرحله‌بندی‌شده کفایت نکند؛ زیرا سیاست‌گذار/مدیر باید بداند کدام عوامل نقش «محرك» (علی) دارند و کدام عوامل «پیامد» (معلولی) هستند تا مداخلات را اولویت‌بندی کند (آچف و همکاران، ۲۰۲۵؛ برناردو و همکاران، ۲۰۲۴). بر این مبنا، اتکای پژوهش حاضر به دیمتل‌فازی از نظر نظری و روش‌شناختی موجه است؛ زیرا مسئله استقرار بلاکچین در دانشگاه‌ها ماهیتی شبکه‌ای و وابسته دارد، داده‌های مسلط در دسترس عمدتاً مبتنی بر قضاوت خبرگان است نه داده‌های عینی پرتعداد، و خروجی مورد نیاز نیز «اولویت‌بندی اقدام» از طریق شناسایی عوامل محرك و پیامدی و آشکارسازی مسیرهای اثرگذاری است (کریسافیس^۳، ۲۰۲۵؛ آچف و همکاران، ۲۰۲۵).

در ادامه، برای روشن‌تر شدن جایگاه پژوهش حاضر و نشان دادن مسیر تکامل مطالعات مرتبط، مرور پیشینه به‌گونه‌ای تنظیم می‌شود که مستقیماً در خدمت استخراج منطق علی و اولویت‌بندی اقدام باشد؛ از این‌رو تمرکز بر مطالعاتی است که علاوه بر شناسایی عوامل استقرار/پذیرش بلاکچین، روابط درونی و اثرگذاری/اثرپذیری میان عوامل را با روش‌های ساختاری—به‌ویژه دیمتل‌فازی—آشکار کرده‌اند. در مطالعات خارجی، سینگ^۴ و همکاران (۲۰۲۳) با تمرکز بر موانع پذیرش بلاکچین در یک بستر اجرایی نشان می‌دهند موانع پذیرش صرفاً مجموعه‌ای از عوامل مستقل نیستند، بلکه شبکه‌ای از وابستگی‌ها و اثرگذاری‌های متقابل را شکل می‌دهند و نسخه فازی دیمتل به آشکارسازی مسیرهای

1. Cardenas-Quispe & Pacheco

2. Razaque

3. Chrysafis

4. Singh

اثرگذاری و استخراج علت‌های ریشه‌ای کمک می‌کند. گوان^۱ و همکاران (۲۰۲۳) نیز در مطالعه‌ای درباره موانع پذیرش بلاکچین در صنعت بنادر، با استفاده از دیمتل فازی نشان می‌دهند برخی موانع نهادی/سازمانی می‌توانند نقش محرک داشته باشند و از طریق اثرات زنجیره‌ای، سایر موانع فنی و عملیاتی را تشدید کنند؛ نتیجه‌ای که برای محیط‌های چندذی‌نفعی و مقررات‌محور اهمیت ویژه دارد. کویسون^۲ و همکاران (۲۰۲۴) با بررسی موانع استقرار بلاکچین در زنجیره تأمین کشاورزی و استفاده از رویکرد گروهی دیمتل فازی نشان می‌دهند چالش‌های مدیریتی/حاکمیتی و نهادی غالباً در گروه علی قرار می‌گیرند و می‌توانند به‌طور غیرمستقیم بر طیف وسیعی از موانع دیگر اثر بگذارند؛ بنابراین وقتی هدف تعیین اولویت اقدام است، استخراج ساختار علی به شناسایی گلوگاه‌های مداخله کمک می‌کند. یوان^۳ و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای درباره موانع پذیرش بلاکچین در مدیریت پسماند ساخت‌وساز، با رویکرد ترکیبی مدل‌سازی ساختاری تفسیری-دیمتل فازی نشان می‌دهند وابستگی متقابل موانع باعث می‌شود اقدام روی یک یا چند مانع کلیدی، اثرات حلقه‌ای و زنجیره‌ای بر سایر موانع ایجاد کند و سیاست‌گذاری مرحله‌بندی‌شده مستلزم شناخت دقیق روابط اثرگذاری/اثرپذیری است. چن و همکاران (۲۰۲۴) نیز با تمرکز بر موانع پذیرش بلاکچین در صنعت لجستیک، از دیمتل فازی برای تفکیک عوامل به علی و معلولی استفاده کرده و نشان می‌دهند برخی موانع سازمانی/محیطی می‌توانند نقش محرک داشته باشند و بر موانع فنی و اجرایی اثر بگذارند؛ از این رو رویکرد علی امکان اولویت‌بندی مداخلات را فراهم می‌کند.

در مطالعات داخلی، پیله‌وری سلماسی و همکاران (۱۴۰۰) با بهره‌گیری از دیمتل فازی و مدل‌سازی‌های تکمیلی نشان می‌دهند برخی چالش‌های بنیادین—به‌ویژه در لایه‌های مدیریتی/سازمانی و آمادگی دانشی—می‌توانند به‌عنوان عوامل محرک سایر چالش‌ها را تحت تأثیر قرار دهند؛ از این رو، این مطالعه شاهدی داخلی بر کارآمدی دیمتل فازی در تفکیک عوامل علی و معلولی و استخراج مسیرهای اثرگذاری محسوب می‌شود. صادقی و همکاران (۱۴۰۲) با تمرکز بر حقوق مالکیت فکری، بلاکچین را بستری برای شکل‌دهی یک نظام جامع اطلاعاتی و مشاهده‌پذیری تغییرناپذیر زنجیره مالکیت معرفی می‌کنند و هم‌زمان بر ضرورت توجه به سازوکارهای حقوقی و ترتیبات نهادی تأکید دارند؛ نکته‌ای که برای صورت‌بندی بخش مدیریت مالکیت فکری در محیط دانشگاهی اهمیت دارد. اجلی (۱۴۰۲) در مقاله‌ای با محوریت آموزش عالی، به امکان به‌کارگیری بلاکچین در مدیریت هوشمند مراکز آموزش عالی پرداخته و نشان می‌دهد در محیط دانشگاهی پذیرش فناوری صرفاً تابع قابلیت‌های فنی نیست و عوامل نهادی، مدیریتی و سازوکارهای راهبری/پاسخ‌گویی در کنار فناوری نقش تعیین‌کننده دارند. جمالی و همکاران (۱۴۰۳/۱۴۰۲) با تمرکز بر روابط ساختاری عوامل نشان می‌دهند تحلیل شبکه‌ای و ساختاری عوامل می‌تواند تصویر دقیق‌تری از وابستگی‌ها و اولویت‌های اقدام ارائه دهد و نمونه‌ای داخلی از حرکت به سمت مدل‌سازی روابط بین عوامل (به‌جای رویکرد صرفاً توصیفی) به شمار می‌رود. علیرضایی و همکاران (۱۴۰۴) نیز در پژوهشی درباره شفافیت زنجیره تأمین مبتنی بر بلاکچین در صنعت پتروشیمی، با اتکا به نظر خبرگان و استفاده از دیمتل فازی نشان می‌دهند برخی عوامل اثرگذارتر

1. Guan
2. Quayson
3. Yuan

و برخی عوامل اثرپذیرترند؛ نکته‌ای که از منظر روش‌شناختی با هدف پژوهش حاضر برای تعیین عوامل محرک/پیامدی و ارائه مبنای اولویت‌بندی اقدام همسو است.

جمع‌بندی مطالعات خارجی نشان می‌دهد پژوهش‌های انجام‌شده در سال‌های اخیر عمدتاً بر شناسایی موانع و پیشران‌های پذیرش/استقرار بلاکچین و تحلیل روابط میان آن‌ها تمرکز داشته‌اند و به‌طور مکرر تأیید می‌کنند عوامل مؤثر بر استقرار بلاکچین ماهیتی شبکه‌ای و به‌هم‌وابسته دارند؛ به‌گونه‌ای که برخی عوامل نقش محرک ایفا می‌کنند و از طریق روابط علی بر سایر عوامل اثر می‌گذارند، در حالی که برخی عوامل بیشتر پیامدی هستند (سینگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ گوان و همکاران، ۲۰۲۳؛ کویسون و همکاران، ۲۰۲۴؛ یوان و همکاران، ۲۰۲۴؛ چن و همکاران، ۲۰۲۴). این یافته‌ها نشان می‌دهد شناسایی روابط اثرگذاری و اثرپذیری میان عوامل می‌تواند مبنایی برای اولویت‌بندی اقدامات اجرایی و سیاستی فراهم کند. در مطالعات داخلی نیز اگرچه به اهمیت ابعاد نهادی، حقوقی و مدیریتی در استقرار بلاکچین اشاره شده است، بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها بر جنبه‌های مفهومی، حقوقی یا کاربردی فناوری متمرکز بوده و کمتر به تحلیل ساختار علی عوامل استقرار پرداخته‌اند؛ ضمن آنکه در پژوهش‌هایی که از روش‌هایی مانند دیمتل فازی استفاده شده، تمرکز عمدتاً بر حوزه‌های صنعتی یا زنجیره تأمین بوده و محیط دانشگاهی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (پایله‌وری سلماسی و همکاران، ۱۴۰۰؛ صادقی و همکاران، ۱۴۰۲؛ اجلی، ۱۴۰۲؛ جمالی و همکاران، ۱۴۰۲/۱۴۰۳؛ علیرضایی و همکاران، ۱۴۰۴). بنابراین دو خلأ اصلی باقی می‌ماند: نخست، کم‌توجهی به کاربرد بلاکچین در تقاطع حکمرانی داده پژوهش و مدیریت مالکیت فکری در دانشگاه‌ها؛ و دوم، نبود مدل‌سازی علی روابط میان عوامل استقرار در این بستر به‌گونه‌ای که بتوان عوامل اثرگذار و اثرپذیر را تفکیک و اولویت‌های اجرایی را مشخص کرد. بر پایه این جمع‌بندی و در پاسخ به خلأهای یادشده، پژوهش حاضر با هدف تبیین عوامل مؤثر بر استقرار بلاکچین در فرایندهای مرتبط با داده‌های پژوهش و مدیریت مالکیت فکری در دانشگاه‌ها طراحی شده است. از منظر نظری، مسئله مرکزی در این حوزه «قابلیت اعتماد نهادی» است؛ یعنی توان دانشگاه در ایجاد اعتماد ذی‌نفعان نسبت به صحت سوابق، تمامیت داده، زنجیره انتساب/مالکیت و ممیزی‌پذیری تصمیم‌ها. در این چارچوب، بلاکچین نه صرفاً یک فناوری، بلکه یک سازوکار نهادی تقویت‌کننده اعتماد تلقی می‌شود که ارزش اجرایی آن زمانی محقق می‌گردد که در دل حکمرانی داده و حکمرانی مالکیت فکری ادغام شود؛ به بیان دیگر، شفافیت، تغییرناپذیری، ردگیری و ممیزی‌پذیری ناشی از فناوری باید به سیاست‌ها، نقش‌ها، استانداردها، سازوکارهای پاسخ‌گویی، کنترل‌های انطباقی و الزامات حقوقی-نهادی متصل شود تا به اعتماد نهادی تبدیل گردد (برناردو و همکاران، ۲۰۲۴؛ آچف و همکاران، ۲۰۲۵). بر این اساس، سازه‌های کلیدی پژوهش به‌صورت هدفمند از ادبیات استخراج و در چهار خوشه مفهومی صورت‌بندی می‌شوند: بلوغ حکمرانی داده/حکمرانی داده‌های پژوهش، بلوغ مدیریت مالکیت فکری دانشگاه، قابلیت‌های فناوری بلاکچین برای اعتمادسازی، و در نهایت قابلیت اعتماد نهادی به‌عنوان پیامد و معیار موفقیت استقرار. این صورت‌بندی، پیوند منطقی میان مبانی نظری و مدل مفهومی پژوهش را برقرار می‌کند و مبنایی برای تحلیل علی عوامل و اولویت‌بندی اقدام در بخش‌های بعدی فراهم می‌آورد. بر همین مبنا و با اتکا به مرور نظام‌مند پیشینه و قضاوت خبرگان، مجموعه‌ای از عوامل مؤثر شناسایی و در قالب یک مدل مفهومی اولیه سازمان‌دهی شد؛ مدلی که

روابط نظری میان مؤلفه‌های نهادی، فناورانه و انسانی را به عنوان روابط فرضی اولیه نمایش می‌دهد و در بخش تحلیل داده‌ها با روش دیمتل فازی ارزیابی می‌شود تا اثرگذاری/اثرپذیری هر عامل و جایگاه آن در ساختار علی تعیین گردد. مدل مفهومی ارائه شده، مبنای طراحی ابزار گردآوری داده‌ها و تحلیل روابط علی میان مؤلفه‌ها با استفاده از روش دیمتل قرار گرفته است. به عبارت دیگر، روابط نشان داده شده در این مدل، روابط فرضی اولیه هستند که در بخش تحلیل داده‌ها به صورت کمی مورد ارزیابی قرار گرفته و میزان اثرگذاری و اثرپذیری هر عامل تعیین شده است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی-تحلیلی است و با رویکرد مدل‌سازی روابط علی انجام شد. استقرار فناوری بلاکچین در دانشگاه‌ها—به‌ویژه در دو حوزه حکمرانی داده‌های پژوهش و مدیریت مالکیت فکری—پدیده‌ای چندبعدی، چندذی‌نفعی و شبکه‌ای است؛ بنابراین عوامل مؤثر بر آن مستقل از یکدیگر عمل نمی‌کنند و میان آن‌ها روابط متقابل و اثرات زنجیره‌ای برقرار است. بر همین مبنا، در این پژوهش به جای تمرکز بر رویکردهای خطی یا صرفاً فهرست‌محور، ساختار اثرگذاری/اثرپذیری عوامل در قالب یک شبکه علی تبیین شد تا خروجی پژوهش قابلیت اولویت‌بندی اقدام و شناسایی نقاط مداخله مدیریتی داشته باشد. منظور از «استقرار بلاکچین در دانشگاه» در این مطالعه صرفاً پیاده‌سازی یک زیرساخت فنی نیست، بلکه مجموعه‌ای از کاربردهای نهادی-اجرایی را نیز شامل می‌شود؛ از جمله سامانه ثبت تقدم اثر و زمان مهر پژوهش، سامانه مدیریت مجوزدهی/حق امتیاز مبتنی بر قرارداد هوشمند، سامانه اصالت‌سنجی مدارک و ریزنمرات و گواهی‌ها، و نیز نمونه‌های جاری دانشگاهی مانند سامانه ارتقا و ترفیع اعضای هیئت علمی (ثبت شفاف و ممیزی‌پذیر مستندات و تصمیم‌ها)، سامانه آموزش و سوابق آموزشی و سامانه‌های پژوهشی/فناوری (ثبت و رهگیری مالکیت فکری، داده پژوهش و مسیرهای انتقال فناوری).

