



REVIEW PAPER

Mechanisms of Digital Technology in Construction Claims Management: A Systematic Review from a Sustainable Project Management Perspective

Reza Namdar ^{(1)*} 

1. Ph.D. Candidate, Department of Architectural Techniques & Project Management, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Art, Tehran, Iran. (<https://orcid.org/0000-0001-5475-0980>)

Publisher: Iran University of Art

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 19/12/2025 Revised: 20/01/2026 Accepted: 22/01/2026 PP. 7-32 Keywords: <i>Claim Management, Critical Interpretive Synthesis, Digital Technologies, Sustainable Project Management, Systematic Review</i>	Introduction: Construction claims remain among the most persistent and costly challenges in the construction industry because projects are technically complex, involve multiple interdependent parties, and are executed under changing contractual and site conditions. Claims may originate from design changes, ambiguous documents, payment problems, delays, defective work, weak coordination, or opportunistic behaviour, and unresolved claims can escalate into formal disputes with major economic and relational consequences. Conventional claim management has largely been reactive, focusing on resolution after a claim has formed. The diffusion of digital technologies creates an opportunity to shift this logic toward proactive claim management by intervening earlier in the chain through which a deviation becomes a claim and, eventually, a dispute. Technologies such as Building Information Management, blockchain, smart contracts, digital twins, the Internet of Things, and immersive environments can improve information integration, transparency, traceability, visualization, monitoring, and contractual automation. However, previous reviews have generally listed technological benefits or examined a single technology without explaining how particular capabilities influence specific claim causes. The sustainability consequences of these interventions have also remained fragmented. A mechanism-based synthesis is therefore needed to connect digital technologies, claim causes, and the economic, social, and environmental dimensions of sustainable project management within one analytical structure. The Purpose of the Research: This study aims to identify and explain the mechanisms through which digital technologies contribute to construction claims management and to determine how those mechanisms relate to sustainability. It classifies the principal causes of construction claims, identifies the capabilities provided by the target technologies, explains how those capabilities operate as preventive or post-occurrence mechanisms against particular causes, and maps the resulting mechanisms onto the three sustainability dimensions. It also seeks to define the boundaries of technological effectiveness rather than assuming that digitalization can address all claim sources equally. The intended outcome is an integrated conceptual framework linking technology choice to capability, mechanism, controllable claim cause, and sustainability consequence. Methodology: A systematic review with a qualitative and interpretive orientation was conducted. PRISMA 2020 guided identification, screening, full-text assessment, and reporting, while Critical Interpretive Synthesis was used to construct higher-order explanatory categories from heterogeneous evidence. The main search was conducted in Scopus and Web of Science and covered peer-reviewed English-language journal articles published from 2010 onward. Search terms combined digital technology, claims or contractual disputes, and the construction context. Six technology groups were targeted: Building Information Management, digital twin, blockchain, smart contract, Internet of Things, and construction metaverse or related immersive technologies. The main search retrieved 1,283 records; after duplicate removal and successive screening, 59 studies were retained for mechanism extraction. A supplementary Scopus stream was used to build a more complete classification of claim causes because cause-focused studies often do not involve digital technologies; 214 records were identified and 14 information-rich studies



Use your device to scan and read the article online

ARTICLE INFO	ABSTRACT
	were finally retained. Quality was assessed using a five-dimensional, ten-point instrument covering methodological clarity, evidential strength, explicitness of mechanisms, contextual validity, and critical reflection. The mean quality score was 7.68, with 31 studies rated high and 28 medium. Synthesis proceeded through four linked layers: 142 raw claim causes were normalized into 31 distinct causes in eight clusters; 115 capability statements into 32 capabilities in seven families; 120 extracted mechanisms into 36 distinct mechanisms in 11 clusters; and the mechanisms were then mapped to sustainability dimensions. To address single-reviewer risk, 15% of records were re-screened after two weeks, producing 112 agreements out of 118 decisions and a Cohen's kappa of 0.87. Sensitivity analysis tested the robustness of the mechanism clusters under stricter evidence criteria. Findings and Discussion: The findings show that digital technologies do not influence claims through one uniform pathway. Building Information Management was associated with the largest number of extracted mechanisms, followed by blockchain and smart contracts, while digital twins, the Internet of Things, and metaverse-related technologies were comparatively underrepresented. Of the 120 raw mechanisms, 83 were preventive and 37 were post-occurrence, indicating that the dominant contribution of technology is to prevent claim-generating conditions rather than merely document events after they occur. The most frequently reported mechanisms included automatic payment execution once contractual conditions were verified, creation of immutable chains of project events, and detection of geometric clashes before construction. The 36 normalized mechanisms covered 22 of the 31 identified claim causes, whereas nine causes received no technological mechanism. These uncovered causes were concentrated in human and organizational decisions, indicating a boundary to technological intervention. Two major pathways emerged. Model-based technologies, particularly Building Information Management and immersive visualization tools, intervene mainly in material and geometric aspects through visualization, coordination, clash detection, quantity calculation, and early design verification. Their mechanisms primarily target design and execution causes and are more strongly connected with environmental outcomes through reductions in rework, material waste, and unnecessary resource use. Ledger-based technologies, particularly blockchain and smart contracts, intervene mainly in information and contractual relationships through immutable records, traceability, transparent transactions, and automated entitlement. Their mechanisms are more strongly connected with payment, evidence, and relational issues and therefore with social sustainability. The review also distinguishes two intervention logics: preventive mechanisms act before the claim cause materializes, whereas post-occurrence mechanisms act after an event has occurred but reduce the likelihood of escalation into a contested claim or formal dispute. Smart contracts were predominantly preventive, while blockchain-based evidential mechanisms were more often post-occurrence. Sustainability mapping showed that all 36 mechanisms had an economic implication, making the economic dimension a common foundation rather than a differentiating outcome. Fifteen mechanisms also had social implications and ten had environmental implications; only one mechanism exhibited all three dimensions. This pattern reinforces the two-pathway distinction. Sensitivity analysis showed that the overall mechanism structure remained stable; only the cluster concerning limitation of opportunistic behaviour through transparency fell below the robustness threshold when both strict criteria were applied simultaneously. Conclusion: The study develops an integrated mechanism-based framework in which digital technology influences claims management through a traceable chain: technology determines capabilities, capabilities enable mechanisms, mechanisms act on specific controllable claim causes, and those interventions generate sustainability consequences. This reframes technology selection as a problem of strategic fit rather than technological novelty. Organizations facing recurring payment or contractual relationship problems may obtain greater value from ledger-based technologies, whereas those seeking to reduce design errors, coordination failures, and rework may benefit more from model-based technologies. The findings also show that digitalization has identifiable limits and should not be treated as a universal solution for behavioural and organizational causes that require managerial or contractual responses. By connecting claims management with sustainable project management, the framework demonstrates that claim prevention can generate benefits beyond cost and time, including social and environmental outcomes. The study is limited by the single-reviewer design and the small evidence base for some emerging technologies. Future research should validate the mechanisms in real projects,

ARTICLE INFO	ABSTRACT
	examine under-studied technologies, and empirically test the proposed links between claim prevention and sustainability outcomes. Funding: This research received no financial or non-financial support from any institution or organization. Authors' Contribution: All stages of the research, including study design, data collection and analysis, interpretation of findings, and manuscript preparation, were carried out by the author. Conflict of Interest: The author declares that there is no conflict of interest in conducting this research. AI Usage Declaration: The author declares that artificial intelligence tools, primarily ChatGPT and Claude, were used for text correction, language and writing editing, and improving the coherence and integration of the manuscript. These tools played no role in generating the scientific content. All scientific content, analyses, results, and final responsibility for the manuscript rest with the author. Acknowledgments: The author gratefully acknowledges all individuals who provided scientific consultation for this article.

Highlight

- Digital technologies influence construction claims management through two distinct model-based and ledger-based pathways.
- The effectiveness of digital technologies in managing construction claims depends on the nature of the cause; not all causes, especially behavioural and organizational ones, are equally amenable to technological intervention.
- The model-based pathway is mainly associated with environmental sustainability, whereas the ledger-based pathway is more closely linked to social sustainability.



This paper is an open access and licensed under the [Creative Commons CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license

©2024, AGM. All rights reserved.