برای افزایش دقت مفهومی و قابلیت تبدیل نتایج به اقدام، عوامل پژوهش در یک ساختار دو سطحی سازمان‌دهی شدند. در سطح نخست، مؤلفه‌های کلان C1 تا C10 به عنوان ابعاد راهبردی و واحدهای اصلی تحلیل دیمتل فازی تعریف شدند. این مؤلفه‌ها معماری کلی عوامل مؤثر بر استقرار بلاکچین را در حوزه‌های نهادی، حقوقی، داده‌ای، فنی، انسانی و رفتاری نشان می‌دهند. در سطح دوم، شاخص‌های عملیاتی A1 تا A10 تدوین شدند تا هر مؤلفه کلان به تعاریف اجرایی، شواهد قابل مشاهده و اقدامات قابل قضاوت برای خبرگان و مدیران دانشگاهی تبدیل شود.

در این طراحی، تحلیل دیمتل فازی در سطح مؤلفه‌های کلان C1 تا C10 انجام شد و یک ماتریس روابط مستقیم 10×10 تشکیل گردید. پس از تجمیع و فازی‌زدایی قضاوت‌های خبرگان، ماتریس نرمال‌شده و ماتریس روابط کل محاسبه و شاخص‌های D, D+, R, D-R برای هر مؤلفه استخراج شد. شاخص‌های عملیاتی A1 تا A10 شبکه‌ای مستقل از مؤلفه‌های کلان محسوب نمی‌شوند و محاسبات دیمتل برای آن‌ها به صورت جداگانه تکرار نشده است؛ بلکه هر شاخص، ترجمان اجرایی مؤلفه کلان متناظر خود است.

پس از تعیین جایگاه علی یا معلولی مؤلفه‌های کلان، از نگاشت $C \rightarrow A$ برای تبدیل یافته‌های راهبردی به اهرم‌های اجرایی استفاده شد. برای مثال، جایگاه حکمرانی داده در شبکه علی از طریق اقداماتی مانند تعیین مالک و متولی داده، تدوین قواعد دسترسی و اشتراک‌گذاری، تنظیم سیاست نگهداشت، استقرار کنترل‌های دسترسی و ثبت رخدادهای

ممیزی‌پذیر عملیاتی شد. مزیت این ساختار آن است که ضمن حفظ انسجام روش‌شناختی و جلوگیری از تکرار صوری تحلیل، امکان پیوند دادن نتایج کلان دیمتل به برنامه‌های اجرایی و اولویت‌های مداخله دانشگاهی را فراهم می‌کند. برای استخراج ساختار روابط علی و تفکیک عوامل اثرگذار و اثرپذیر، از روش دیمتل فازی استفاده شد. دیمتل امکان می‌دهد شدت اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم میان عوامل اندازه‌گیری و عوامل بر اساس شاخص‌های کمی به دو گروه علی/پیشران و معلولی/وابسته تفکیک شوند. از آنجا که داده‌های این پژوهش مبتنی بر قضاوت خبرگان است و قضاوت انسانی با عدم قطعیت و ابهام زبانی همراه است، نسخه فازی دیمتل به کار گرفته شد تا این ابهام به صورت روشمند وارد محاسبات شود. محاسبات، تجمیع پاسخ‌ها و تشکیل ماتریس‌های روابط مستقیم، نرمال‌سازی و محاسبه روابط کل در نرم‌افزار مایکروسافت اکسل انجام شد. پس از دریافت ارزیابی‌های خبرگان و تشکیل ماتریس روابط مستقیم فازی، ماتریس نرمال‌سازی گردید و سپس ماتریس روابط کل محاسبه شد تا اثرات مستقیم و غیرمستقیم هم‌زمان در نظر گرفته شود. در ادامه شاخص‌های D (مجموع سطری؛ میزان اثرگذاری) و R (مجموع ستونی؛ میزان اثرپذیری) استخراج شد و با استفاده از $D+R$ (برجستگی/اهمیت شبکه‌ای) و $D-R$ (نقش علی یا معلولی) جایگاه هر عامل در شبکه تعیین و عوامل علی و معلولی تفکیک گردید. این روند برای مؤلفه‌های کلان $C1$ تا $C10$ اجرا شد. سپس نتایج حاصل از شاخص‌های D ، $D+R$ ، $D-R$ با استفاده از نگاشت $C \rightarrow A$ به شاخص‌ها، مصادیق و اقدامات عملیاتی متناظر تفسیر گردید.

جامعه پژوهش شامل خبرگانی بود که تجربه یا تخصص مرتبط با استقرار سامانه‌های دیجیتال دانشگاهی، حکمرانی داده پژوهش، مدیریت مالکیت فکری/انتقال فناوری و/یا فناوری بلاکچین و قرارداد هوشمند داشتند. نمونه‌گیری به روش هدفمند (و در صورت نیاز گلوله‌برفی) انجام شد تا ترکیب تخصصی چندحوزه‌ای حفظ گردد. در مجموع ۳۰ نفر برای شرکت در مطالعه دعوت شدند که ۲۱ پرسشنامه معتبر دریافت شد (نرخ پاسخ ۷۰٪). از ۲۱ خبره پاسخ‌دهنده، ۱۴ نفر (۶۶٪) مرد و ۷ نفر (۳۳٪) زن بودند. میانگین سابقه حرفه‌ای آنان ۹/۸ سال (دامنه ۵ تا ۱۸ سال) گزارش شد. از نظر حوزه تخصصی، ۸ نفر از مدیران/کارشناسان پژوهش و فناوری و دفاتر انتقال فناوری/مالکیت فکری، ۷ نفر از کارشناسان فناوری اطلاعات و داده و استانداردهای دانشگاهی و ۶ نفر از متخصصان بلاکچین و قرارداد هوشمند بودند. از نظر سطح تحصیلات نیز ۱۲ نفر دارای مدرک دکتری و ۹ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد بودند. همچنین ۱۶ نفر سابقه مشارکت در پروژه‌های دیجیتال دانشگاهی و ۱۳ نفر سابقه پژوهشی/انتشارات مرتبط با حوزه‌های فناوری‌های نوظهور یا حکمرانی داده/مالکیت فکری داشتند.

ابزار گردآوری داده پرسشنامه دیمتل فازی در قالب ماتریس اثرات مستقیم بود. برای کاهش ابهام در پاسخ‌دهی و افزایش هم‌فهمی، برای هر عامل تعریف عملیاتی و مصادیق اجرایی ارائه شد تا خبرگان هنگام ارزیابی شدت اثرگذاری‌ها به نشانه‌های قابل مشاهده تکیه کنند. برای کمی‌سازی قضاوت‌های زبانی و تبدیل آن‌ها به مقادیر قابل محاسبه، از اعداد فازی مثلثی (l, m, u) در بازه $[0, 1]$ استفاده شد و شدت اثرگذاری در پنج سطح زبانی تعریف گردید: «بدون اثر» $(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ ، «اثر کم» $(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ ، «اثر متوسط» $(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ ، «اثر زیاد» $(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ و «اثر بسیار زیاد» $(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$.

برای اطمینان از روایی ابزار، روایی از نوع روایی محتوایی مدنظر قرار گرفت و نسخه اولیه پرسشنامه، تعاریف عملیاتی و مصادیق اجرایی عوامل توسط ۶ نفر از خبرگان بازبینی و اصلاح شد. علاوه بر بازبینی کیفی، برای ارزیابی کمی روایی محتوا از شاخص‌های نسبت روایی محتوا (CVR) و شاخص روایی محتوا (CVI) استفاده شد و مواردی که CVR آن‌ها کمتر از مقدار بحرانی لاووشه (متناسب با تعداد خبرگان) بود، اصلاح یا حذف گردید. از آنجا که داده‌های این پژوهش مبتنی بر قضاوت زوجی خبرگان در قالب ماتریس اثرات مستقیم است و نه مقیاس‌های بازتابی چندگویه‌ای نظیر پرسشنامه‌های لیکرت برای مدل‌های اندازه‌گیری در SEM، شاخص‌هایی مانند آلفای کرونباخ، اعتبار ترکیبی (CR) و روایی همگرا/واگرا به روش فورنل-لاکر که برای سنجش پایایی و روایی سازه‌ها در مدل‌های اندازه‌گیری به کار می‌روند، در اینجا موضوعیت مستقیم ندارند. در عوض، ثبات و همگرایی قضاوت خبرگان به عنوان معیار پایایی مناسب این نوع داده با شاخص‌های پایایی بین‌ارزیابان سنجیده شد؛ برای این منظور ضریب هماهنگی کندال^۱ محاسبه گردید که مقدار آن ۰/۶۶ به دست آمد و نشان‌دهنده همگرایی قابل قبول ارزیابی‌هاست. همچنین برای کنترل سوگیری‌های احتمالی، اقداماتی مانند ناشناس‌بودن پاسخ‌ها، ارائه تعاریف عملیاتی و مصادیق اجرایی و استفاده از خبرگان چندحوزه‌ای انجام شد. با وجود آنکه داده‌ها از نوع ارزیابی زوجی اثرگذاری هستند و خطر سوگیری روش مشترک نسبت به پیمایش‌های تک‌پاسخ‌دهنده کمتر است، برای اطمینان بیشتر آزمون تک‌عاملی هارمن^۲ بر داده‌های تجمع‌یافته/دفازی شده اجرا شد که عامل اول ۳۷٪ از واریانس را توضیح داد (کمتر از آستانه ۵۰٪)؛ بنابراین تسلط یک عامل عمومی واحد بر داده‌ها مشاهده نشد.

به منظور کاهش ابهام مفهومی و ایجاد برداشت مشترک میان خبرگان، برای هر مؤلفه کلان یک شاخص عملیاتی متناظر، تعریف قابل قضاوت، نوع سنج و مجموعه‌ای از مصادیق اجرایی تدوین شد. این شاخص‌ها و مصادیق در فرایند گردآوری داده به عنوان تعاریف اجرایی مؤلفه‌های کلان در اختیار خبرگان قرار گرفتند تا ارزیابی شدت روابط مستقیم میان مؤلفه‌های C1 تا C10 بر مبنای برداشتی مشترک و نشانه‌های قابل مشاهده انجام شود. جدول ۱ شاخص‌های عملیاتی A1 تا A10 را همراه با تعاریف و مصادیق اجرایی آن‌ها ارائه می‌کند. این شاخص‌ها متغیرهای مستقل یک تحلیل دیمتل جداگانه نیستند، بلکه ابزار عملیاتی‌سازی مؤلفه‌های کلان و مبنای تفسیر کاربردی نتایج و تبدیل روابط علی به اقدامات مدیریتی محسوب می‌شوند. جدول ۲ نیز نداشت مؤلفه‌های کلان C1 تا C10 به شاخص‌های عملیاتی متناظر A1 تا A10 را نشان می‌دهد و پیوند میان سطح راهبردی مدل و سطح اجرایی آن را تبیین می‌کند.