Cite This Article: Namdar, R. (2026). Mechanisms of Digital Technology in Construction Claims Management: A Systematic Review from a Sustainable Project Management Perspective. *The Art of Green Management*, 3(4), 7-32. [10.30480/agm.2026.6612.1090](https://doi.org/10.30480/agm.2026.6612.1090)



<http://doi.org/10.30480/agm.2026.6612.1090>



http://agm.journal.art.ac.ir/article_1559.html

*. Corresponding Author (Email: re.namdar@gmail.com) / (Phone: +989125858152)



واکاوی سازوکارهای اثرگذاری فناوری‌های دیجیتال بر مدیریت ادعاهای صنعت ساخت با رویکرد مدیریت پروژه پایدار مبتنی بر مرور نظام‌مند

رضا نامدار^{(۱)*}

۱- دانشجوی دکتری مدیریت پروژه، گروه فنون معماری و مدیریت پروژه، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران.
(<https://orcid.org/0000-0001-5475-0980>)

ناشر: دانشگاه هنر ایران

چکیده	اطلاعات مقاله
مقدمه: ادعاها در صنعت ساخت از پرهزینه‌ترین و فرساینده‌ترین چالش‌های این صنعت‌اند که به افزایش هزینه، طولانی شدن زمان و تیرگی روابط میان طرفین قرارداد می‌انجامد؛ در سال‌های اخیر، فناوری‌های دیجیتال همچون ابزاری برای مدیریت و مهار آن‌ها پیش از تبدیل به اختلاف حقوقی مطرح شده‌اند؛ پژوهش‌های موجود عمدتاً به فهرست کردن منافع این فناوری‌ها بسنده کرده و سازوکارهای دقیق اثرگذاری آن‌ها را از منظر پایداری بررسی نکرده‌اند. هدف پژوهش: هدف این پژوهش، شناسایی و تبیین سازوکارهایی است که از راه آن‌ها فناوری‌های دیجیتال به مدیریت ادعاها در صنعت ساخت و پیوند این سازوکارها با ابعاد سه‌گانه‌ی پایداری کمک می‌کنند. روش‌شناسی: برای این منظور، مروری نظام‌مند بر پایه‌ی بیانیه‌ی پریزما و روش سنتز تفسیری انتقادی انجام شد. جستجو در دو پایگاه اسکوپوس و وب‌آوساینس صورت گرفت و پس از یافتن ۱۲۸۳ مقاله در اولین جستجو، حذف تکرارها، غربال‌گری عنوان و چکیده و غربال‌گری تمام متن، ۵۹ مطالعه برای استخراج سازوکارها و چهارده مطالعه برای طبقه‌بندی علل ادعا وارد تحلیل شدند. یافته‌ها و بحث: یافته‌ها نشان داد که اثرگذاری فناوری از دو مسیر متمایز می‌گذرد: مسیر مدل‌محور که بر ماده و هندسه مداخله می‌کند و به بعد زیست‌محیطی می‌رسد، و مسیر دفترکل‌محور که بر اطلاعات و روابط قراردادی مداخله می‌کند و به بعد اجتماعی می‌انجامد. همچنین سازوکارها بر پایه‌ی دو منطق بازدارنده و پساقوع تفکیک شدند و مرزهای اثربخشی فناوری در برابر علل رفتاری آشکار شد. نتیجه‌گیری: این پژوهش با پیوند دو حوزه‌ی مدیریت ادعا و پایداری، چارچوبی ارائه داد که در آن انتخاب فناوری، نوع علت و بعد پایداری حاصل، حلقه‌های یک زنجیره‌ی به‌هم‌پیوسته‌اند. نکات برجسته: - فناوری‌های دیجیتال از دو مسیر متمایز مدل‌محور و دفترکل‌محور بر مدیریت ادعاهای صنعت ساخت اثر می‌گذارند. - اثرگذاری فناوری‌های دیجیتال بر ادعاهای صنعت ساخت وابسته به ماهیت علت است و همه علل، به‌ویژه علل رفتاری و سازمانی، به یک اندازه با مداخله فناوریانه قابل مهار نیستند. - مسیر مدل‌محور عمدتاً با پایداری زیست‌محیطی و مسیر دفترکل‌محور بیشتر با پایداری اجتماعی پیوند دارد.	دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۸ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۳۰ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۲ صص: ۳۲-۷ واژگان کلیدی: سنتز تفسیری انتقادی، فناوری‌های دیجیتال، مدیریت ادعا، مدیریت پروژه پایدار، مرور نظام‌مند 
ارجاع به این مقاله: نامدار، رضا. (۱۴۰۴). واکاوی سازوکارهای اثرگذاری فناوری‌های دیجیتال بر مدیریت ادعاهای صنعت ساخت با رویکرد مدیریت پروژه پایدار مبتنی بر مرور نظام‌مند. هنر مدیریت سبز، ۳(۴)، ۳۲-۱۰۹۰. doi:10.30480/agm.2026.6612.1090 http://doi.org/10.30480/agm.2026.6612.1090 http://agm.journal.art.ac.ir/article_1559.html	 این مقاله به صورت دسترسی باز و با مجوز استفاده است. Creative Commons CC BY-NC 4.0 ©2024, UST. All rights reserved.



۱- مقدمه

صنعت ساخت یکی از بخش‌های بنیادین اقتصاد جهانی است، اما به دلیل پیچیدگی فنی، تعدد ذی‌اثران و شرایط پرنوسان محیط اجرا، به طور مزمّن با بروز اختلاف میان طرفین قرارداد دست‌به‌گریبان است (Matarneh, 2024, 140). در دل این اختلاف‌ها، ادعا جایگاه ویژه‌ای دارد؛ ادعا تقاضای رسمی یکی از طرفین برای جبران خسارت، تغییر بها یا تمدید مدت قرارداد است که در صورت رد یا نادیده‌گرفته‌شدن، به اختلاف حقوقی پرهزینه و زمان‌بر تبدیل می‌شود (Matarneh, 2024, 141). زمینه‌های شکل‌گیری چنین ادعاهایی نیز متنوع‌اند و می‌توانند از تغییر در شرایط و دامنه کار، کارهای اضافی، تأخیرات زمانی و کارهای ناقص یا معیوب ناشی شوند (ساجدی و سرمست شوشتری، ۱۳۹۶، ۱۷۷). شدت این مسئله در سطح جهانی همچنان بالاست؛ بر پایه‌ی داده‌های پایش شده، ارزش میانگین جهانی ادعاها در صنعت ساخت از حدود ۳۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۹ به ۵۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ رسیده است (Wang et al., 2023, 2)؛ و گزارش‌های صنعتی متأخر نشان می‌دهند که اگرچه از فراوانی ادعاها اندکی کاسته شده، هزینه و پیچیدگی آن‌ها روبه‌افزایش است، چنان‌که میانگین هزینه هر ادعا در آمریکای شمالی در سال ۲۰۲۵ به ۶۰ میلیون دلار و میانگین زمان حل آن به حدود ۱۲ ماه رسیده است (Arcadis, 2025, 8). پیامدهای ادعا به هزینه و زمان محدود نمی‌ماند؛ شکل‌گیری و مدیریت نامناسب آن از راه ایجاد دوباره‌کاری و اتلاف منابع، بهره‌وری پروژه و روابط میان ذی‌اثران را نیز تضعیف می‌کند (Asadi et al., 2023, 1122).

در برابر این چالش، دو رویکرد متفاوت به مدیریت ادعا وجود دارد. رویکرد سنتی عمدتاً واکنشی است و بر حل و فصل اختلاف پس از وقوع تمرکز دارد؛ رویکردی که هزینه‌بر و زمان‌بر است و رابطه‌ی میان طرفین را فرسوده می‌کند. در قراردادهای بلندمدت و پیچیده، اتکای صرف به روش‌های سنتی حل اختلاف مانند داوری و دادگاه ممکن است پاسخگوی پیچیدگی‌های فنی و قراردادی نباشد و استفاده از شیوه‌های جایگزین حل اختلاف می‌تواند زمان و هزینه فرآیند رسیدگی را کاهش دهد (ارفع‌نیا و ملابراهیمی، ۱۳۹۷، ۲۹۳). بالین‌حال، این رویکردها همچنان عمدتاً پس از شکل‌گیری اختلاف وارد عمل می‌شوند. در مقابل، رویکرد کنش‌گرانه بر مهار اختلاف پیش از تشدید آن استوار است و ضرورت گذار صنعت ساخت از رویکرد واکنشی به این رویکرد کنش‌گرانه در ادبیات برجسته شده است (Al Khalifa, 2025, 3). از این منظر، مدیریت ادعا صرفاً به حل و فصل اختلاف محدود نیست و پیشگیری از بروز دعاوی و کاهش آثار آن‌ها بر منافع و عملکرد پروژه را نیز دربرمی‌گیرد (نظری و همکاران، ۱۴۰۱، ۲۰۱). در این پژوهش، مدیریت ادعا در همین معنای کنش‌گرانه به کار رفته است: مهار زنجیره‌ی شکل‌گیری ادعا، خواه از راه جلوگیری از پیدایش علت ادعا و خواه از راه بازداشتن ادعای شکل‌گرفته از تشدید و جلوگیری از رسیدن به مرحله اختلاف حقوقی. از این‌رو، شناخت علل شکل‌گیری ادعا پیش‌شرط مداخله‌ی پیشگیرانه است؛ زیرا شناسایی این علل می‌تواند راه‌های جلوگیری از بروز بخش قابل‌توجهی از ادعاها را آشکار سازد (تلخابی، پرچی جلال و گلابچی، ۱۳۹۳، ۲۰). تحقق این رویکرد کنش‌گرانه در سال‌های اخیر با گسترش فناوری‌های دیجیتال در صنعت ساخت پیوند خورده است؛ فناوری‌هایی نظیر مدیریت اطلاعات ساختمان، واقعیت افزوده و مجازی، بلاک‌چین، دوقلوی دیجیتال و اینترنت اشیا که در سراسر چرخه‌ی حیات دارایی به کار گرفته می‌شوند (Olanipekun & Sutrisna, 2021, 19). این فناوری‌ها از راه قابلیت‌هایی چون یکپارچه‌سازی و تبادل اطلاعات، افزایش شفافیت، ردیابی تغییرات، پایش لحظه‌ای و ثبت قابل‌اعتماد سوابق، ظرفیت اثرگذاری بر عوامل شکل‌دهنده‌ی ادعا را دارند. برای نمونه، مدیریت اطلاعات ساختمان بستری برای مدیریت داده‌های پروژه در قالب دیجیتال فراهم می‌کند (Succar, 2009, 357). بلاک‌چین از راه تغییرناپذیری و شفافیت سوابق اعتماد را بازتعریف می‌کند (Li et al., 2019, 289) و قرارداد هوشمند تعهدات قراردادی را به‌صورت خودکار و برگشت‌ناپذیر اجرا می‌کند (Ye et al., 2022, 198).