1. Kendall's W

2. Harman's Single-Factor Test

جدول ۱. شاخص‌های عملیاتی (A1...A10) و مصادیق اجرایی برای ارزیابی خبرگان در دیمتل فازی
 Table 1. Operational Indicators (A1–A10) and Implementation Examples for Expert Evaluation Using Fuzzy DEMATEL

کد (A)	شاخص عملیاتی	تعریف عملیاتی (قابل قضاوت)	نوع سنجه/مقیاس در این پژوهش	نمونه مصادیق اجرایی/شواهد
A1	سیاست مالکیت فکری	درجه شفافیت و قابلیت اجرای مقررات و رویه‌های دانشگاه در ثبت، حفاظت، انتقال و بهره‌برداری از IP	ارزیابی اثرگذاری زوجی با مقیاس زبانی فازی	آیین‌نامه افشا/ثبت تقدم؛ فرایند ارزیابی مالکیت؛ دستورالعمل مجوزدهی؛ دفتر/کمیته مسئول؛ سازوکار حل اختلاف
A2	اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند	میزان استانداردپذیری و پذیرش حقوقی قرارداد/مجوز هوشمند در فرایندهای IP و انتقال فناوری	ارزیابی اثرگذاری زوجی با مقیاس زبانی فازی	الگوی قراردادی؛ دستورالعمل حقوقی امضا/اعتبار سند؛ سازوکار داوری؛ امکان استناد در رویه‌های دانشگاه/مراجع
A3	استاندارد داده	میزان وجود استانداردهای داده و فراداده برای ساختار، تبادل، ذخیره‌سازی و کیفیت داده پژوهش	ارزیابی اثرگذاری زوجی با مقیاس زبانی فازی	استاندارد فراداده؛ واژگان کنترل‌شده؛ قواعد کیفیت داده؛ استاندارد تبادل/ذخیره
A4	تعامل‌پذیری سیستم	قابلیت تبادل و یکپارچه‌سازی داده بین سامانه‌های دانشگاهی و سامانه بلاکچین	ارزیابی اثرگذاری زوجی با مقیاس زبانی فازی	رابط برنامه‌نویسی کاربردی/وب‌سرویس؛ یکپارچه‌سازی؛ سازگاری قالب‌ها؛ اتصال سامانه آموزش/پژوهش/ارتقا/ترفیغ
A5	هویت دیجیتال	وجود سازوکار احراز هویت امن و انتساب معتبر کاربران/نقش‌ها در تعامل با سامانه	ارزیابی اثرگذاری زوجی با مقیاس زبانی فازی	ورود/احراز هویت یکپارچه (تک‌ورود)؛ زیرساخت کلید عمومی؛ احراز هویت چندعاملی؛ مدیریت نقش‌ها؛ امضای دیجیتال و ثبت انتساب
A6	حکمرانی داده	وجود سیاست‌ها و سازوکارهای مدیریت چرخه حیات داده پژوهش و کنترل دسترسی/ممیزی	ارزیابی اثرگذاری زوجی با مقیاس زبانی فازی	طبقه‌بندی داده؛ کنترل دسترسی؛ ثبت رخداد/ممیزی؛ نقش مالک/متولی داده؛ سیاست نگهداشت
A7	مهارت فنی بلاکچین	سطح توانمندی سرمایه انسانی برای طراحی، پیاده‌سازی و کاربری سامانه‌های بلاکچینی	ارزیابی اثرگذاری زوجی با مقیاس زبانی فازی	تیم متخصص؛ آموزش رسمی؛ تجربه پروژه؛ توان توسعه قرارداد هوشمند؛ مستندسازی
A8	هزینه	میزان هزینه مورد انتظار برای استقرار و نگهداشت و امکان تأمین مالی پایدار	ارزیابی اثرگذاری زوجی با مقیاس زبانی فازی	برآورد هزینه استقرار/نگهداشت؛ هزینه امنیت/پشتیبانی؛ بودجه مصوب؛ مدل تأمین مالی
A9	امنیت	میزان مقاومت سامانه در برابر دستکاری، حمله و دسترسی غیرمجاز و سطح اطمینان‌پذیری	ارزیابی اثرگذاری زوجی با مقیاس زبانی فازی	کنترل‌های امنیتی؛ مدیریت کلید؛ ثبت رخداد؛ آزمون نفوذ؛ برنامه پاسخ به حادثه
A10	پذیرش کاربران	میزان تمایل و آمادگی کاربران برای استفاده از سامانه و اعتماد به آن در رویه‌های دانشگاهی	ارزیابی اثرگذاری زوجی با مقیاس زبانی فازی	کنترل‌های امنیتی؛ مدیریت کلید؛ ثبت رخداد؛ آزمون نفوذ؛ برنامه پاسخ به حادثه

جدول ۲ نگاشت یک‌به‌یک مؤلفه‌های کلان C1 تا C10 به شاخص‌های عملیاتی متناظر A1 تا A10 را نشان می‌دهد. هدف این نگاشت، پیوند دادن سطح راهبردی مدل به سطح اجراست؛ به گونه‌ای که جایگاه هر مؤلفه در شبکه علت-معلول بتواند به سیاست، فرایند، زیرساخت یا اقدام مدیریتی مشخصی تبدیل شود. بنابراین، جدول ۲ رابطه تفسیری و اجرایی میان دو سطح مدل را نشان می‌دهد و بیانگر اجرای دو تحلیل آماری مستقل نیست.

جدول ۲. مؤلفه‌های کلان (C1...C10) و نگاشت آن‌ها به شاخص‌های عملیاتی متناظر (A1...A10) در تحلیل دیمتل فازی

Table 2. Major Components (C1–C10) and Their Mapping to the Corresponding Operational Indicators (A1–A10) in the Fuzzy DEMATEL Analysis

کد (C)	مؤلفه کلان	تعریف در سطح کلان (نقش راهبردی)	شاخص عملیاتی متناظر	اثر این نگاشت در مدل‌سازی/کاربرد نتایج
C1	سیاست مالکیت فکری	بلوغ چارچوب نهادی و قابلیت اجرای سیاست‌های مالکیت فکری در دانشگاه	A1	از کلی‌گویی سطح کلان به اهرم‌های اجرایی (آیین‌نامه/رویه/ساختار) پل می‌زند.
C2	اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند	استنادپذیری حقوقی قرارداد/مجوز هوشمند در فرایندهای مالکیت فکری	A2	راهبرد حقوقی را به نشانه‌های اجرایی (الگو/امضا/داوری) تبدیل می‌کند.
C3	استاندارد داده	بلوغ استانداردهای داده/فرا داده پژوهشی و کیفیت/تبادل داده	A3	مشخص می‌کند چه مؤلفه‌های استاندارد باید هدف مداخله قرار گیرد.
C4	تعامل‌پذیری سیستم	ظرفیت معماری و یکپارچه‌سازی سامانه‌های دانشگاهی با بلاکچین	A4	مداخله‌های اجرایی (رابطه‌های برنامه‌نویسی کاربردی/اتصال سامانه‌ها) را از سطح کلان استخراج‌پذیر می‌کند.
C5	هویت دیجیتال	بلوغ احراز هویت و انتساب معتبر در سامانه‌های دیجیتال	A5	راهبرد اعتماد هویتی را به راهکارهای اجرایی (ورود یکپارچه/زیرساخت کلید عمومی/احراز هویت چندعاملی) پیوند می‌دهد.
C6	حکمرانی داده	سیاست‌ها و سازوکارهای کنترل دسترسی، اشتراک‌گذاری، نگهداشت و ممیزی داده	A6	اجزای اجرایی حکمرانی (ممیزی/نقش‌ها/کنترل دسترسی) را قابل اولویت‌بندی می‌کند.
C7	مهارت فنی	توانمندی سرمایه انسانی برای طراحی/پیاپی‌سازی/بهره‌برداری	A7	شکاف مهارتی را به اقدامات اجرایی (آموزش/تیم/تجربه) ترجمه می‌کند.
C8	هزینه	امکان تأمین مالی پایدار و هزینه‌های استقرار/نگهداشت	A8	اجزای هزینه‌ای محل مداخله را مشخص و اولویت‌بندی‌پذیر می‌سازد.
C9	امنیت	محرم‌انگیزی، تمامیت، دسترس‌پذیری و مقاومت در برابر دستکاری/حمله	A9	کنترل‌های امنیتی اجرایی را از سطح شعار کلان جدا و قابل پیگیری می‌کند.
C10	پذیرش کاربران	اعتماد و آمادگی کاربران برای استفاده از سامانه‌های بلاکچینی	A10	اهرم‌های اجرایی افزایش پذیرش (سودمندی/سهولت/اعتماد/حمایت) را روشن می‌کند.

۴. یافته‌ها

در این بخش، نتایج اجرای روش دیمتل فازی برای تحلیل روابط علی میان مؤلفه‌های کلان مؤثر بر استقرار فناوری بلاکچین در مدیریت مالکیت فکری و حکمرانی داده‌های پژوهش در دانشگاه‌ها ارائه می‌شود. بر اساس قضاوت‌های خبرگان، ابتدا ماتریس روابط مستقیم مؤلفه‌های C1 تا C10 تشکیل و پس از تجمیع، فازی‌زدایی و نرمال‌سازی، ماتریس

روابط کل محاسبه شد. سپس شاخص‌های اثرگذاری D ، اثرپذیری R ، برجستگی $D + R$ و علیت $D - R$ استخراج و جایگاه هر مؤلفه در ساختار علت-معلول تعیین گردید.

تحلیل دیمتل در سطح مؤلفه‌های کلان انجام شد؛ زیرا این مؤلفه‌ها واحدهای اصلی و راهبردی مدل را تشکیل می‌دهند. شاخص‌های عملیاتی A1 تا A10 در مرحله بعد برای تفسیر اجرایی نتایج به کار گرفته شدند. به بیان دیگر، پس از شناسایی مؤلفه‌های پیشران و پیامدی، جایگاه هر مؤلفه از طریق نگاشت $C \rightarrow A$ به مصادیق اجرایی و اهرم‌های قابل مداخله تبدیل شد. بنابراین، شاخص‌های عملیاتی شبکه‌ای مستقل برای اجرای مجدد محاسبات دیمتل نیستند، بلکه ترجمان اجرایی مؤلفه‌های کلان متناظر محسوب می‌شوند.

تشکیل ماتریس روابط مستقیم

در گام نخست اجرای دیمتل فازی، قضاوت خبرگان درباره شدت اثرگذاری مستقیم هر مؤلفه بر سایر مؤلفه‌ها گردآوری شد. بر مبنای این قضاوت‌ها، ماتریس روابط مستقیم تشکیل گردید که در آن هر درایه x_{ij} بیانگر شدت اثرگذاری مستقیم مؤلفه i بر مؤلفه j است. مطابق منطق روش دیمتل، مقادیر قطر اصلی ماتریس صفر در نظر گرفته شد؛ زیرا اثرگذاری مستقیم هر مؤلفه بر خودش ارزیابی نمی‌شود.

برای کاهش ابهام در قضاوت‌ها، شدت اثرگذاری در پنج سطح زبانی «بدون اثر»، «اثر کم»، «اثر متوسط»، «اثر زیاد» و «اثر بسیار زیاد» ارزیابی شد. پاسخ‌های زبانی ابتدا به اعداد فازی متناظر تبدیل و پس از تجمیع قضاوت‌های خبرگان و فازی‌زدایی، مقادیر قطعی ماتریس روابط مستقیم به دست آمد. جدول ۳ نگاشت مقیاس زبانی ارزیابی اثرگذاری به مقادیر عددی مورد استفاده در تشکیل ماتریس روابط مستقیم را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نگاشت مقیاس زبانی ارزیابی اثرگذاری به مقدار عددی مورد استفاده در ماتریس روابط مستقیم

Table 3. Mapping of the Linguistic Scale for Influence Assessment to the Numerical Values Used in the Direct-Relation Matrix

سطح زبانی اثرگذاری	مقدار عددی گزارش‌شده در ماتریس روابط مستقیم
بدون اثر	0/00
اثر کم	0/25
اثر متوسط	0/50
اثر زیاد	0/75
اثر بسیار زیاد	1/00

به‌عنوان نمونه، اگر در ارزیابی اثرگذاری یک مؤلفه بر مؤلفه دیگر، ۹ خبره گزینه «اثر زیاد»، ۸ خبره گزینه «اثر متوسط» و ۴ خبره گزینه «اثر کم» را انتخاب کرده باشند، پس از تبدیل گزینه‌ها به مقادیر عددی متناظر، مقدار تجمیع‌شده به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۱)

$$\frac{9 \times 0.75 + 8 \times 0.50 + 4 \times 0.25}{21} = 0.58$$

این مثال صرفاً چگونگی تبدیل و تجمیع قضاوت‌های خبرگان را نشان می‌دهد. ماتریس نهایی روابط مستقیم، حاصل اجرای همین فرایند برای تمام روابط زوجی میان مؤلفه‌های C1 تا C10 است.

جدول ۴. ماتریس روابط مستقیم (دفاژی شده/تجمیع شده) مؤلفه‌های کلان (C1...C10)

Table 4. Defuzzified and Aggregated Direct-Relation Matrix of the Major Components (C1–C10)

C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	عامل
0/50	0/50	0/25	0/25	0/50	0/25	0/25	0/25	0/75	0	C1
0/50	0/25	0/25	0/25	0/50	0/25	0/25	0/25	0	0/50	C2
0/50	0/50	0/25	0/25	0/75	0/25	0/75	0	0/25	0/25	C3
0/50	0/50	0/25	0/50	0/50	0/50	0	0/75	0/25	0/25	C4
0/50	0/75	0/25	0/25	0/50	0	0/50	0/25	0/25	0/25	C5
0/75	0/75	0/25	0/50	0	0/50	0/75	0/75	0/50	0/75	C6
0/50	0/25	0/25	0	0/50	0/25	0/50	0/25	0/25	0/25	C7
0/25	0/25	0	0/50	0/25	0/25	0/25	0/25	0/25	0/25	C8
0/50	0	0/25	0/25	0/50	0/50	0/25	0/25	0/25	0/50	C9
0	0/25	0/25	0/25	0/25	0/25	0/25	0/25	0/25	0/25	C10

بررسی ماتریس روابط مستقیم نشان می‌دهد که حکمرانی داده (C6) در مقایسه با سایر مؤلفه‌ها از گستره اثرگذاری مستقیم بیشتری برخوردار است. مقادیر نسبتاً بالاتر سطر C6 بیانگر آن است که از دید خبرگان، سیاست‌ها و سازوکارهای حکمرانی داده بر بخش قابل توجهی از عوامل نهادی، فنی، امنیتی و رفتاری اثر می‌گذارند. این نتیجه نشان می‌دهد استقرار بلاکچین در دانشگاه، پیش از آنکه صرفاً به فراهم کردن زیرساخت فناوری وابسته باشد، مستلزم تعیین قواعد مالکیت و مسئولیت داده، کنترل دسترسی، اشتراک‌گذاری، نگهداشت، ممیزی و پاسخ‌گویی است.

در سطح فنی، رابطه میان استاندارد داده (C3) و تعامل‌پذیری سیستم (C4) برجسته است. شدت نسبتاً بالای روابط میان این دو مؤلفه نشان می‌دهد استانداردسازی داده و فراداده و قابلیت تبادل اطلاعات میان سامانه‌های دانشگاهی، به‌صورت مکمل عمل می‌کنند. استانداردهای داده بدون وجود معماری تعامل‌پذیر نمی‌توانند به جریان پایدار اطلاعات منجر شوند و تعامل‌پذیری نیز بدون قواعد مشترک برای ساختار، معنا و کیفیت داده، قابلیت اتکای لازم را نخواهد داشت.

در سطح نهادی و حقوقی نیز سیاست مالکیت فکری (C1) و اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند (C2) با سایر اجزای مدل ارتباط دارند. شفافیت مقررات ثبت و حفاظت از مالکیت فکری، تعیین فرایندهای واگذاری و مجوزدهی و پذیرش حقوقی قراردادهای هوشمند می‌تواند اطمینان نهادی لازم برای به‌کارگیری سامانه‌های بلاکچینی را فراهم سازد. هویت دیجیتال (C5) نیز از طریق احراز هویت معتبر، انتساب نقش‌ها و امضای دیجیتال، پیوند میان زیرساخت فنی و اعتماد کاربران را تقویت می‌کند.

در مقابل، هزینه (C8) در مقایسه با عوامل مرکزی شبکه، روابط مستقیم محدودتری دارد. این وضعیت نشان می‌دهد هزینه بیشتر بر سرعت، مقیاس و دامنه استقرار اثر می‌گذارد و کمتر به‌عنوان عامل شکل‌دهنده روابط گسترده میان سایر مؤلفه‌ها عمل می‌کند. امنیت (C9) و پذیرش کاربران (C10) نیز در این مرحله از تحلیل، دریافت‌کننده اثر از مجموعه‌ای از پیش‌نیازهای نهادی، حکمرانی و فنی به نظر می‌رسند؛ بااین‌حال، تعیین دقیق جایگاه علی یا معلولی آن‌ها مستلزم محاسبه اثرات مستقیم و غیرمستقیم در ماتریس روابط کل است.

نرمال سازی ماتریس روابط مستقیم

پس از تشکیل ماتریس روابط مستقیم، ماتریس مذکور نرمال سازی شد تا شرط همگرایی لازم برای محاسبه ماتریس روابط کل برقرار شود و شدت روابط در مقیاسی استاندارد و قابل مقایسه قرار گیرد. در این پژوهش، ضریب نرمال سازی بر اساس بیشترین مجموع سطری ماتریس روابط مستقیم محاسبه شد. ماتریس نرمال شده N از رابطه زیر به دست آمد:

$$\frac{X}{\max_i \sum_{j=1}^n x_{ij}} = N \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن X ماتریس روابط مستقیم است. بیشترین مجموع سطری برابر با $6/75$ محاسبه شد؛ بنابراین تمام درایه های ماتریس روابط مستقیم بر این مقدار تقسیم شدند. برای نمونه، اگر مقدار یک رابطه مستقیم برابر با $0/75$ باشد، مقدار نرمال شده آن به صورت زیر محاسبه می شود:

$$x_{ij} = \frac{z_{ij}}{s} = \frac{0.75}{6.75} = 0.11 \quad \text{رابطه (۳)}$$

جدول ۵. ماتریس نرمال شده (مؤلفه های کلان C1...C10)

Table 5. Normalized Matrix of the Major Components (C1–C10)

C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	عامل
0/07	0/07	0/04	0/04	0/07	0/04	0/04	0/04	0/11	0	C1
0/07	0/04	0/04	0/04	0/07	0/04	0/04	0/04	0	0/07	C2
0/07	0/07	0/04	0/04	0/11	0/04	0/11	0	0/04	0/04	C3
0/07	0/07	0/04	0/07	0/07	0/07	0	0/11	0/04	0/04	C4
0/07	0/11	0/04	0/04	0/07	0	0/07	0/04	0/04	0/04	C5
0/11	0/11	0/04	0/07	0	0/07	0/11	0/11	0/07	0/11	C6
0/07	0/04	0/04	0	0/07	0/04	0/07	0/04	0/04	0/04	C7
0/04	0/04	0	0/07	0/04	0/04	0/04	0/04	0/04	0/04	C8
0/07	0	0/04	0/04	0/07	0/07	0/04	0/04	0/04	0/07	C9
0	0/04	0/04	0/04	0/04	0/04	0/04	0/04	0/04	0/04	C10

نرمال سازی موجب تغییر جهت یا الگوی کلی روابط نمی شود، بلکه شدت روابط را در مقیاسی یکنواخت قرار می دهد. بر این اساس، حکمرانی داده (C6) همچنان گسترده ترین الگوی اثرگذاری مستقیم را حفظ کرده است. همچنین روابط میان استاندارد داده (C3) و تعامل پذیری سیستم (C4) در ماتریس نرمال شده نیز برجسته باقی مانده اند و بر مکمل بودن این دو مؤلفه تأکید دارند.

مقادیر مربوط به سیاست مالکیت فکری (C1)، اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند (C2) و هویت دیجیتال (C5) نیز نشان می دهد عوامل نهادی و اعتمادساز، در کنار زیرساخت داده، بخشی از پیش نیازهای استقرار را تشکیل می دهند. در مقابل، مقادیر مربوط به هزینه (C8) نسبتاً محدودتر است و نقش آن را بیشتر به عنوان قید اجرایی نشان می دهد. ماتریس نرمال شده مبنای محاسبه اثرات مستقیم و غیرمستقیم و استخراج ماتریس روابط کل در مرحله بعد است.

محاسبه و تفسیر ماتریس روابط کل

در گام بعد، ماتریس روابط کل محاسبه شد. برخلاف ماتریس روابط مستقیم که تنها اثرگذاری اولیه هر مؤلفه بر مؤلفه دیگر را نشان می‌دهد، ماتریس روابط کل شامل مجموع اثرات مستقیم و اثرات غیرمستقیمی است که از طریق مؤلفه‌های واسطه در شبکه انتقال می‌یابند. ماتریس روابط کل T از رابطه زیر محاسبه شد:

$$T = N(I - N)^{-1} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن N ماتریس نرمال شده و I ماتریس همانی است. از نظر مفهومی، این رابطه معادل مجموع سری زیر است:

$$T = N + N^2 + N^3 + \dots \quad \text{رابطه (۵)}$$

بنابراین، هر درایه ماتریس روابط کل نشان می‌دهد یک مؤلفه با در نظر گرفتن تمام مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم تا چه اندازه بر مؤلفه دیگر اثر می‌گذارد.

ماتریس روابط کل حاصل در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶. ماتریس روابط کل (مؤلفه‌های کلان C1...C10)

Table 6. Total-Relation Matrix of the Major Components (C1-C10)

C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	عامل
0/27	0/24	0/18	0/20	0/26	0/20	0/22	0/21	0/27	0/18	C1
0/26	0/21	0/18	0/20	0/25	0/20	0/21	0/21	0/17	0/23	C2
0/27	0/25	0/19	0/21	0/29	0/21	0/29	0/17	0/20	0/21	C3
0/27	0/26	0/19	0/24	0/27	0/24	0/19	0/29	0/20	0/21	C4
0/26	0/29	0/18	0/20	0/26	0/17	0/24	0/21	0/20	0/21	C5
0/30	0/29	0/20	0/25	0/19	0/26	0/29	0/29	0/26	0/29	C6
0/25	0/21	0/18	0/17	0/26	0/20	0/24	0/21	0/20	0/21	C7
0/21	0/20	0/15	0/23	0/21	0/19	0/20	0/20	0/19	0/20	C8
0/26	0/17	0/18	0/21	0/26	0/24	0/23	0/22	0/21	0/24	C9
0/16	0/20	0/18	0/19	0/21	0/19	0/20	0/20	0/19	0/20	C10

عدد ۰/۱۸ در ماتریس روابط کل نشان‌دهنده اثر کل^۱ یک مؤلفه بر مؤلفه دیگر است؛ یعنی مجموع اثر مستقیم و اثرات غیرمستقیم که از مسیرهای واسطه (سایر مؤلفه‌ها) عبور می‌کنند. این ماتریس از روی ماتریس نرمال شده X با رابطه استاندارد دیتمل محاسبه می‌شود:

$$T = X(I - X)^{-1} \quad \text{رابطه (۶)}$$

که از نظر مفهومی معادل سری زیر است:

$$T = X + X^2 + X^3 + \dots \quad \text{رابطه (۷)}$$

بنابراین اگر مقدار $t_{ij} = 0.18$ باشد، به این معناست که مؤلفه C_i بر C_j در کل شبکه، به اندازه ۰/۱۸ اثر می‌گذارد؛ بخشی از این مقدار ناشی از اثر مستقیم x_{ij} است و بخش دیگر ناشی از اثرات غیرمستقیم از مسیرهایی مانند $C_i \rightarrow C_k \rightarrow C_j$

C_j (و مسیرهای طولانی تر) می باشد. به بیان ساده، ۰.۱۸ یک اندازه کمی از شدت اثرگذاری کل C_i بر C_j در شبکه علی است و مبنای استخراج شاخص های D (میزان اثرگذاری) و R (میزان اثرپذیری) قرار می گیرد. نتایج ماتریس روابط کل نشان می دهد حکمرانی داده (C6) در اغلب روابط، میزان اثرگذاری کل بیشتری نسبت به سایر مؤلفه ها دارد. این یافته بیانگر آن است که اثر حکمرانی داده تنها به روابط مستقیم محدود نمی شود، بلکه از طریق مسیرهای واسطه ای نیز به سایر اجزای شبکه منتقل می گردد. در نتیجه، بهبود سیاست های دسترسی، تعیین نقش های داده ای، ممیزی، کنترل های انطباقی و سازوکارهای پاسخ گویی می تواند به صورت زنجیره ای بر استاندارد داده، تعامل پذیری، هویت دیجیتال، امنیت و پذیرش کاربران اثر بگذارد. استاندارد داده (C3) و تعامل پذیری سیستم (C4) نیز در ماتریس روابط کل جایگاه برجسته ای دارند. این دو عامل هسته فنی مدل را تشکیل می دهند و اثرگذاری متقابل و غیرمستقیم آن ها نشان می دهد استقرار پایدار بلاکچین بدون استانداردسازی ساختار و معنای داده و بدون قابلیت اتصال سامانه های دانشگاهی امکان پذیر نیست. هویت دیجیتال (C5) و امنیت (C9) در ماتریس روابط کل نسبت به روابط مستقیم اهمیت بیشتری پیدا می کنند. این وضعیت بیانگر آن است که شکل گیری اعتماد دیجیتال از مسیرهای متعدد و غیرمستقیم حاصل می شود. هویت معتبر، مدیریت نقش ها، کنترل دسترسی و سازوکارهای امنیتی، پیوند میان زیرساخت داده و استفاده واقعی از سامانه را برقرار می کنند. پذیرش کاربران (C10) در شبکه، اثرپذیری قابل توجهی از سایر مؤلفه ها دارد. این موضوع نشان می دهد پذیرش را نمی توان صرفاً از طریق آموزش یا ترغیب کاربران ایجاد کرد؛ بلکه پذیرش پایدار به کیفیت زیرساخت، اعتماد حقوقی، امنیت، سهولت تعامل با سامانه و شفافیت حکمرانی وابسته است. هزینه (C8) نیز همچنان نسبت به عوامل مرکزی شبکه، اثرگذاری کل محدودتری دارد و بیشتر به عنوان عامل تعیین کننده مقیاس و سرعت اجرا قابل تفسیر است.