پژوهش‌های پیشین در تقاطع فناوری‌های دیجیتال، مدیریت ادعا و پایداری، هر یک بخشی از روابط میان این حوزه‌ها را بررسی کرده‌اند؛ بالین‌حال، دامنه فناوری‌های مورد بررسی، سطح تحلیل و نحوه توجه به پایداری در این مطالعات متفاوت بوده است. جدول ۱ مهم‌ترین مرورهای نظام‌مند مرتبط را از این سه منظر مقایسه می‌کند.

جدول ۱- مقایسه‌ی مرورهای نظام‌مند پیشین با پژوهش حاضر

پایداری	تمرکز بر ادعا/اختلاف	فناوری	منبع
خیر	مستقیم	چندفناوری	(Zeberga et al., 2024)
خیر	مستقیم	بلاک‌چین	(Gupta & Jha, 2024)
خیر	غیر مستقیم	بلاک‌چین	(Zhang et al., 2023)

پایداری	تمرکز بر ادعا/اختلاف	فناوری	منبع
خیر	غیر مستقیم	بلاک چین	(Msawil et al., 2022)
خیر	غیر مستقیم	بیم	(Menezes-Firmino et al., 2026)
خیر	خیر	بیم، اینترنت اشیا، دوقلوی دیجیتال	(Deng et al., 2021)
مستقیم	خیر	چندفناوری	(Adejola & Nwobodo-Anyadiegwu, 2025)

مرور این مطالعات، سه محدودیت مشترک را آشکار می‌کند. نخست، محدودیت دامنه‌ی فناوری است؛ شمار درخور توجهی از مرورها به یک فناوری واحد (عمدتاً بلاک چین یا مدیریت اطلاعات ساختمان) محدود مانده‌اند و امکان سنجش نقش نسبی فناوری‌های گوناگون و شناسایی هم‌افزایی میان آن‌ها را فراهم نمی‌کنند. دوم، محدودیت سطح تحلیل است؛ بیشتر این مرورها رویکردی منفعت‌محور دارند و به فهرست کردن دستاوردهای فناوری بسنده می‌کنند، بی‌آنکه سازوکار اثرگذاری پشت آن دستاوردها را استخراج کنند. به بیان دیگر، ادبیات موجود نشان می‌دهد که فناوری چه فایده‌ای دارد، اما تبیین نمی‌کند که از چه مسیری و بر کدام علت مشخص اثر می‌گذارد تا آن فایده حاصل شود. سوم، غیبت زاویه‌ی پایداری است؛ با آنکه پیش‌تر نشان داده شد کاهش ادعا می‌تواند هم‌زمان پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی داشته باشد، مرورهای پیشین پیوند میان سازوکارهای فناورانه‌ی پیشگیری از ادعا و ابعاد سه‌گانه‌ی پایداری را به‌صورت نظام‌مند تبیین نکرده‌اند.

این محدودیت‌ها نشان دهنده نیاز به چارچوبی هستند که فناوری‌های دیجیتال، علل شکل‌گیری ادعا و پیامدهای پایداری را در یک ساختار تحلیلی واحد به یکدیگر پیوند دهد. از این منظر، بررسی هم‌زمان چند فناوری امکان مقایسه قابلیت‌های متفاوت آنها را فراهم می‌کند و تمرکز بر سازوکار اثرگذاری، تحلیل را از سطح فهرست کردن منافع به چگونگی اثرگذاری قابلیت‌های فناوری بر علل ادعا منتقل می‌سازد. همچنین، تحلیل پیامدهای حاصل در چارچوب ابعاد سه‌گانه پایداری، امکان تبیین ارتباط میان نوع فناوری، علت مورد مداخله و پیامد حاصل را فراهم می‌کند.

پژوهش حاضر با انجام یک مرور نظام‌مند ادبیات در پی آن است که نخست مهم‌ترین علل شکل‌گیری ادعا و قابلیت‌های کلیدی فناوری‌های دیجیتال را شناسایی کند، سپس سازوکارهای اثرگذاری این قابلیت‌ها بر علل ادعا را استخراج و تبیین کند، و در نهایت نقش این سازوکارها را از منظر مدیریت پروژه پایدار تحلیل نماید. براین اساس، پرسش اصلی پژوهش چنین صورت‌بندی می‌شود: فناوری‌های دیجیتال از طریق چه سازوکارهایی می‌توانند به مدیریت ادعاها در صنعت ساخت کمک کنند و این سازوکارها چگونه تحقق ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مدیریت پروژه پایدار را تسهیل می‌کنند؟ در راستای این پرسش، چهار پرسش فرعی دنبال می‌شود: (۱) مهم‌ترین علل شکل‌گیری ادعا کدام‌اند؟ (۲) قابلیت‌های کلیدی فناوری‌های هدف کدام‌اند؟ (۳) این فناوری‌ها از چه سازوکارهایی بر علل اثر می‌گذارند؟ و (۴) کدام سازوکارها بیشترین ظرفیت را برای تحقق ابعاد پایداری دارند.

۲- مبانی نظری

تبیین نقش فناوری‌های دیجیتال در مدیریت ادعا مستلزم بررسی هم‌زمان سه حوزه مفهومی است: فرآیند شکل‌گیری ادعا و تبدیل آن به اختلاف، قابلیت‌های فناوری برای مداخله در این فرایند، و پیامدهای حاصل از این مداخله در ابعاد پایداری. از این رو، مبانی نظری پژوهش ابتدا ماهیت و زنجیره شکل‌گیری ادعا را روشن می‌کند، سپس منطق اثرگذاری فناوری‌های دیجیتال را بررسی می‌کند و در ادامه، این اثرگذاری را در چارچوب ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری قرار می‌دهد.

۲-۱- ادعا در صنعت ساخت

درک عمیق ماهیت ادعاها در صنعت ساخت نیازمند تفکیک مفهومی دقیق میان سه واژه‌ی کلیدی تعارض^{۱۲}، ادعا^{۱۳} و اختلاف^{۱۴} است که در ادبیات مدیریت پروژه اغلب به‌اشتباه مترادف یک‌دیگر به کار می‌روند. زنجیره‌ی شکل‌گیری این پدیده با بروز تعارض آغاز می‌شود؛ تعارض زمانی رخ می‌دهد که یک ناهم‌سویی یا ناسازگاری بنیادین میان باورها، منافع یا اهداف طرفین پیمان پدید آید که امری اجتناب‌ناپذیر در روابط حاکم بر پروژه‌ها است (Wang et al., 2023, 2). این تعارض اولیه در صورتی که به‌موقع مدیریت نشود، به ادعا منجر خواهد شد. ادعا در تعریف اصطلاحی، ابراز حق یا تقاضای رسمی یکی از طرفین پیمان برای جبران خسارت مالی، تغییر بها یا تمدید مدت قرارداد است که بر اساس مفاد پیمان یا نقض احتمالی آن مطرح می‌شود (Matarneh, 2024, 141). زنجیره‌ی مذکور زمانی به حلقه‌ی نهایی خود یعنی اختلاف حقوقی می‌رسد که ادعای مطرح‌شده از سوی طرف مقابل رد شود، نادیده گرفته شود یا مورد مخالفت جدی قرار گیرد؛ در این مرحله، مسئله از یک مجرای اداری خارج شده و به



یک اختلاف حقوقی تبدیل می‌شود که برای حل آن نیاز به مداخله‌ی اشخاص ثالث نظیر میانجی‌گر، داور یا دادگاه خواهد بود (Wang et al., 2023, 20; Atanasov, 2026, 21). یکی از انحرافات که می‌تواند این زنجیره را تغذیه کند، تأخیر است؛ زیرا افزون بر افزایش هزینه‌های جاری، راکد ماندن سرمایه و معطل شدن منابع، تحمیل هزینه‌های مازاد ناشی از آن می‌تواند به اختلاف میان طرفین پیمان و نارضایتی ذی‌اثران بی‌انجامد (یوسفی، کاکایی و جهانگشای رضایی، ۱۳۹۶، ۱۷۸). در تصویر زیر این سه مفهوم و روابطشان به تصویر کشیده شده است.



تصویر ۱- تعارض، ادعا و اختلاف

۲-۲- فناوری‌های دیجیتال در صنعت ساخت

در این پژوهش شش فناوری دیجیتال هدف که زیرساخت اصلی مدیریت داده و شفافیت در صنعت ساخت به‌شمار می‌روند، معرفی می‌شود. فناوری نخست، مدیریت اطلاعات ساختمان (بی‌م) است که به‌عنوان مجموعه‌ای از سیاست‌ها، فرایندها و فناوری‌های تعاملی، امکان تولید، ویرایش و مدیریت داده‌های اساسی پروژه را در قالب دیجیتال و در طول چرخه‌ی حیات دارای فراهم می‌سازد (Succar, 2009, 357). فناوری دوم، دوقلوی دیجیتال^۲ است که به‌عنوان نسخه‌ی دیجیتال پویا، متصل و همگام‌شدن با دارایی فیزیکی عمل کرده و رفتارهای واقعی سیستم را در طول چرخه‌ی عمرش شبیه‌سازی و بازنمایی می‌کند (Opoku et al., 2021, 11). فناوری سوم، بلاک‌چین^۳ یا همان دفترکل توزیع‌شده است که به واسطه‌ی ماهیت غیرمتمرکز، تغییرناپذیر و شفاف خود، بستری امن برای ثبت تبادلات و بازتعریف روابط اعتماد میان ارکان پروژه بدون نیاز به واسطه‌ها مهیا می‌سازد (Li et al., 2019, 289). فناوری چهارم، قرارداد هوشمند^۴ است که برنامه‌ای رایانه‌ای و خود اجرا بر بستر بلاک‌چین بوده و شرایط تراکنش‌ها و تعهدات قراردادی را به‌صورت خودکار، ایمن و برگشت‌ناپذیر اجرا، تأیید و پیاده‌سازی می‌کند (Ye et al., 2022, 198). فناوری پنجم، اینترنت اشیا^۵ است؛ شبکه‌ای از حسگرها و تجهیزات متصل که وضعیت واقعی اجزای پروژه را به‌صورت خودکار پایش و ثبت می‌کنند. کاربرد آن در پیشگیری از ادعا، در قابلیت بازرسی و صحت‌گذاری خودکار کیفیت نمود می‌یابد؛ چنان‌که در فاز تحویل، تطبیق وضعیت اجراشده با مشخصات تعریف‌شده را بدون اتکای صرف به بازرسی دستی ممکن می‌سازد (Lin & Chou, 2021, 19).