استخراج شاخص های اثرگذاری، اثرپذیری، برجستگی و علیت

پس از محاسبه ماتریس روابط کل، شاخص های D ، R ، $D + R$ و $D - R$ استخراج شدند. مقدار D از مجموع عناصر هر سطر ماتریس روابط کل به دست می آید و بیانگر میزان اثرگذاری هر مؤلفه بر سایر مؤلفه هاست. مقدار R نیز از مجموع عناصر هر ستون محاسبه می شود و میزان اثرپذیری مؤلفه از سایر اجزای شبکه را نشان می دهد. شاخص $D + R$ میزان برجستگی یا اهمیت شبکه ای مؤلفه را نشان می دهد. هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، مؤلفه در مجموع روابط اثرگذاری و اثرپذیری، حضور و درگیری بیشتری دارد. شاخص $D - R$ نیز نقش علی یا معلولی مؤلفه را مشخص می کند. مقدار مثبت $D - R$ نشان می دهد مؤلفه بیش از آنکه اثر دریافت کند، بر سایر عوامل اثر می گذارد و در گروه علی یا پیشران قرار می گیرد. مقدار منفی نیز بیانگر قرارگیری مؤلفه در گروه معلولی یا اثرپذیر است.

جدول ۷. شاخص های علی-معلولی دیمتل (مؤلفه های کلان C1...C10)

Table 7. DEMATEL Cause-Effect Indices for the Major Components (C1-C10)

عامل	D	R	D+R	D-R
C1	2/23	2/18	4/41	0/05
C2	2/12	2/09	4/21	0/03
C3	2/29	2/21	4/50	0/08
C4	2/35	2/30	4/65	0/05

0/12	4/32	2/10	2/22	C5
0/16	5/08	2/46	2/62	C6
0/03	4/23	2/10	2/13	C7
0/17	3/79	1/81	1/98	C8
-0/10	4/54	2/32	2/22	C9
-0/59	4/43	2/51	1/92	C10

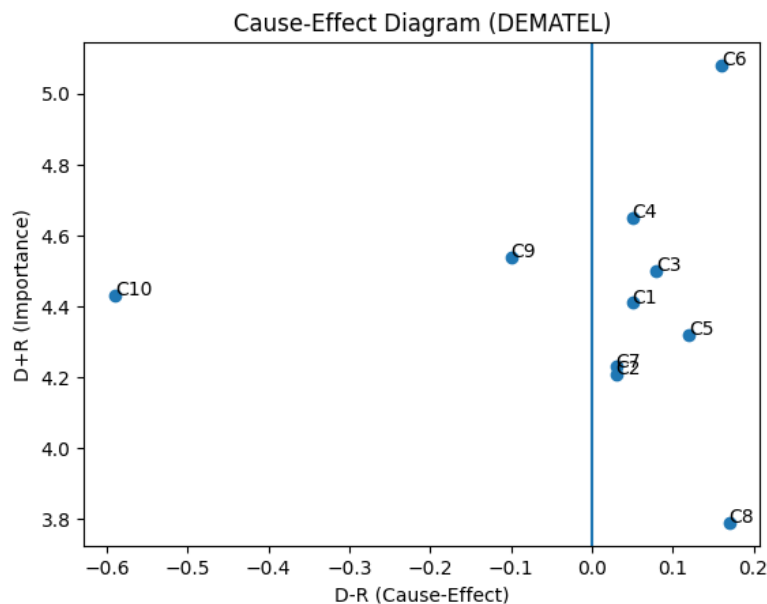
نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد مؤلفه‌های C1 تا C8 دارای مقدار مثبت $D - R$ هستند و در گروه عوامل علی قرار می‌گیرند. در مقابل، امنیت (C9) و پذیرش کاربران (C10) دارای مقدار منفی $D - R$ بوده و در گروه عوامل معلولی جای دارند.

حکمرانی داده (C6) با مقدار $D = 2.62$ ، مقدار $R = 2.46$ ، شاخص برجستگی $D + R = 5.08$ و شاخص علیت $D - R = 0.16$ ، مرکزی‌ترین جایگاه را در شبکه به دست آورده است. این عامل هم از قدرت اثرگذاری بالایی برخوردار است و هم به‌شدت در تعامل با سایر مؤلفه‌ها قرار دارد. از این‌رو، حکمرانی داده مهم‌ترین نقطه آغاز برای مداخلات سیاستی و مدیریتی محسوب می‌شود.

تعامل‌پذیری سیستم (C4) با مقدار $D + R = 4.65$ و استاندارد داده (C3) با مقدار $D + R = 4.50$ ، پس از حکمرانی داده از برجسته‌ترین عوامل شبکه هستند. مثبت‌بودن $D - R$ این دو مؤلفه نشان می‌دهد علاوه بر اهمیت ساختاری، در گروه پیشران‌ها نیز قرار دارند.

امنیت (C9) با مقدار $D + R = 4.54$ از برجستگی بالایی برخوردار است، اما مقدار $D - R = -0.10$ نشان می‌دهد بیش از آنکه یک عامل ریشه‌ای باشد، از کیفیت سایر پیشران‌ها اثر می‌پذیرد. پذیرش کاربران (C10) نیز با مقدار $D - R = -0.59$ ، بیشترین میزان اثرپذیری را در شبکه نشان می‌دهد و به‌عنوان پیامد رفتاری نهایی مدل قابل تفسیر است. هزینه (C8) دارای بیشترین مقدار مثبت $D - R$ ، برابر با ۰/۱۷ است؛ اما مقدار برجستگی آن، یعنی $D + R = 3.79$ ، از سایر عوامل کلیدی کمتر است. بنابراین، بالا بودن اختلاف اثرگذاری و اثرپذیری آن نباید به‌تنهایی به معنای اولویت نخست سیاستی تفسیر شود. هزینه یک عامل علی است، اما بیشتر نقش قید زمینه‌ای و تعیین‌کننده دامنه و سرعت اجرا را دارد؛ درحالی‌که حکمرانی داده، به دلیل ترکیب قدرت پیشرانی و برجستگی بالای شبکه‌ای، نقطه مداخله بنیادی‌تری محسوب می‌شود.

بر اساس مقادیر $D - R$ و $D + R$ ، نمودار علت-معلول مؤلفه‌های کلان ترسیم شد. محور افقی این نمودار شاخص $D - R$ و محور عمودی شاخص $D + R$ را نشان می‌دهد. مؤلفه‌های واقع در سمت راست محور عمودی در گروه علی و مؤلفه‌های واقع در سمت چپ آن در گروه معلولی قرار می‌گیرند. جایگاه عمودی نیز میزان برجستگی هر مؤلفه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نمودار علت-معلول مؤلفه‌های کلان بر اساس روش دیمتل

Figure 1. Cause-Effect Diagram of the Major Components Based on the DEMATEL Method

برای شفاف‌سازی مبنای ترسیم نمودار، مختصات هر مؤلفه در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸. مختصات مؤلفه‌های کلان در نمودار علت-معلول دیمتل بر اساس شاخص‌های $D - R$ و $D + R$

Table 8. Coordinates of the Major Components in the DEMATEL Cause-Effect Diagram Based on the (D-R) and (D+R) Indices

عامل	(D-R) محور افقی	(D+R) محور عمودی
C1	0/05	4/41
C2	0/03	4/21
C3	0/08	4/50
C4	0/05	4/65
C5	0/12	4/32
C6	0/16	5/08
C7	0/03	4/23
C8	0/17	3/79
C9	-0/10	4/54
C10	-0/59	4/43

اعداد ستون $D + R$ (مانند ۴/۴۱) از ماتریس روابط کل به دست آمده‌اند. برای هر مؤلفه C_i ، ابتدا مقدار D_i به صورت جمع مقادیر سطر i در ماتریس روابط کل محاسبه می‌شود که نشان‌دهنده میزان اثرگذاری آن مؤلفه بر سایر مؤلفه‌هاست. سپس مقدار R_i به صورت جمع مقادیر ستون i در همان ماتریس محاسبه می‌شود که بیانگر میزان اثرپذیری مؤلفه از سایر مؤلفه‌هاست. در گام بعد، مقدار $D_i + R_i$ به عنوان شاخص «برجستگی/اهمیت شبکه‌ای» و مقدار $D_i - R_i$ به عنوان شاخص «نقش علی/معلولی» محاسبه و در جدول گزارش می‌شود.

به عنوان نمونه، برای مؤلفه $C1$ ، ابتدا مجموع سطر $C1$ در ماتریس روابط کل برابر D_1 و مجموع ستون $C1$ برابر R_1 محاسبه می‌شود؛ سپس با جمع این دو مقدار، شاخص برجستگی به دست می‌آید:

$$D_1 + R_1 = 4.41$$

رابطه (۸)

به همین ترتیب، اختلاف این دو مقدار نیز نقش علی/معلولی را نشان می‌دهد:

$$D_1 - R_1 = 0.05 \quad \text{رابطه (۹)}$$

این محاسبات برای سایر مؤلفه‌ها نیز به همان روش انجام شده و نتایج در جدول ارائه گردیده است. نمودار علت-معلول نشان می‌دهد حکمرانی داده (C6) در بخش بالایی ناحیه علی قرار دارد و از ترکیب برجستگی و قدرت پیشرانی بالایی برخوردار است. استاندارد داده (C3) و تعامل‌پذیری سیستم (C4) نیز در ناحیه علی و نسبتاً برجسته قرار گرفته‌اند و هسته فنی پیشران مدل را تشکیل می‌دهند.

امنیت (C9) در ناحیه معلولی اما با برجستگی بالا قرار دارد. این جایگاه نشان می‌دهد امنیت یکی از نتایج مهم کیفیت طراحی و اجرای سایر اجزای سیستم است. پذیرش کاربران (C10) نیز در دورترین موقعیت ناحیه معلولی قرار گرفته و بیشترین وابستگی را به کل شبکه دارد. بنابراین، افزایش پذیرش باید پیامد بهبود هماهنگ عوامل نهادی، داده‌ای، حقوقی، فنی و اعتمادساز باشد.

عوامل علی و شدت پیشرانی آن‌ها

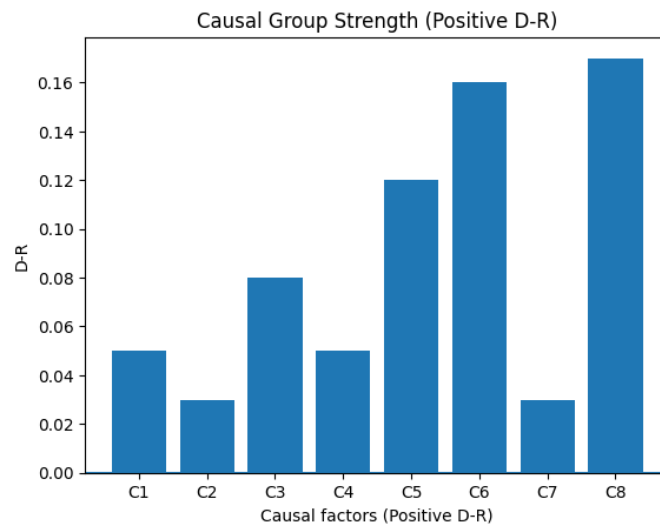
با توجه به مثبت بودن شاخص $D - R$ ، سیاست مالکیت فکری (C1)، اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند (C2)، استاندارد داده (C3)، تعامل‌پذیری سیستم (C4)، هویت دیجیتال (C5)، حکمرانی داده (C6)، مهارت فنی بلاکچین (C7) و هزینه (C8) در گروه عوامل علی قرار گرفتند.

جدول ۹. عوامل علی (D-R مثبت) و شدت پیشرانی

Table 9. Causal Factors with Positive (D-R) Values and Their Driving Strength

D-R	D+R	R	D	عنوان عامل	عامل
0/05	4/41	2/18	2/23	سیاست مالکیت فکری	C1
0/03	4/21	2/09	2/12	اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند	C2
0/08	4/50	2/21	2/29	استاندارد داده	C3
0/05	4/65	2/30	2/35	تعامل‌پذیری سیستم	C4
0/12	4/32	2/10	2/22	هویت دیجیتال	C5
0/16	5/08	2/46	2/62	حکمرانی داده	C6
0/03	4/23	2/10	2/13	مهارت فنی	C7
0/17	3/79	1/81	1/98	هزینه	C8

به‌منظور تکمیل تفسیر گروه علی، علاوه بر تعیین علامت $D - R$ ، شدت پیشرانی هر مؤلفه نیز بر اساس مقدار $D - R$ قابل مقایسه است؛ به این معنا که هرچه مقدار $D - R$ بزرگ‌تر باشد، نقش آن مؤلفه به‌عنوان عامل محرک و اثرگذار در شبکه روابط قوی‌تر است. از سوی دیگر، مقدار $D + R$ میزان برجستگی/اهمیت شبکه‌ای مؤلفه را نشان می‌دهد و بیانگر این است که آن مؤلفه تا چه حد در کل تعاملات شبکه (اثرگذاری و اثرپذیری) درگیر است. برای ارائه تصویری روشن‌تر و امکان مقایسه سریع مؤلفه‌ها، نمودار زیر مقدار $D - R$ را برای مؤلفه‌های گروه علی نمایش می‌دهد تا هم شدت پیشرانی و هم تفاوت نسبی عوامل محرک در نگاه اول قابل مشاهده باشد.



شکل ۲. شدت پیشرانی عوامل علی (مقادیر D-R مثبت)

Figure 2. Driving Strength of the Causal Factors with Positive (D-R) Values

مقایسه عوامل علی نشان می‌دهد هزینه (C8) با مقدار $D - R = 0.17$ و حکمرانی داده (C6) با مقدار $D - R = 0.16$ ، بیشترین اختلاف میان اثرگذاری و اثرپذیری را دارند. با این حال، تفسیر سیاستی عوامل نباید صرفاً بر مقدار $D - R$ متکی باشد. شاخص $D + R$ نیز باید در نظر گرفته شود؛ زیرا میزان مرکزیت و درگیری عامل در کل شبکه را نشان می‌دهد. بر این اساس، حکمرانی داده به دلیل برخورداری هم‌زمان از پیشرانی بالا و بیشترین برجستگی شبکه‌ای، اولویت نخست مداخله است.

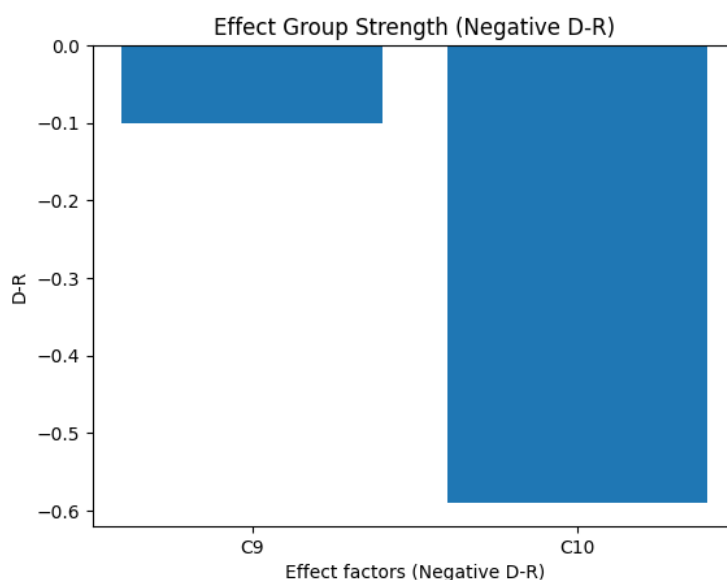
پس از حکمرانی داده، استاندارد داده و تعامل‌پذیری سیستم باید به صورت یک بسته فنی یکپارچه مورد توجه قرار گیرند. مداخله در یکی از این دو عامل بدون تقویت دیگری، احتمالاً اثر محدودی خواهد داشت. استاندارد داده، قواعد ساختار، معنا، کیفیت و تبادل اطلاعات را فراهم می‌کند و تعامل‌پذیری، امکان جریان یافتن این داده‌ها میان سامانه‌های پژوهشی، آموزشی، ارتقا، مالکیت فکری و انتقال فناوری را ایجاد می‌کند.

هویت دیجیتال (C5) نیز با مقدار $D - R = 0.12$ ، پیشران اعتماد عملیاتی است. استقرار سازوکارهای احراز هویت معتبر، مدیریت نقش، امضای دیجیتال و ثبت انتساب، امکان اتکا به سوابق ثبت شده در بلاکچین را افزایش می‌دهد. سیاست مالکیت فکری (C1) و اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند (C2) نیز پیشران‌های نهادی و حقوقی‌اند و زمینه رسمی‌شدن کاربردهای بلاکچین در ثبت تقدم، واگذاری حقوق، مجوزدهی و تقسیم منافع را فراهم می‌کنند.

مهارت فنی بلاکچین (C7) نقش توانمندساز دارد. اگرچه مقدار پیشرانی و برجستگی آن از حکمرانی داده یا تعامل‌پذیری کمتر است، نبود دانش و توان اجرایی می‌تواند پیاده‌سازی مؤثر سایر سیاست‌ها و زیرساخت‌ها را مختل کند. هزینه نیز باید از طریق مرحله‌بندی پروژه، انتخاب دامنه پایلوت و طراحی مدل تأمین مالی پایدار مدیریت شود، اما نباید جایگزین اصلاحات بنیادی حکمرانی و زیرساخت داده شود.

عوامل معلولی و شدت اثرپذیری آن‌ها

امنیت (C9) و پذیرش کاربران (C10) دارای مقادیر منفی $D - R$ هستند و در گروه عوامل معلولی قرار می‌گیرند. این دو مؤلفه بیش از آنکه علت‌های ریشه‌ای استقرار باشند، پیامد کیفیت و هماهنگی عوامل پیشران هستند.



شکل ۳. شدت اثرپذیری عوامل معلولی (D-R منفی)

Figure 3. Dependence Intensity of the Effect Factors with Negative (D-R) Values

امنیت با مقدار $D - R = -0.10$ ، عاملی معلولی اما از نظر شبکه‌ای برجسته است. این یافته نشان می‌دهد امنیت صرفاً نتیجه انتخاب ابزارهای فنی نیست، بلکه به بلوغ حکمرانی داده، استانداردها، تعامل‌پذیری، هویت دیجیتال، کنترل دسترسی و انطباق حقوقی وابسته است. در نتیجه، اجرای کنترل‌های امنیتی بدون اصلاح زیرساخت‌های حکمرانی و داده، احتمالاً به امنیت پایدار منجر نخواهد شد.

پذیرش کاربران با مقدار $D - R = -0.59$ ، بیشترین اثرپذیری را دارد. این وضعیت نشان می‌دهد پذیرش کاربران خروجی رفتاری کل شبکه است. کاربران زمانی به استفاده پایدار از سامانه تمایل پیدا می‌کنند که سامانه از نظر حقوقی معتبر، از نظر امنیتی قابل اعتماد، از نظر کارکردی مفید، از نظر داده‌ای منسجم و از نظر تعامل با فرایندهای دانشگاهی قابل استفاده باشد. بنابراین، آموزش و اطلاع‌رسانی به‌تنهایی نمی‌تواند ضعف عوامل ریشه‌ای را جبران کند.

ترجمان اجرایی نتایج علی-معلولی

برای تبدیل یافته‌های دیمتل به اولویت‌های قابل اجرا، هر مؤلفه کلان به شاخص عملیاتی متناظر خود نگاشت شد. از آنجاکه شاخص‌های A1 تا A10 تعاریف اجرایی مؤلفه‌های C1 تا C10 هستند، محاسبات D ، $D + R$ و $D - R$ برای آن‌ها تکرار نشده است. در عوض، نقش علی یا معلولی و میزان برجستگی هر مؤلفه، مبنای تعیین نوع و اولویت اقدامات اجرایی قرار گرفت.

جدول ۱۰. ترجمان اجرایی نتایج علی-معلولی مؤلفه‌های کلان به شاخص‌های عملیاتی متناظر

Table 10. Operational Translation of the Cause-Effect Results of the Major Components into the Corresponding Operational Indicators

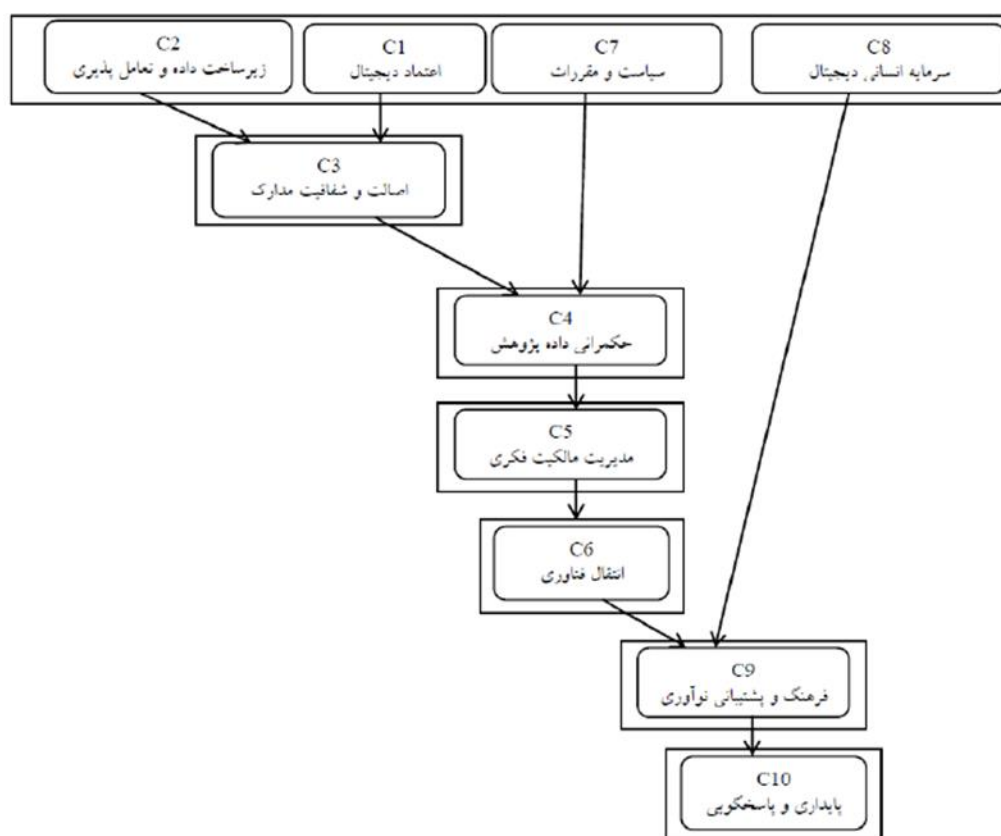
مؤلفه کلان	نقش در مدل	شاخص عملیاتی متناظر	اثرها و اقدامات اجرایی
C1: سیاست مالکیت فکری	پیشران نهادی	A1: سیاست مالکیت فکری	تدوین آیین‌نامه افشا و ثبت تقدم؛ شفاف‌سازی فرایند ارزیابی، حفاظت، انتقال و مجوزدهی؛ تعیین واحد مسئول و سازوکار حل اختلاف
C2: اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند	پیشران حقوقی	A2: اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند	تدوین الگوهای قراردادی؛ تعیین اعتبار امضا و سند دیجیتال؛ پیش‌بینی داوری و قابلیت استناد قراردادها و مجوزهای هوشمند
C3: استاندارد داده	پیشران فنی کلیدی	A3: استاندارد داده	تدوین استانداردهای داده و فراداده؛ ایجاد واژگان کنترل‌شده؛ تعیین قواعد کیفیت و استانداردسازی قالب‌های ذخیره‌سازی و تبادل
C4: تعامل‌پذیری سیستم	پیشران فنی کلیدی	A4: تعامل‌پذیری سیستم	توسعه رابط‌های برنامه‌نویسی و وب‌سرویس؛ اتصال سامانه‌های پژوهش، آموزش، ارتقا، مالکیت فکری و انتقال فناوری
C5: هویت دیجیتال	پیشران اعتمادساز	A5: هویت دیجیتال	استقرار ورود یکپارچه، زیرساخت کلید عمومی، احراز هویت چندعاملی، مدیریت نقش‌ها و امضای دیجیتال
C6: حکمرانی داده	پیشران مرکزی	A6: حکمرانی داده	تعیین مالک و متولی داده؛ تدوین قواعد دسترسی، اشتراک‌گذاری و نگهداشت؛ طبقه‌بندی داده؛ ثبت رخدادهای ممیزی و کنترل انطباق
C7: مهارت فنی بلاکچین	پیشران توانمندساز	A7: مهارت فنی بلاکچین	تشکیل تیم تخصصی؛ آموزش کاربران و کارشناسان؛ توسعه توان طراحی قرارداد هوشمند؛ مستندسازی و انتقال دانش
C8: هزینه	قید اجرایی علی	A8: هزینه	برآورد هزینه کل مالکیت؛ تعیین بودجه؛ اجرای مرحله‌ای؛ انتخاب پایلوت و طراحی مدل تأمین مالی پایدار
C9: امنیت	عامل معلولی و واسطه‌ای	A9: امنیت	مدیریت کلید، کنترل دسترسی، ثبت و پایش رخداد، آزمون نفوذ و تدوین برنامه پاسخ به حادثه
C10: پذیرش کاربران	پیامد رفتاری نهایی	A10: پذیرش کاربران	مشارکت کاربران در طراحی، اجرای پایلوت، آموزش، پشتیبانی، بهبود تجربه کاربری و تبیین منافع سامانه

نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد مسیر اجرایی استقرار باید از عوامل ریشه‌ای آغاز شود. در مرحله نخست، دانشگاه باید حکمرانی داده را از طریق تعیین نقش‌ها، قواعد دسترسی، ممیزی، پاسخ‌گویی و کنترل‌های انطباقی تقویت کند. هم‌زمان، استانداردهای داده و فراداده و معماری تعامل‌پذیر سامانه‌ها باید توسعه یابد.