فناوری ششم، متاورس^۶ است؛ محیطی سه‌بعدی و همه‌جانبه که بر پایه‌ی فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی شکل می‌گیرد و مدل دیجیتال پروژه را با محیط واقعی همپوشان می‌کند. کاربرد آن در قالب مرور همه‌جانبه‌ی طراحی نمود می‌یابد؛ چنان‌که ادغام این فناوری‌ها در جریان کاری طراحی، درک مشترک ذی‌اثران از اجزای پروژه را پیش از اجرا تقویت می‌کند (Volz et al., 2026, 1). واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و ثبت واقعیت در این پژوهش نه فناوری‌هایی مستقل، بلکه مصادیق متاورس به‌عنوان فناوری همه‌جانبه‌ی بازنمایی پروژه تلقی شده‌اند.

قابلیت‌های این شش فناوری از دو نقطه‌ی متمایز به زنجیره‌ی شکل‌گیری ادعا وارد می‌شوند و هر نقطه، منطق اثرگذاری ویژه‌ای دارد. (۱) **منطق بازدارنده:** در این منطق، قابلیت فناوری پیش از وقوع هرگونه انحراف، مستقیماً بر علت ادعا اثر گذاشته و مانع از پیدایش آن می‌شود. به‌عنوان نمونه، فرایند تشخیص تداخلات در بی‌م (Succar, 2009, 357)، پیش از شروع عملیات اجرایی، خطاهای طراحی را که از علل اصلی دوباره‌کاری و ادعا به‌شمار می‌روند (Asadi et al., 2023, 1122)، پیش از تبدیل شدن به تغییرات پرهزینه در کارگاه حذف می‌کند. این کارکرد پیشگیرانه به تشخیص تداخلات محدود نیست؛ بی‌م می‌تواند با پیش‌بینی ادعاهای احتمالی و فراهم کردن امکان اتخاذ اقدامات اجتنابی، مداخله را به پیش از شکل‌گیری ادعا منتقل کند (طاهری‌پور و اربابی، ۱۴۰۲، ۶۵). (۲) **منطق پس‌اوقوع:** در این منطق، فرض بر این است که علت ادعا یا انحراف رخ داده است؛ اما برای مثال با استفاده از فناوری بلاک‌چین و با ثبت و تثبیت سوابق و شواهد انکارناپذیر، غیرقابل تغییر و بلادرنگ بر بستر

دفترکل توزیع شده، مانع از آن می شود که یک ناسازگاری ساده به یک ادعای رسمی یا اختلاف حقوقی پیچیده تبدیل شود، چرا که سوابق حقیقت به وضوح برای طرفین عیان است (Li et al., 2019, 295). لازم به توضیح است که این دو منطق، در خدمت هدف واحد پیشگیری از ادعا هستند؛ با این تفاوت که منطق بازدارنده از پیدایش علت جلوگیری می کند و منطق پساقوع از تبدیل علت رخ داده به ادعای رسمی و اختلاف حقوقی. بدین معنا، پیشگیری در این پژوهش تنها به جلوگیری از وقوع علت محدود نمی شود، بلکه بازداشتن زنجیره از تشدید به مراحل بعدی را نیز در برمی گیرد.

۲-۳- چارچوب پایداری

مفهوم پایداری در دهه های اخیر از دغدغه ای حاشیه ای به یکی از معیارهای بنیادین سنجش عملکرد پروژه بدل شده است. در میان چارچوب های نظری سنجش پایداری، ابعاد سه گانه ی پایداری جایگاهی محوری دارد. در این چارچوب عملکرد یک سازمان یا پروژه نه تنها بر پایه ی سود اقتصادی، بلکه هم زمان بر پایه ی سه ستون به هم پیوسته ی رونق اقتصادی، کیفیت زیست محیطی و عدالت اجتماعی (که با تعبیر مردم، سیاره، سود نیز شناخته می شوند) سنجیده می شود (Elkington, 1997, 397). ایده ی بنیادین آن است که موفقیت بلندمدت، تنها در گرو سنجه ی مالی سنتی نیست، بلکه مستلزم توازن میان هر سه بعد است. بر این اساس، ارزیابی پایداری در پروژه ها مستلزم توجه هم زمان به عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی و ارتباطات میان آن هاست (جلیلی بال و همکاران، ۱۳۹۵، ۱۶).

این سه بعد در بستر پروژه های ساخت معنای مشخصی می یابند. بعد اقتصادی به توانایی پروژه در تولید ارزش و سوددهی برای ذی اثران آن ناظر است؛ یعنی کارایی هزینه و زمان و پرهیز از اتلاف منابع مالی. بعد زیست محیطی به برقراری رابطه ای متوازن میان محیط طبیعی و محیط ساخته شده اشاره دارد و بر مصرف کارآمد منابع طبیعی، کاهش پسماند و کاستن از اثرات نامطلوب بر محیط تأکید می کند. بعد اجتماعی به رفتار منصفانه و عادلانه با افراد و جوامع متأثر از فعالیت ساخت می پردازد و مشارکت ذی اثران، دسترسی برابر به منابع و صیانت از حقوق آن ها را در برمی گیرد (Akhtar et al., 2024, 3).

آنچه این چارچوب را به مسئله ی ادعا پیوند می دهد آن است که ادعا و اختلاف، هر سه بعد را هم زمان تحت تأثیر قرار می دهند. هزینه ی مستقیم اختلاف و جریمه های تأخیر، بر بعد اقتصادی اثر می گذارد؛ فرسایش اعتماد و تیرگی روابط میان طرفین، بعد اجتماعی را تضعیف می کند؛ و دوباره کاری و اتلاف مصالح ناشی از تغییر و نزاع، رد پای زیست محیطی پروژه را افزایش می دهد. از این رو، سازوکارهایی که از شکل گیری ادعا پیشگیری می کنند، بالقوه می توانند بر هر سه بعد پایداری اثر بگذارند؛ و همین، تحلیل سازوکارهای فناورانه را از منظر پایداری معنادار می کند.

در حوزه ی ساخت، به کارگیری این چارچوب اهمیتی دوچندان می یابد؛ زیرا پروژه های ساخت به سبب مصرف گسترده ی منابع، تولید پسماند و اثرگذاری اجتماعی ماندگار، هم زمان بر هر سه بعد پایداری اثر می گذارند. با این حال، پژوهش های محدودی به یکپارچه سازی نظام مند اصول سه گانه در بستر ساخت پایدار پرداخته اند و بیشتر مطالعات، بر بعد زیست محیطی تمرکز کرده و کمتر به تأثیر ابعاد اجتماعی و اقتصادی پرداخته شده است (Goh et al., 2020, 2). همین عدم توازن، ضرورت به کارگیری عدسی سه گانه را در تحلیل سازوکارهای فناورانه دوچندان می کند.

۲-۴- اثرگذاری فناوری بر ادعا و پایداری

ادعا در پروژه های ساخت پدیده ای منفرد نیست، بلکه در امتداد زنجیره ای از علل و انحرافات شکل می گیرد که می تواند در نهایت به اختلاف میان طرفین منجر شود. فناوری های دیجیتال، به واسطه قابلیت های خود، امکان مداخله در بخش های مختلف این زنجیره را فراهم می کنند؛ مداخله ای که می تواند پیش از شکل گیری ادعا بر علل آن اثر بگذارد یا پس از وقوع، از تشدید آن و تبدیل شدن به اختلاف جلوگیری کند. آثار چنین مداخلاتی نیز به پیامدهای زمانی و اقتصادی محدود نمی شود و از طریق کاهش دوباره کاری و اتلاف منابع، افزایش شفافیت و بهبود تعامل میان ذی اثران با ابعاد زیست محیطی و اجتماعی پایداری پیوند می یابد. در نتیجه، اثرگذاری فناوری را می توان به صورت زنجیره ای در نظر گرفت که از قابلیت فناوری آغاز می شود، از طریق سازوکار اثرگذاری به علت ادعا متصل می شود و در نهایت به پیامدهای پایداری می انجامد.

فناوری ← قابلیت فناوری ← سازوکار اثرگذاری ← کاهش/مهار علت ادعا ← پیامد پایداری

۳- روش پژوهش

روش پژوهش با هدف شناسایی و سنتز نظام مند شواهد مرتبط با فناوری های دیجیتال، علل ادعا و پیامدهای پایداری طراحی شد. برای این منظور، فرایند پژوهش در دو سطح پیش رفت: نخست، شناسایی و گزینش مطالعات بر پایه چارچوب پریزما و دوم،



استخراج و تفسیر داده‌ها با استفاده از سنتز تفسیری انتقادی. این طراحی امکان داد شواهد پراکنده مطالعات در قالب علل، قابلیت‌ها، سازوکارها و پیامدهای پایداری سازمان‌دهی و تحلیل شوند.