در مرحله دوم، مقررات مالکیت فکری و اعتبار حقوقی قراردادهای هوشمند باید شفاف شود تا کاربردهایی مانند ثبت تقدم اثر، رهگیری انتقال حقوق، مجوزدهی و تسهیم منافع قابلیت استناد و اجرا پیدا کنند. در مرحله سوم، هویت دیجیتال، توان فنی، کنترل‌های امنیتی و زیرساخت‌های پشتیبان توسعه می‌یابد. در مرحله چهارم، اجرای پایلوت، مشارکت کاربران، آموزش و بهبود تجربه کاربری می‌تواند به افزایش پذیرش و نهادینه‌شدن سامانه منجر شود.

مدل نهایی استقرار بلاکچین در دانشگاه‌ها

بر مبنای ماتریس روابط کل و شاخص‌های $D + R$ و $D - R$ ، مسیرهای غالب اثرگذاری میان مؤلفه‌های کلان استخراج و در قالب مدل نهایی ارائه شد. در این مدل، عوامل پیشران در ابتدای زنجیره و عوامل اثرپذیر در انتهای آن قرار گرفته‌اند. شاخص‌های عملیاتی ذیل مؤلفه‌های متناظر قابل تفسیرند و نشان می‌دهند هر یافته علی از طریق چه سیاست، فرایند، زیرساخت یا اقدام مدیریتی می‌تواند عملیاتی شود.



شکل ۴. مدل نهایی استقرار بلاکچین در دانشگاه‌ها: مسیرهای علی استخراج شده از دیمتل فازی

Figure 4. Final Model of Blockchain Deployment in Universities: Causal Pathways Derived from Fuzzy DEMATEL

مدل نهایی نشان می‌دهد استقرار بلاکچین باید از تقویت حکمرانی داده و زیرساخت‌های استاندارد و تعامل‌پذیر آغاز شود. اصلاح سیاست‌های مالکیت فکری، اعتباربخشی حقوقی قراردادهای هوشمند، توسعه هویت دیجیتال و تقویت مهارت‌های فنی، پیشران‌های مکمل این فرایند هستند. امنیت در این ساختار، پیامد کیفیت طراحی و اجرای عوامل

پیشین و درعین حال یکی از واسطه‌های اصلی شکل‌گیری اعتماد است. پذیرش کاربران نیز در انتهای زنجیره قرار دارد و حاصل عملکرد هماهنگ مجموعه عوامل نهادی، حقوقی، داده‌ای، فنی و انسانی است. بنابراین، منطق کلی یافته‌ها حرکت از «علت‌ها» به «پیامدها» است. تمرکز مستقیم و منفرد بر امنیت یا پذیرش، بدون اصلاح حکمرانی داده، استانداردها، تعامل‌پذیری و چارچوب‌های حقوقی، نمی‌تواند به استقرار پایدار بلاکچین در محیط دانشگاهی منجر شود.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل دیمتل و نقشه علت-معلول نشان داد عوامل مؤثر بر استقرار بلاکچین در مدیریت مالکیت فکری دانشگاهی ماهیتی شبکه‌ای و به‌هم‌وابسته دارند؛ به این معنا که هیچ عامل منفردی به‌تنهایی تعیین‌کننده نیست و اثرگذاری‌ها از مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم در کل شبکه منتشر می‌شود. بر اساس شاخ D-R، مؤلفه‌ها/شاخص‌ها به دو گروه علی (پیشران) و معلولی (پیامدی) تفکیک شدند؛ به‌گونه‌ای که مجموعه‌ای از عوامل نهادی-زیرساختی در گروه علی قرار گرفتند و در مقابل، برخی خروجی‌های رفتاری/کارکردی (به‌ویژه پذیرش کاربران) عمدتاً در گروه معلولی ظاهر شدند. همچنین بر اساس شاخص D+R (برجستگی شبکه‌ای)، میزان درگیری هر عامل در تعاملات شبکه مشخص شد و نشان داد برخی مؤلفه‌ها هم‌زمان اهمیت شبکه‌ای بالا و نقش پیشران دارند؛ یعنی نقاط شروع مناسب‌تری برای مداخله و اولویت اقدام هستند.

در سطح مؤلفه‌های کلان، حکمرانی داده برجسته‌ترین جایگاه را در شبکه کسب کرد؛ به این معنا که هم از منظر برجستگی شبکه‌ای (D+R بالا) و هم از منظر نقش علی ($D-R > 0$) در میان مؤلفه‌های اثرگذار قرار گرفت. تفسیر این یافته آن است که استقرار بلاکچین در دانشگاه، پیش از آنکه مسئله «پیاده‌سازی یک فناوری» باشد، مسئله «قابلیت حکمرانی بر داده» است؛ زیرا بدون قواعد روشن دسترسی، کیفیت، مسئولیت‌پذیری، ممیزی و کنترل‌های انطباقی، کارکردهای دفترکل توزیع‌شده (ثبت تغییرناپذیر، ردگیری و ممیزی‌پذیری) به اعتماد نهادی پایدار تبدیل نمی‌شوند. بنابراین، اگر هدف نهایی ارتقای امنیت، اعتماد و پذیرش باشد، منطق دیمتل نشان می‌دهد نقطه آغاز باید تقویت حکمرانی داده و سازوکارهای اجرایی آن باشد، نه تمرکز صرف بر لایه فناوری.

در لایه فنی، نتایج دیمتل نشان داد استاندارد داده و تعامل‌پذیری/یکپارچه‌سازی سامانه‌ها به‌صورت هم‌افزا عمل می‌کنند و در شبکه روابط، نقش پیشران دارند. این نتیجه بیانگر آن است که استانداردسازی بدون تعامل‌پذیری، به جریان پایدار تبادل داده میان سامانه‌های دانشگاهی منجر نمی‌شود و تعامل‌پذیری نیز بدون استانداردهای داده/فرا داده، کیفیت و قابلیت اتکای تبادل را کاهش می‌دهد. از منظر اجرایی، این بدان معناست که سیاست‌گذاری برای استقرار بلاکچین باید هم‌زمان دو مسیر را پیش ببرد: (۱) استانداردهای داده/فرا داده و قواعد کیفیت، و (۲) معماری اتصال و تبادل داده میان سامانه‌های دانشگاهی (نظیر سامانه پژوهش، آموزش، ارتقا/ترقیع و سامانه‌های مرتبط با مالکیت فکری).

از منظر نهادی-حقوقی، نتایج نشان داد سیاست مالکیت فکری و اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند در گروه پیشران‌ها قرار می‌گیرند. این یافته نشان می‌دهد شفافیت و انسجام مقررات، همراه با رسمیت و استنادپذیری سازوکارهای حقوقی قراردادهای هوشمند، «اطمینان نهادی» لازم برای اجرای رویه‌های جدید (ثبت تقدم اثر، ردگیری زنجیره انتقال حقوق،

مجوزدهی و تسهیم منافع) را فراهم می‌کند. بنابراین، حتی اگر زیرساخت فنی آماده باشد، نبود چارچوب حقوقی - نهادی روشن می‌تواند مسیر نهادینه‌سازی را کند یا متوقف کند؛ در نتیجه اصلاحات حقوقی/فرایندی باید به‌عنوان بخشی از نقشه راه استقرار دیده شود، نه یک اقدام حاشیه‌ای.

در سوی دیگر، امنیت و به‌ویژه پذیرش کاربران عمده‌تاً در جایگاه عوامل معلولی قرار گرفتند ($D-R < 0$)؛ یعنی این دو بیش از آنکه با یک مداخله منفرد و مستقیم پایدار شوند، پیامد بهبود پیشران‌ها هستند. تفسیر کاربردی این نتیجه آن است که امنیت و پذیرش زمانی پایدار می‌شوند که حکمرانی داده، استاندارد و تعامل‌پذیری، هویت دیجیتال و انطباق نهادی هم‌زمان تقویت شوند؛ در غیر این صورت، حتی اگر راهکار بلاکچینی از نظر فنی عملیاتی باشد، الزاماً به پذیرش و نهادینه‌سازی در محیط دانشگاه منجر نمی‌شود. به بیان ساده، نقشه علت-معلول دیمتل نشان می‌دهد پذیرش کاربران «خروجی رفتاری شبکه» است و برای بهبود آن باید ابتدا روی پیشران‌های نهادی-زیرساختی سرمایه‌گذاری کرد.

از نظر هم‌سویی با ادبیات، الگوی به‌دست‌آمده با این برداشت کلان سازگار است که استقرار بلاکچین یک فرایند چندپیش‌نیاز و شبکه‌ای است و موفقیت آن وابسته به هم‌تکاملی زیرساخت داده، تعامل‌پذیری سامانه‌ها، انطباق نهادی/حقوقی و پذیرش سازمانی است (تریلمایر، ۲۰۱۸؛ کاسینو و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین هم‌راستایی نتایج با مطالعات دیمتل فازی در حوزه بلاکچین قابل مشاهده است؛ زیرا آن مطالعات نیز نشان می‌دهند برخی عوامل ریشه‌ای نقش پیشران دارند و از طریق اثرات زنجیره‌ای بر سایر عوامل اثر می‌گذارند (سینگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ گوان و همکاران، ۲۰۲۳؛ کویسون و همکاران، ۲۰۲۴؛ یوان و همکاران، ۲۰۲۴). با این حال، تمایز کلیدی یافته حاضر در بستر دانشگاهی آن است که «حکمرانی داده» در نقش یک پیشران مرکزی پررنگ‌تر ظاهر می‌شود؛ زیرا داده پژوهش و مالکیت فکری هم‌زمان با حساسیت‌های اخلاقی/حقوقی و الزامات پاسخ‌گویی بین‌واحدی همراه است.

بر مبنای این تفسیر، دلالت‌های مدیریتی پژوهش روشن است: نخست، نقشه راه استقرار باید «از پیشران‌ها به پیامدها» طراحی شود؛ یعنی اگر هدف افزایش امنیت و پذیرش است، نقطه شروع باید تقویت حکمرانی داده (سیاست‌های دسترسی، نقش‌ها، ممیزی و کنترل‌های انطباقی) باشد. دوم، سرمایه‌گذاری هم‌زمان بر استاندارد داده و تعامل‌پذیری سامانه‌ها ضروری است؛ زیرا بدون معماری داده و قابلیت تبادل، بسیاری از کارکردهای بلاکچین در ردیابی دارایی‌های دانشی و شفافیت فرایندهای IP عملیاتی نمی‌شود. سوم، بسته اصلاحات نهادی باید شامل بازنگری مقررات مالکیت فکری و تدوین/پذیرش سازوکار حقوقی قراردادهای هوشمند باشد تا اطمینان نهادی لازم برای اجرای فرایندهای مجوزدهی و تسهیم منافع فراهم شود. چهارم، برنامه‌های امنیت، هویت دیجیتال و توانمندسازی مهارت‌های فنی باید به‌عنوان اقدامات مکمل دنبال شوند، اما اثربخشی آن‌ها زمانی بیشینه است که بر بستر حکمرانی داده و زیرساخت داده/تعامل‌پذیری استوار باشند. در نهایت، پیام کلان این است که «پذیرش کاربران» با اقدامات مقطعی و صرفاً فناورانه پایدار نمی‌شود؛ بلکه محصول یک فرایند مرحله‌ای و شبکه‌ای است که از بلوغ حکمرانی و زیرساخت داده آغاز می‌شود و سپس به استقرار سازوکارهای ممیزی‌پذیر و کاربردهای مالکیت فکری و انتقال فناوری می‌رسد.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد استقرار فناوری بلاکچین برای مدیریت مالکیت فکری در دانشگاه‌ها پدیده‌ای تک‌عاملی نیست و ساختاری شبکه‌ای دارد؛ به‌گونه‌ای که برخی مؤلفه‌ها نقش پیشران و برخی نقش پیامدی ایفا می‌کنند.

بر مبنای تحلیل دیمتل فازی، «حکمرانی داده» در کانون روابط علی قرار گرفت و به عنوان مهم ترین اهرم اثرگذار شناسایی شد؛ بنابراین تقویت سیاست ها و سازوکارهای مدیریت داده، کنترل دسترسی، ممیزی، نظارت و انطباق داده های پژوهشی می تواند به صورت زنجیره ای سایر ابعاد را تحت تأثیر قرار دهد. در سطح فنی، «استاندارد داده» و «تعامل پذیری/یکپارچه سازی سامانه ها» به صورت یک خوشه هم افزا ظاهر شدند و نشان دادند بدون استانداردسازی ساختار/فراداده و بدون قابلیت تبادل میان سامانه های دانشگاهی، کارکردهای بلاکچین (ثبت تغییرناپذیر، ردیابی و ممیزی پذیری) به سطح عملیاتی پایدار نمی رسد. در بعد نهادی نیز «سیاست مالکیت فکری» و «اعتبار حقوقی قرارداد هوشمند» در جایگاه پیشران های مکمل قرار گرفتند و دلالت کردند که اعتماد نهادی و قابلیت اجرای حقوقی، شرط لازم برای تبدیل ظرفیت فناورانه به کاربست واقعی در محیط دانشگاهی است. در مقابل، «امنیت» و به ویژه «پذیرش کاربران» عمدتاً در گروه پیامدی قرار گرفتند؛ یعنی این دو مؤلفه بیش از آنکه با مداخله منفرد بهبود یابند، حاصل تقویت پیشران های حکمرانی، زیرساخت داده و انطباق حقوقی هستند.

این نتایج با مسیر غالب ادبیات بلاکچین همسو است که استقرار این فناوری را فرایندی چندپیش نیاز و به هم وابسته می داند و بر ضرورت استانداردسازی، تعامل پذیری، انطباق نهادی/حقوقی و پذیرش سازمانی تأکید می کند (تریلمایر، ۲۰۱۸؛ کاسینو و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین با مطالعات مبتنی بر دیمتل فازی هم راستا است که نشان می دهند عوامل ریشه ای می توانند اثرات زنجیره ای بر سایر عوامل بگذارند و سیاست گذاری مرحله بندی شده باید بر پیشران ها متمرکز شود (سینگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ گوان و همکاران، ۲۰۲۳؛ کویسون و همکاران، ۲۰۲۴؛ یوان و همکاران، ۲۰۲۴). با این حال، یافته های این پژوهش در بستر دانشگاهی یک تأکید مهم را پررنگ تر می سازد: «حکمرانی داده» نه صرفاً یکی از عوامل، بلکه محور اصلی اعتماد و قابلیت اجرا در پیوند همزمان «داده پژوهش» و «مالکیت فکری» است؛ موضوعی که در بسیاری از مطالعات آموزش عالی، که عمدتاً بر کاربردها و ظرفیت های بلاکچین متمرکز بوده اند، کمتر به صورت علی و کمی سازی شده نشان داده شده است.

بر این اساس، سهم و نوآوری پژوهش حاضر در دو سطح قابل بیان است: نخست، به جای ارائه فهرست عوامل یا توصیف مزایا، ساختار علی عوامل استقرار بلاکچین را در محیط دانشگاهی کمی سازی و ترسیم کرده و نشان داده است مسیر اثرگذاری از پیشران های حکمرانی/نهادی و زیرساخت های داده ای آغاز می شود و سپس به پیامدهای رفتاری و اجرایی (امنیت و پذیرش) منتهی می گردد. دوم، با طراحی دو سطحی (کلان و عملیاتی)، نتایج پژوهش علاوه بر تفسیر راهبردی، قابلیت تبدیل به «اهرم های اجرایی» و اولویت بندی اقدام را نیز فراهم کرده است؛ به گونه ای که سیاست گذار دانشگاهی می تواند بداند کدام مداخله ها نقطه شروع مؤثرتری دارند و چگونه اثرات غیرمستقیم در شبکه فعال می شود.

بر پایه این نتایج، توصیه می شود دانشگاه ها برای پیاده سازی موفق سامانه های مبتنی بر بلاکچین در مدیریت مالکیت فکری، یک نقشه راه مرحله ای تدوین کنند که از «تقویت حکمرانی داده» آغاز شود و شامل تعریف نقش ها و مسئولیت ها، قواعد دسترسی و اشتراک گذاری داده، سازوکارهای ممیزی و پاسخ گویی و کنترل های انطباقی باشد. همزمان، سرمایه گذاری در استانداردهای داده و فراداده و توسعه لایه های تعامل پذیری میان سامانه های موجود دانشگاهی و

سامانه‌های جدید ضروری است تا جریان داده معتبر و قابل اتکا برقرار شود. در بعد حقوقی-نهادی، بازنگری و شفاف‌سازی مقررات مالکیت فکری و فراهم‌سازی بستر حقوقی استفاده از قراردادهای هوشمند—به‌ویژه در ثبت تقدم اثر، ردیابی زنجیره انتقال حقوق، مجوزدهی و تقسیم منافع—به‌عنوان اقدام‌های کلیدی توصیه می‌شود. در نهایت، هویت دیجیتال، امنیت و توانمندسازی مهارت‌های فنی باید به‌عنوان اقدامات پشتیبان دنبال شوند، با این تأکید که اثربخشی پایدار آن‌ها زمانی محقق می‌شود که بر بستر حکمرانی داده و زیرساخت داده/تعامل‌پذیری استوار باشند.

با وجود دستاوردهای پژوهش، محدودیت‌هایی نیز وجود دارد: داده‌ها مبتنی بر قضاوت خبرگان است و نتایج می‌تواند از ترکیب و تجربه خبرگان اثر بپذیرد؛ همچنین مطالعه حاضر مقطعی است و پویایی تغییرات نهادی/فناورانه در طول زمان را به‌طور کامل بازنمایی نمی‌کند. افزون بر این، تمرکز بر مجموعه مؤلفه‌های منتخب ممکن است همه تفاوت‌های زمینه‌ای میان دانشگاه‌ها را پوشش ندهد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با مطالعات میدانی چندموردی در دانشگاه‌های مختلف، آزمون بیرونی مدل را تقویت کنند؛ همچنین ترکیب دیمتل با روش‌های مکمل (مانند رویکردهای شبکه‌ای پویا یا مدل‌سازی‌های ساختاری در صورت دسترسی به داده‌های پیمایشی مناسب) می‌تواند تصویر دقیق‌تری از مسیرهای اثرگذاری ارائه دهد. توسعه شاخص‌های مبتنی بر داده‌های واقعی (کیفیت داده، رخدادهای امنیتی، الگوهای استفاده و تجربه کاربری) و اجرای تحلیل‌های طولی نیز می‌تواند گذار از سطح ادراکی به سطح شواهد تجربی را تسهیل کند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

بنا به اظهار نویسندگان، تمامی اصول اخلاقی در مقاله رعایت شده است.

تعارض منافع

تعارض منافی در خصوص مقاله وجود ندارد.

حامی مالی

نویسنده در تدوین مقاله از هیچ شخص یا نهادی وجهی دریافت نکرده است.

References

- Ajalli, M. (2024). Using an intelligent system based on blockchain technology to manage higher education. *Modern Research in Performance Evaluation*, 2(4), 227–239. [doi: 10.22105/mrpe.2024.459403.1099](https://doi.org/10.22105/mrpe.2024.459403.1099). (in Persian)
- Alirezaei, H., Kazemi, M., Mehraeen, M. and Ghanbari, R. (2025). Identification and modeling of indicators affecting the transparency of the blockchain-based supply chain in Iran's petrochemical industry. *Strategic Studies in the Oil and Energy Industry*, 17(65), 1–20. (in Persian)
- Alqarni, A. (2024). A blockchain-based solution for transparent intellectual property rights management: Smart contracts as enablers. *Kybernetes. Advance online publication*. <https://doi.org/10.1108/K-04-2024-1074>
- Bernardo, B. M. V., São Mamede, H., Barroso, J. M. P., & Duarte dos Santos, V. M. P. (2024). Data governance & quality management—Innovation and breakthroughs across different fields. *Journal of Innovation & Knowledge*, 9(4), 100598. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100598>

- Cardenas-Quispe, M. A., & Pacheco, A. (2025). Blockchain ensuring academic integrity with a degree verification prototype. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93913-6>
- Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, 36, 55–81. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>
- Chen, F., Vandchali, H. R., Shi, W., Koushan, M., & Jain, V. (2024). Evaluating the barriers of blockchain adoption in the Australian logistics industry. *Enterprise Information Systems*, 18(9), 2397633. <https://doi.org/10.1080/17517575.2024.2397633>
- Chen, G., Xu, B., Lu, M., & Chen, N.-S. (2018). Exploring blockchain technology and its potential applications for education. *Smart Learning Environments*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.1186/s40561-017-0050-x>
- Chrysafis, K. A. (2025). F-DeNETS: A Hybrid Methodology for Complex Multi-Criteria Decision-Making Under Uncertainty. *Systems*, 13(11), 1019. <https://doi.org/10.3390/systems13111019>
- Di Francesco Maesa, D., Loporchio, M., & Tietze, F. (2025). Privacy-preserving and automated intellectual property license agreements over heterogeneous blockchain networks. *Blockchain: Research and Applications*, 6(3), 100288. <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2025.100288>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Fatollahzadeh, F., Hariri, N., Sajedinejad, A., Babalhavaeji, F. and Pournaghi, R. (2024). Identifying the components of data governance in the organizational context: A metasynthesis of texts. *Sciences and Techniques of Information Management*, 10(3), 101–130. doi: 10.22091/stim.2022.7660.1705. (in Persian)
- Ghasemi, N. (2024). Application of blockchain technology in the verification of learning and digital credentials. *Journal of Intelligent Learning and Management Transformation*, 2(3), 1–12. (in Persian)
- Gheyassi, A., Alambeigi, A., Rezvanfar, A., Hosseini, S. M. and Pishbin, S. A. (2022). Explaining the structural relationships among the components of essential soft skills in agricultural students: An application of fuzzy DEMATEL analysis. *Agricultural Education Administration Research*, 14(60), 33–47. doi: 10.22092/jaeear.2022.357292.1873. (in Persian)
- Guan, P., Wood, L. C., Wang, J. X., & Duong, L. N. K. (2023). Barriers to blockchain adoption in the seaport industry: A fuzzy DEMATEL analysis. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 20(12), 20995–21031. <https://doi.org/10.3934/mbe.2023929>
- Hauck, R. (2021). Blockchain, smart contracts and intellectual property: Using distributed ledger technology to protect, license and enforce intellectual property rights. *Legal Issues in the Digital Age*, (1), 17–41. <https://doi.org/10.17323/2713-2749.2021.1.17.41>
- Jamali, F., Safaei Qadiklai, A. and Fallah Lajimi, H. (2023). Providing a structural model for blockchain implementation in the dairy products industry. *New Approaches in Management and Marketing*, 2(1), 117–134. doi: 10.22034/jnamm.2023.423516.1030. (in Persian)
- Li, C.-W., & Tzeng, G.-H. (2009). Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm. *Expert Systems with Applications*, 36(6), 9891–9898. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.01.073>
- Malek, H. (2022). Legal investigation of the role of blockchain in smart contracts in the field of intellectual property. *The Quarterly Journal of Interdisciplinary Legal Research*, 3(2), 67–83. (in Persian)

- Odebrecht, C. (2025). Research Data Governance: The Need for a System of Cross-organisational Responsibility for the Researcher's Data Domain. *Data Science Journal*, 24, 12. DOI: [10.5334/dsj-2025-012](https://doi.org/10.5334/dsj-2025-012)
- Pilevari Salmasi, N., Jeihouni, M. and Kasraei, A. H. (2021). Investigating the challenges of blockchain technology adoption in the sustainable supply chain of the automotive industry using a hybrid fuzzy DEMATEL and structural equation modeling approach. *Quantitative Studies in Management*, 12(44), 139–186. (in Persian)
- Quayson, M., Bai, C., Sarkis, J., & Hossin, M. A. (2024). Evaluating barriers to blockchain technology for sustainable agricultural supply chain: A fuzzy hierarchical group DEMATEL approach. *Operations Management Research*, 17(2), 728–753. <https://doi.org/10.1007/s12063-024-00443-x>
- Razaque, A., Amanzholova, S., Mutanov, G., Ussatova, O., Farhad, M. A., Kistaubayev, Y., Kamilla, S., & Adilzhan, K. (2025). An anti-corruption system for academic achievement verification in kazakhstan higher education using blockchain and artificial intelligence. *Frontiers in Blockchain*, 8, 1683522. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2025.1683522>
- Sadeghi, M., Molapanah, S. and Safari, M. (2023). Application of blockchain in protecting intellectual property rights and its practical dimensions. *Private Law*, 20(1), 31–44. doi: [10.22059/jolt.2023.358036.1007195](https://doi.org/10.22059/jolt.2023.358036.1007195). (in Persian)
- Sharples, M., & Domingue, J. (2016). The blockchain and kudos: A distributed system for educational record, reputation and reward. In *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 9891, pp. 490–496). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_48
- Siegel, D. S., Veugelers, R., & Wright, M. (2007). Technology transfer offices and commercialization of university intellectual property: performance and policy implications. *Oxford Review of Economic Policy*, 23(4), 640–660. DOI: [10.1093/oxrep/grm036](https://doi.org/10.1093/oxrep/grm036)
- Singh, A. K., Kumar, V. R. P., Dehdasht, G., Mohandes, S. R., Manu, P., & Pour Rahimian, F. (2023). Investigating barriers to blockchain adoption in construction supply chain management: A fuzzy-based MCDM approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 196, Article 122849. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122849>
- Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: A theory-based research framework and a call for action. *Supply Chain Management: An International Journal*, 23(6), 545–559. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0029>
- Wright, M., Clarysse, B., Lockett, A., & Knockaert, M. (2008). Mid-range universities' linkages with industry: Knowledge types and the role of intermediaries. *Research Policy*, 37(8), 1205–1223. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.04.021>
- Wu, W.-W., & Lee, Y.-T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 499–507. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.12.005>
- Yuan, H., Du, W., Zuo, J., & Ma, X. (2024). Paving a traceable green pathway towards sustainable construction: A fuzzy ISM-DEMATEL analysis of blockchain technology adoption barriers in construction waste management. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(4), 102627. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102627>