۳-۱- نوع پژوهش و راهبرد کلی

پژوهش حاضر مروری نظام‌مند با رویکردی کیفی و تفسیری است که هدفش نه گزارش یافته‌های پیشین، بلکه تدوین چارچوبی مفهومی از دل شواهد ناهمگن است. بر این اساس، راهبردی دولایه به کار رفت: در لایه‌ی نخست، شناسایی، غربالگری و گزینش مطالعات بر پایه‌ی بیانیه‌ی پریمما^۷ نسخه‌ی ۲۰۲۰ اجرا و گزارش شد تا شفافیت و تکرارپذیری تضمین شود (Page et al., 2021, 1)؛ و در لایه‌ی دوم، برای فراتر رفتن از توصیف، از روش سنتز تفسیری انتقادی^۸ بهره گرفته شد که بر تولید استدلال ترکیبی و ساخت سازه‌های تفسیری نوپدید تأکید دارد (Dixon-Woods et al., 2006, 11). در عمل، نخست شواهد مطالعات به صورت نظام‌مند در قالب علل، قابلیت‌ها و سازوکارها دسته‌بندی شد، و سپس این دسته‌ها در پیوند با یکدیگر و با ابعاد پایداری تفسیر شدند تا الگوهایی فراتر از مطالعات منفرد آشکار شود.



تصویر ۲- نمای کلی فرایند روش پژوهش

۳-۲- راهبرد جست‌وجو و منابع اطلاعاتی

جست‌وجوی اصلی در دو پایگاه استنادی اسکوپوس^۹ و وب‌آوساینس^{۱۰} اجرا شد. راهبرد جست‌وجو بر تقاطع سه بلوک مفهومی استوار بود که با عملگر AND به یک‌دیگر و در درون هر بلوک با OR ترکیب شدند: بلوک فناوری، بلوک ادعا و اختلاف، و بلوک زمینه‌ی ساخت. رشته‌ها با حساسیت بالا طراحی شدند تا بیشینه‌ی مطالعات مرتبط بازاریابی و کاهش نویز به مرحله‌ی غربالگری واگذار شود. بر همین اساس، برای هر یک از شش فناوری هدف همه‌ی اصطلاحات و زیرمجموعه‌های رایج آن گنجانده شد؛

برای نمونه واقعیت مجازی، واقعیت افزوده، فناوری همه‌جانبه و ثبت واقعیت، همگی ذیل فناوری متاورس به کار رفتند. این گستردگی تنها در سطح جست‌وجو و برای بیشینه‌سازی حساسیت بود و مطالعات بازایی‌شده در مرحله‌ی غربالگری بر پایه‌ی همان شش فناوری هدف تفکیک شدند (مرورهای مطرح‌شده در بیشینه از یک جست‌وجوی مقدماتی برای موقعیت‌یابی مسئله شناسایی شدند و جزو این مجموعه نیستند). رشته‌ی جست‌وجو در اسکوپوس با نحو TITLE-ABS-KEY و در وب‌آوساینس با نحو TS به‌صورت زیر اجرا شد:

("BIM" OR "building information model*" OR "digital twin*" OR "blockchain" OR "distributed ledger" OR "smart contract*" OR "internet of things" OR "IoT" OR "metaverse" OR "immersive technolog*" OR "virtual reality" OR "augmented reality" OR "reality capture") AND ("claim*" OR "dispute*" OR "contractual disagreement*" OR "change order*" OR "variation order*" OR "delay claim*" OR "extension of time" OR "rework" OR "conflict*") AND ("construction" OR "AEC" OR "built environment" OR "building project*" OR "infrastructure project*" OR "civil engineering")

محدودیت‌ها: نوع سند = مقاله؛ زبان = انگلیسی؛ بازه‌ی زمانی = ۲۰۱۰ به بعد.

۳-۳- معیارهای ورود و خروج

مطالعه‌ای به مجموعه‌ی اصلی راه یافت که همه‌ی این شرایط را هم‌زمان داشت: در حوزه‌ی ساخت باشد؛ دست‌کم یکی از شش فناوری هدف را با نقشی محوری به کار گرفته باشد؛ به ادعا یا اختلاف قراردادی (دستور تغییر، تغییر حجم، ادعای تأخیر، تمدید زمان یا دوباره‌کاری) بپردازد؛ به قابلیت یا سازوکاری مرتبط با پیشگیری از ادعا اشاره کند؛ و مقاله‌ی ژورنالی داوری‌شده‌ی انگلیسی، منتشرشده از ۲۰۱۰، با متن کامل در دسترس باشد. در مقابل، مطالعاتی کنار گذاشته شدند که فناوری را بدون ارتباط با ادعا، یا ادعا را بدون فناوری دیجیتال بررسی کرده بودند؛ آن‌ها که تنها بر حل اختلاف پس از وقوع تمرکز داشتند و دلالت پیشگیرانه‌ای نداشتند؛ مطالعات خارج از حوزه‌ی ساخت؛ و اسناد غیرژورنالی نظیر سرمقاله، یادداشت و مقالات کنفرانسی فاقد متن کامل. مطالعاتی که سازوکار مستندسازی و تثبیت شواهد را ارائه می‌دادند و ارزش پیشگیرانه‌شان قابل استنتاج بود، در مجموعه حفظ شدند.

۳-۴- جریان مکمل جست‌وجو برای پرسش نخست

پاسخ به پرسش نخست (علل شکل‌گیری ادعا) از جریان داده‌ای متفاوتی تغذیه می‌شود؛ زیرا مطالعاتی که علل ادعا را به‌طور نظام‌مند بررسی کرده‌اند عمدتاً فاقد فناوری دیجیتال‌اند و در مجموعه‌ی اصلی حضور ندارند. ساخت طبقه‌بندی علل تنها از مجموعه‌ی اصلی، به نتیجه‌ای ناقص می‌انجامد. این جریان، که همچون پس‌زمینه‌ی نظری برای پرسش نخست عمل می‌کند، دو تفاوت با مجموعه‌ی اصلی دارد: نخست، مرورها نیز در آن پذیرفته می‌شوند، زیرا هدف استخراج طبقه‌بندی تثبیت‌شده‌ی علل از ادبیات است، نه سنتز اولیه؛ دوم، گزینش در آن هدفمند است و نه غربالگری کامل، چراکه هدف انتخاب موارد غنی از اطلاعات برای پوشش ابعاد گوناگون علل است، نه گردآوری جامع همه‌ی مطالعات (Palinkas et al., 2015, 533). مطالعه‌ای انتخاب شد که دست‌کم یکی از این ویژگی‌ها را داشت: ارائه‌ی طبقه‌بندی علل، رتبه‌بندی یا وزن‌دهی آن‌ها، مدل‌سازی روابط علی، یا استخراج علل از پرونده‌های قضایی؛ و مقالات بر پایه‌ی شمار استناد اولویت‌بندی شدند. بر این اساس، جست‌وجوی مکملی با رشته‌ی زیر در اسکوپوس اجرا شد: از این‌رو، جست‌وجوی مکملی با رشته‌ی زیر در اسکوپوس اجرا شد:

("construction claim*" OR "contractual claim*" OR "construction dispute*") AND ("cause*" OR "root cause*" OR "factor*" OR "driver*" OR "source*") AND ("construction" OR "AEC" OR "building project*" OR "infrastructure project*")

محدودیت‌ها: نوع سند = مقاله یا مرور؛ زبان = انگلیسی؛ بازه‌ی زمانی = ۲۰۱۰ به بعد.

۳-۵- فرآیند گزینش مطالعات

فرآیند گزینش در هر دو جریان مطابق مراحل چهارگانه‌ی پریزما (شناسایی، غربالگری، ارزیابی متن کامل، و گنجاندن نهایی) اجرا شد. در مرحله‌ی شناسایی، رکوردهای بازایی‌شده از پایگاه‌ها گردآوری و موارد تکراری حذف شدند. سپس در مرحله‌ی غربالگری، عنوان و چکیده‌ی رکوردها بر پایه‌ی معیارهای ورود و خروج بررسی و موارد نامرتبب کنار گذاشته شدند. در مرحله‌ی سوم، متن کامل مطالعات باقی‌مانده به‌دقت ارزیابی شد. در جریان اصلی، از ۱۲۶ مورد حذف‌شده در این مرحله، ۱۲۰ مورد به‌دلیل عدم احراز معیارهای ورود و ۶ مورد به‌دلیل انتشار چندگانه کنار گذاشته شدند؛ در موارد انتشار چندگانه، نسخه‌ی ژورنالی و کامل‌تر حفظ شد. ارقام دقیق هر مرحله در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- ارقام فرایند گزینش مطالعات در دو جریان

مرحله	جریان اصلی	جریان مکمل
رکوردهای شناسایی شده	۱۲۸۳ (اسکوپوس ۶۶۴ + وب آوساینس ۶۱۹)	۲۱۴
رکوردهای یکتا پس از حذف موارد تکراری و غربالگری	۷۸۷	-
پس از غربالگری عنوان و چکیده	۱۸۵	۵۰
پس از بررسی متن کامل (مطالعات نهایی)	۵۹	۱۴

۳-۶- ارزیابی کیفیت مطالعات

با توجه به ناهمگنی انواع مطالعه در مجموعه، ابزاری پنج‌بعدی متناسب با اهداف پژوهش تدوین شد؛ هر بعد در مقیاس صفر تا دو نمره‌گذاری و جمع نمرات از ده محاسبه شد. پنج بعد عبارت بودند از: شفافیت هدف و روش، استحکام شواهد، صراحت بیان سازوکار، اعتبار زمینه‌ای، و بازتاب انتقادی محدودیت‌ها. میانگین نمره‌ی مطالعات ۷۰/۶۸ از ۱۰ و دامنه‌ی آن ۵ تا ۱۰ بود؛ ۳۱ مطالعه در سطح بالا و ۲۸ مطالعه در سطح متوسط ارزیابی شدند. هیچ مطالعه‌ای به سطح پایین سقوط نکرد؛ از این رو به جای حذف مطالعات کم کیفیت، نمره‌ی کیفیت همچون وزنی در تحلیل حساسیت به کار گرفته شد.

۳-۷- استخراج و سنتز داده‌ها

استخراج داده در دو سطح انجام شد: مشخصات کتاب‌شناختی و زمینه‌ای هر مطالعه، و برای هر سازوکار، فناوری، قابلیت، مسیر اثرگذاری، علت هدف و شواهد پایداری. از ۵۹ مطالعه‌ی نهایی جریان اصلی، ۱۲۰ سازوکار استخراج شد. سنتز در چهار لایه‌ی متوالی و مطابق منطق سنتز تفسیری انتقادی انجام گرفت. در هر لایه، موارد خام بر پایه‌ی اشتراک در مفهوم و کارکرد فروکاست شدند؛ یعنی موارد هم‌معنا در یک عنوان ادغام و موارد متفاوت جدا نگه داشته شدند. بر این پایه: کدگذاری علل و فروکاست ۱۴۲ علت خام به ۳۱ علت در ۸ خوشه؛ موجودی‌گیری قابلیت‌ها و فروکاست ۱۱۵ عبارت به ۳۲ قابلیت در ۷ خانواده؛ اتصال قابلیت به علت برای شکل‌دادن سازوکار و فروکاست ۱۲۰ سازوکار خام به ۳۶ سازوکار در ۱۱ خوشه؛ و اعمال عدسی ابعاد سه‌گانه‌ی پایداری بر سازوکارهای حاصل. اتصال هر سازوکار به علتی که مهار می‌کرد و نگاشت آن به ابعاد پایداری، بر پایه‌ی تحلیل تفسیری پژوهشگر و در چارچوب علل و ابعاد از پیش تعریف‌شده انجام شد.

۳-۸- روایی و پایایی

روایی و اتکاپذیری یافته‌ها بر پایه‌ی معیارهای تثبیت‌شده‌ی اعتبار در پژوهش کیفی، به‌ویژه تأییدپذیری از راه مستندسازی و رد ممیزی، تأمین شد (Guba, 1985, 300 & Lincoln). برای این منظور، هر علت و سازوکار در یک سند ردیابی به منبع اصلی خود پیوند خورد و مشخصات شاهد (نوع مطالعه، محل دقیق در منبع، و وزن گزارش‌شده) ثبت شد تا هر خوشه از شواهدی چندمنبعی و قابل‌ردیابی برخیزد. افزون بر این، در سراسر استخراج، شواهد مستقیم متن از استنتاج تفسیری پژوهشگر به‌صراحت تفکیک شد؛ تفکیکی که به‌ویژه در نگاشت پایداری اهمیت داشت، چراکه مرز میان آنچه در منبع صریح آمده و آنچه از تحلیل چارچوبی استنتاج شده را روشن نگه می‌دارد.

پایایی فرایند نیز، با توجه به غربالگری تک‌دوره، از دو راه کنترل شد: ثبت کد دلیل برای هر تصمیم غربالگری، و سنجش پایایی درون‌دوری. برای دومی، نمونه‌ای تصادفی معادل ۱۵ درصد از رکوردها (۱۱۸ رکورد) پس از دو هفته دوباره غربالگری شد؛ از این میان در ۱۱۲ مورد توافق و در ۶ مورد اختلاف مشاهده شد و ضریب کاپای کوهن برابر ۰/۸۷ به‌دست آمد که معادل توافق تقریباً کامل است (Cohen, 1960, 37). سرانجام، برای ارزیابی استواری یافته‌ها، تحلیل حساسیت با دو معیار حذف سازوکارهای متکی بر یک مطالعه و محدودسازی مجموعه به مطالعات باکیفیت انجام شد (Spineli et al., 2021, 489). اعمال جداگانه‌ی هر معیار ساختار خوشه‌ها را تغییر نداد و تنها با اعمال هم‌زمان دو معیار، خوشه‌ی «محدودکردن فرصت‌طلبی از راه شفافیت» از آستانه‌ی استواری خارج شد؛ بنابراین ساختار کلی خوشه‌ها پایدار ماند.

۴- تحلیل داده‌ها

تحلیل داده‌ها در این پژوهش با هدف پاسخ‌گویی مرحله‌به‌مرحله به پرسش‌های پژوهش انجام شد. ابتدا ویژگی‌های مطالعات منتخب توصیف شد و سپس علل شکل‌گیری ادعا، قابلیت‌های فناوری‌های دیجیتال و سازوکارهای اثرگذاری آنها استخراج و



طبقه‌بندی شدند. در ادامه، روابط میان سازوکارها و علل ادعا بررسی و سرانجام پیامدهای هر سازوکار در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری تحلیل شد.

۴-۱- توصیف مطالعات منتخب

مجموعه‌ی نهایی شامل ۵۹ مطالعه بود که ۱۲۰ سازوکار از آن‌ها استخراج شد؛ به‌طور میانگین ۲۰۰۳ سازوکار به‌ازای هر مطالعه. از نظر توزیع فناوری، مدیریت اطلاعات ساختمان با پشتیبانی از ۵۹ سازوکار پرکاربردترین فناوری مجموعه بود و پس از آن بلاک‌چین با ۲۴ و قرارداد هوشمند با ۲۲ سازوکار قرار داشتند. یازده سازوکار از ترکیب چند فناوری پدیدآمده بودند، حال آنکه دوقلوی دیجیتال تنها با دو سازوکار و اینترنت اشیا با یک سازوکار حضور داشتند؛ توزیعی که نشان می‌دهد تمرکز ادبیات موجود بر گرد سه فناوری نخست بوده و به فناوری‌های نوظهورتر کمتر پرداخته است. در این توزیع، هر سازوکار تنها یک‌بار و بر پایه‌ی فناوری محوری آن شمرده شده است؛ سازوکارهای مبتنی بر ترکیب چند فناوری در دسته‌ی جداگانه‌ی چندفناوری (۱۱ سازوکار) قرار گرفتند و در شمارش فناوری‌های منفرد لحاظ نشدند.

از نظر زمینه‌ی جغرافیایی، مطالعات ۲۹ کشور را پوشش می‌دادند. عربستان سعودی با ۷ مطالعه بیشترین سهم را داشت و پس از آن مالزی، مصر و پاکستان هر کدام با ۴ مطالعه قرار داشتند. هفت مطالعه زمینه‌ی جهانی داشتند. حضور پررنگ کشورهای خاورمیانه و جنوب آسیا در این مجموعه درخور توجه است؛ سه مطالعه نیز در ایران انجام شده بودند. از نظر فاز چرخه‌ی عمر پروژه، ۲۷ مطالعه کل چرخه‌ی عمر و ۲۶ مطالعه فاز ساخت را هدف گرفته بودند. در مقابل، فازهای طراحی، مناقصه و تحویل به ترتیب تنها ۴، ۱ و ۱ مطالعه داشتند. این توزیع نامتوازن نشان می‌دهد که ادبیات، توجه اندکی به فازهای پیش‌قراردادی داشته است؛ حال آنکه بخشی از علل ادعا دقیقاً در همین فازها شکل می‌گیرد. ارزیابی کیفیت نشان داد که ۳۱ مطالعه در سطح بالا و ۲۸ مطالعه در سطح متوسط قرار دارند. میانگین نمره ۷۰۶۸ از ۱۰ و دامنه‌ی آن ۵ تا ۱۰ بود. تحلیل ابعاد ابزار ارزیابی، الگوی معناداری را آشکار کرد: در بعد بازتاب انتقادی محدودیت‌ها، اکثریت قاطع مطالعات نمره‌ی یک دریافت کردند؛ یعنی محدودیت‌های خود را صادقانه فهرست کرده بودند.

۴-۲- طبقه‌بندی علل شکل‌گیری ادعا

پاسخ به پرسش نخست پژوهش از جریان مکمل و بر پایه‌ی ۱۴ مطالعه به‌دست آمد. از این مطالعات ۱۴۲ علت خام استخراج شد که پس از نرمال‌سازی دومرحله‌ای، نخست ادغام علل هم‌معنا و سپس خوشه‌بندی مفهومی، به ۳۱ علت متمایز در ۸ خوشه تقلیل یافت. این خوشه‌ها گستره‌ای از عوامل را دربرمی‌گیرند، از کیفیت اسناد قراردادی و طراحی تا مسائل اجرایی، مالی و رفتاری. پرتکرارترین علل، تغییر محدود و دستور تغییر و تغییرات در شرایط کارگاهی بودند که هر کدام در شش مطالعه گزارش شده‌اند و بر نقش محوری تغییرات پیش‌بینی‌نشده در شکل‌گیری ادعا دلالت دارند.

جدول ۳- طبقه‌بندی ۳۱ علت شکل‌گیری ادعا در ۸ خوشه

خوشه‌ی علت	فراوانی	تعداد علل	نمونه علل
کیفیت اسناد قراردادی	۱۶	۵	اطلاعات ناقص، ابهام، تفسیر متفاوت مفاد
کیفیت طراحی و تغییر محدوده	۱۱	۳	تغییر محدوده و دستور تغییر، نقص طراحی
اجرا، کیفیت و مسائل کارگاهی	۱۱	۳	تغییرات در شرایط کارگاهی، کار معیوب و دوباره‌کاری
زمان و پیشرفت	۱۰	۷	تأخیر کارفرما، تأخیر پیمانکار، توقف کار
پرداخت و مالی	۸	۳	تأخیر پرداخت، خطا در ارزش‌گذاری
رفتار قراردادی و فرصت‌طلبی	۷	۴	نقض تعهدات، رفتار فرصت‌طلبانه
ارتباطات و هماهنگی	۵	۳	ارتباط ضعیف، اطلاع‌رسانی نابهنگام
مناقصه و پیشنهاد	۴	۳	عدم توازن پیشنهاد قیمت، ارزیابی ناعادلانه

۴-۳- قابلیت‌های فناوری‌های دیجیتال

برای پاسخ به پرسش دوم، ۱۱۵ قابلیت خام از مجموعه‌ی اصلی استخراج و پس از نرمال‌سازی به ۳۲ قابلیت متمایز در ۷ خانواده تبدیل شد. این خانواده‌ها هر یک به فناوری غالبی گره خورده‌اند؛ خانواده‌های ثبت تغییرناپذیر و خودکارسازی قراردادی به‌ترتیب بر بلاک‌چین و قرارداد هوشمند استوارند، حال آنکه پنج خانواده‌ی دیگر عمدتاً بر مدیریت اطلاعات ساختمان تکیه دارند. این

توزیع نشان می‌دهد که هر فناوری در پوشش دسته‌ی خاصی از قابلیت‌ها نقش محوری دارد و فناوری‌ها بیش از آنکه جایگزین یکدیگر باشند، مکمل‌اند. جدول ۴ توزیع این خانواده‌ها را همراه با فناوری غالب و شمار منابع هر یک نشان می‌دهد.

جدول ۴- خانواده‌های قابلیت، توزیع فناوری و شمار منابع

خانواده‌ی قابلیت	تعداد سازوکار	شمار منابع	فناوری غالب
ثبت تغییرناپذیر و اصالت‌سنجی	۲۶	۲۳	بلاک‌چین
خودکارسازی قراردادی	۲۴	۲۰	قرارداد هوشمند
مدل‌سازی بصری و تشخیص تداخل	۲۰	۱۳	مدیریت اطلاعات ساختمان
هماهنگی و مدیریت اطلاعات	۱۹	۱۴	مدیریت اطلاعات ساختمان
تحلیل زمان‌بندی و تأخیر	۱۲	۱۰	مدیریت اطلاعات ساختمان
محاسبه‌ی احجام، هزینه و پیشرفت	۱۰	۹	مدیریت اطلاعات ساختمان
طراحی قراردادی و حکمرانی	۹	۹	مدیریت اطلاعات ساختمان

۴-۴- سازوکارهای اثرگذاری

برای پاسخ به پرسش سوم، ۱۲۰ سازوکار استخراج‌شده پس از نرمال‌سازی به ۳۶ سازوکار متمایز در ۱۱ خوشه تبدیل شد. جدول ۵ توزیع خوشه‌ها را همراه با شمار منابع نشان می‌دهد. از ۱۲۰ سازوکار، ۸۳ مورد ماهیت بازدارنده و ۳۷ مورد ماهیت پساوقوع داشتند؛ نسبتی معادل ۶۹ به ۳۱ درصد. تحلیل نشان داد که این دو منطق در ادبیات از یکدیگر تفکیک شده‌اند: خوشه‌های یکم تا نهم تقریباً به طور کامل بازدارنده‌اند، حال آنکه دو خوشه‌ی تثبیت سابقه و اثبات اثر تقریباً به طور کامل پساوقوع هستند. پرتکرارترین سازوکار منفرد، اجرای خودکار پرداخت بر پایه‌ی شرط تأییدشده بود که در سیزده مطالعه گزارش شد. پس از آن، تثبیت زنجیره‌ی تغییرناپذیر رویدادهای پروژه با ده مورد و تشخیص تداخل هندسی پیش از اجرا با هشت مورد قرار داشتند. از میان ۳۱ علت شناسایی‌شده، ۲۲ علت دست‌کم یک سازوکار دریافت کردند و ۹ علت هیچ سازوکاری نگرفتند. علل بدون پوشش عمدتاً به تأخیرهای منتسب به ارکان مشخص قرارداد، شرایط متفاوت کارگاه و تجدیدنظر اجباری در قرارداد مربوط می‌شدند.

جدول ۵- خوشه‌های سازوکار، ماهیت و شمار منابع

خوشه‌ی سازوکار	تعداد	ماهیت غالب	شمار منابع
تثبیت سابقه‌ی انکارناپذیر رویدادها	۲۴	پساوقوع	۲۳
خودکارسازی استحقاق قراردادی	۲۰	بازدارنده	۱۷
تشخیص زودهنگام تعارض نهفته‌ی طراحی	۱۳	بازدارنده	۱۱
حذف خطای محاسباتی و ارزش‌گذاری	۱۲	بازدارنده	۱۱
کدگذاری مفاد قرارداد برای رفع ابهام	۱۲	بازدارنده	۱۲
اثبات اثر برای احراز استحقاق	۱۱	پساوقوع	۹
همسوسازی انتظار کارفرما پیش از تعهد	۸	بازدارنده	۸
ساختاردهی جریان اطلاعات و مسئولیت	۸	بازدارنده	۷
حذف خطای اجرایی در محل کار	۵	بازدارنده	۵
پیش‌بینی اثر آشنایی تغییر	۴	بازدارنده	۴
محدودکردن فرصت‌طلبی از راه شفافیت	۳	بازدارنده	۳

۴-۵- ماتریس سازوکار در برابر علت

جدول ۶ ماتریسی را نشان می‌دهد که در آن هر خانه، شمار اتصالات میان یک خوشه‌ی سازوکار و یک خوشه‌ی علت را نمایش می‌دهد. در این تصویر ستون‌های ماتریس، همان هشت خوشه‌ی علت‌اند که در طبقه‌بندی علل و در جریان مکمل پاسخ به سوال اول پژوهش به دست آمدند، و سطرها یازده خوشه‌ی سازوکار. اتصال‌های درون ماتریس نیز از داده‌ی استخراج به دست آمده‌اند؛ برای هر سازوکار، علت ادعایی که آن سازوکار برای مهارش به کار می‌رفت به‌صراحت از متن مطالعه ثبت شد. بنابراین هم خوشه‌های علت و هم اتصال‌ها، برخاسته از تحلیل داده‌اند، نه تخصیصی پس از آن. این ماتریس، تمرکز اثرگذاری را آشکار

می‌کند: خودکارسازی استحقاق عمدتاً بر خوشه‌ی پرداخت متمرکز است، تشخیص تعارض طراحی تنها بر خوشه‌ی طراحی، و تثبیت سابقه بر سه خوشه‌ی اجرا، رفتار و طراحی پخش شده است.

جدول ۶- داده‌های ماتریس اتصال ۱۱ خوشه‌ی سازوکار به ۸ خوشه‌ی علت ادعا

خوشه‌ی سازوکار / علت	اسناد	طراحی	پرداخت	زمان	اجرا	ارتباطات	رفتار	مناقشه
تثبیت سابقه	-	۴	-	۲	۹	-	۹	-
خودکارسازی استحقاق	-	-	۱۶	۴	-	-	-	-
تشخیص تعارض طراحی	-	۱۳	-	-	-	-	-	-
حذف خطای محاسباتی	-	۱	۱۰	-	-	-	-	۱
کدگذاری مفاد قرارداد	۱۰	-	-	-	۲	-	-	-
اثبات اثر	-	۲	۱	۸	-	-	-	-
همسوسازی انتظار	۱	۴	-	-	۱	۲	-	-
ساختاردهی اطلاعات	-	-	-	-	۱	۶	۱	-
حذف خطای اجرایی	۱	-	۱	-	۲	۱	-	-
پیش‌بینی اثر آبخاری	-	۲	-	۲	-	-	-	-
محدودکردن فرصت‌طلبی	-	-	-	-	-	-	۲	۱

۶-۴- تحلیل حساسیت

برای سنجش استواری خوشه‌های سازوکار، تحلیل حساسیت با دو معیار سخت‌گیرانه اجرا شد: حذف سازوکارهای متکی بر تنها یک مطالعه، و محدودسازی مجموعه به مطالعات باکیفیت بالا. منطق این آزمون آن است که اگر ساختار خوشه‌ها تنها در سایه‌ی شواهد ضعیف برپا مانده باشد، با کنارگذاشتن آن شواهد فرو می‌ریزد. نتایج نشان داد که اعمال جداگانه‌ی هر یک از دو معیار، تغییری در ساختار اصلی خوشه‌ها ایجاد نکرد. با اعمال هم‌زمان دو معیار نیز تنها خوشه‌ی «محدودکردن فرصت‌طلبی از راه شفافیت» که بر کمترین شمار سازوکار استوار است از آستانه‌ی استواری خارج شد؛ بنابراین ساختار کلی خوشه‌های سازوکار در برابر تغییر معیارهای تحلیلی پایدار ماند.

جدول ۷- نتایج تحلیل حساسیت خوشه‌های سازوکار

خوشه‌ی سازوکار	سازوکار متمایز	حذف سازوکار تک مطالعه	محدودیت کیفیت	نتیجه
خودکارسازی استحقاق قراردادی	۴	پابرجا	پابرجا	مستحکم
تثبیت سابقه‌ی انکارناپذیر رویدادها	۵	پابرجا	پابرجا	مستحکم
اثبات اثر برای احراز استحقاق	۴	پابرجا	پابرجا	مستحکم
کدگذاری مفاد قرارداد	۴	پابرجا	پابرجا	مستحکم
حذف خطای محاسباتی و ارزش‌گذاری	۳	پابرجا	پابرجا	مستحکم
همسوسازی انتظار کارفرما	۳	پابرجا	پابرجا	مستحکم
حذف خطای اجرایی در محل کار	۳	پابرجا	پابرجا	مستحکم
ساختاردهی جریان اطلاعات	۵	پابرجا	پابرجا	مستحکم
تشخیص زود هنگام تعارض طراحی	۲	پابرجا	پابرجا	مستحکم
پیش‌بینی اثر آبخاری تغییر	۲	پابرجا	پابرجا	مستحکم
محدودکردن فرصت‌طلبی از راه شفافیت	۱	حساس	حساس	شکنده



۴-۷- نگاشت سازوکارها بر ابعاد سه‌گانه‌ی پایداری

پیوند سازوکارها با ابعاد پایداری از راه چارچوبی تحلیلی به‌دست آمد. تنها پانزده مطالعه از پنجاه‌ونه مطالعه به پیامدهای پایداری اشاره کرده بودند؛ از این‌رو چارچوبی از معیارها پیش از تحلیل و مستقل از داده تعریف شد و هر سازوکار بر پایه‌ی آن ارزیابی شد. یک سازوکار واجد بعد اقتصادی شناخته شد اگر پیامد مالی مشخصی را حذف یا کاهش می‌داد؛ واجد بعد اجتماعی اگر رابطه‌ی میان طرفین را دگرگون می‌کرد، به‌گونه‌ای که صرف کاهش اختلاف برای احراز آن کافی نبود؛ و واجد بعد زیست‌محیطی اگر از مصرف فیزیکی منابع جلوگیری می‌کرد. نگاشت سازوکارها بر سه بعد پایداری نشان داد که هر ۳۶ سازوکار واجد بعد اقتصادی‌اند و از این‌رو این بعد قدرت تفکیک ندارد؛ حال آنکه دو بعد دیگر تفکیک‌کننده بودند و پانزده سازوکار واجد بعد اجتماعی و ده سازوکار واجد بعد زیست‌محیطی ارزیابی شدند، با تنها یک سازوکار که هر سه بعد را هم‌زمان داشت. بر همین پایه، تفکیک مسیرها تنها بر پایه‌ی این دو بعد معنا می‌یابد و الگوی روشنی را آشکار می‌کند: سازوکارهای واجد بعد زیست‌محیطی عمدتاً به فناوری‌های مدل‌محور و سازوکارهای واجد بعد اجتماعی عمدتاً به فناوری‌های دفترکل‌محور تعلق دارند. جدول ۸ نگاشت کامل ۳۶ سازوکار را نشان می‌دهد.

جدول ۸- نگاشت کامل ۳۶ سازوکار بر ابعاد سه‌گانه‌ی پایداری

خوشه‌ی سازوکار	فراوانی	اقتصادی	اجتماعی	زیست‌محیطی
تثبیت سابقه‌ی انکارناپذیر رویدادها	۲۴	✓	✓	-
خودکارسازی استحقاق قراردادی	۲۰	✓	✓	✓
تشخیص زودهنگام تعارض طراحی	۱۳	✓	✓	✓
حذف خطای محاسباتی و ارزش‌گذاری	۱۲	✓	✓	-
ساختاردهی جریان اطلاعات و مسئولیت	۱۲	✓	✓	-
کدگذاری مفاد قرارداد	۱۱	✓	✓	-
همسوسازی انتظار کارفرما	۸	✓	✓	✓
اثبات اثر برای احراز استحقاق	۸	✓	✓	✓
حذف خطای اجرایی در محل کار	۵	✓	✓	✓
پیش‌بینی اثر آشناری تغییر	۴	✓	-	✓
محدودکردن فرصت‌طلبی از راه شفافیت	۳	✓	✓	-

۵- یافته‌ها و بحث

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که اثرگذاری فناوری‌های دیجیتال بر مدیریت ادعا، الگویی یکنواخت و قابل تعمیم به همه فناوری‌ها و همه علل ندارد. نوع فناوری، ماهیت قابلیت و جنس علت مورد مداخله، مسیر اثرگذاری را شکل می‌دهند و همین تفاوت‌ها به پیامدهای متفاوتی در ابعاد پایداری منجر می‌شوند. تفسیر این روابط نشان می‌دهد که فناوری‌ها نه جایگزین یک‌دیگر، بلکه مداخله‌هایی با کارکردها و قلمروهای متفاوت‌اند؛ موضوعی که در ادامه با مقایسه یافته‌ها با ادبیات پیشین بررسی می‌شود.

۵-۱- دو مسیر متمایز اثرگذاری

یافته‌های این مرور نشان می‌دهد جنس مداخله‌ی هر فناوری، مسیر اثرگذاری آن را بر مدیریت ادعا تعیین می‌کند. فناوری‌های مدل‌محور (مدیریت اطلاعات ساختمان و واقعیت مجازی) بر مواد و هندسه اثر می‌گذارند و از دوباره‌کاری فیزیکی می‌کاهند؛ از این‌رو پیامدشان به بعد زیست‌محیطی گره می‌خورد. فناوری‌های دفترکل‌محور (بلاک‌چین و قرارداد هوشمند) بر اطلاعات و روابط قراردادی اثر می‌گذارند و توازن قدرت میان طرفین را جابه‌جا می‌کنند؛ از این‌رو پیامدشان اجتماعی است. این تصویر با آنچه در مرورهای پیشین ترسیم شده فاصله دارد. آنجا فناوری‌ها کنار هم و ذیل فهرستی از منافع مشترک بررسی شده‌اند (Zeberga et al., 2024, 33; Zhang et al., 2023, 1)، به‌گونه‌ای که هم کارکرد و جایگزین‌پذیر می‌نمایند. اما وقتی سازوکارها بر پایه‌ی علت ادعا و پیامد پایداری تفکیک شوند، روشن می‌شود که هر فناوری به کارکرد متمایزی گره‌خورده و انتخاب میان آن‌ها تابع نوع علت ادعا و بعد پایداری مطلوب است.

۵-۲- دو نقطه‌ی ورود فناوری به زنجیره‌ی ادعا

سازوکارها نه تنها از دو مسیر فناورانه، بلکه از دو نقطه‌ی متفاوت زنجیره‌ی شکل‌گیری ادعا وارد می‌شوند. منطق بازدارنده پیش از وقوع عمل می‌کند و از پیدایش علت ادعا جلوگیری می‌کند؛ منطق پس‌اوقوع پس از وقوع علت عمل می‌کند و با تثبیت سابقه‌ای انکارناپذیر، مانع تبدیل آن به اختلاف حقوقی می‌شود. غلبه‌ی سازوکارهای بازدارنده بر پس‌اوقوع نشان می‌دهد که کارکرد اصلی فناوری در این حوزه، حذف علت است نه صرف مستندسازی آن. تفکیک این دو منطق به تفکیک فناوری‌ها گره می‌خورد و نکته‌ای را آشکار می‌کند که در ادبیات مغفول مانده است: قرارداد هوشمند سازوکاری تماماً بازدارنده است، حال آنکه بلاک‌چین بیشتر پس‌اوقوع عمل می‌کند. مرورهایی که این دو فناوری را ذیل بستر مشترک دفترکل کنار هم می‌گذارند (Msawil et al., 2022, 35)، این تفاوت کارکردی را نادیده می‌گیرند؛ یکی رویداد را کنترل می‌کند و دیگری آن را ثبت. این تمایز پیامدی عملی دارد. سازمانی که با اختلاف مکرر بر سر پرداخت روبه‌روست به سازوکار بازدارنده نیاز دارد، و سازمانی که در اثبات استحقاق خود ناتوان است به سازوکار پس‌اوقوع؛ و هیچ‌یک جای دیگری را نمی‌گیرد.

۵-۳- مرزهای اثربخشی فناوری

فناوری‌های دیجیتال بر همه‌ی علل ادعا اثر یکسان ندارند. از سی و یک علت شناسایی‌شده، نه علت هیچ سازوکاری دریافت نکردند؛ عللی که عمدتاً ریشه در تصمیم‌های انسانی و سازمانی دارند، نظیر تأخیر منتسب به بازیگران مشخص یا تجدیدنظر اجباری در قرارداد. این علل از جنس اطلاعات یا هندسه نیستند تا با بازنمایی، ثبت یا مهار شوند، و به همین دلیل بیرون از دسترس مداخله‌ی فناورانه می‌مانند. تمرکز سازوکارها بر علل مربوط به اسناد، طراحی و پرداخت، در برابر غیبت‌شان در علل رفتاری، نشان می‌دهد که فناوری بر بخش ساختارمند و مستند شدنی زنجیره‌ی ادعا اثر می‌گذارد، نه بر بخش رفتاری آن. پژوهش‌هایی مانند (Gupta & Jha, 2024, 1054; Zeberga et al., 2024, 33)، با فهرست کردن دستاوردهای فناوری تصویری از اثرگذاری گسترده به دست می‌دهند، بی‌آنکه حدود آن را مشخص کنند. پژوهش حاضر نشان می‌دهد اثرگذاری فناوری مشروط است و به جنس علت بستگی دارد. این تفکیک، قلمرو علل رفتاری را که نیازمند راهکارهای سازمانی و قراردادی‌اند، از قلمرو راهکار فناورانه جدا می‌کند.

۵-۴- سازوکارها و ابعاد سه‌گانه‌ی پایداری

بعد اقتصادی در همه‌ی سازوکارها مشترک است و آن‌ها را از هم جدا نمی‌کند؛ تمایز اصلی در دو بعد اجتماعی و زیست‌محیطی است. اینجا همان تفکیک دو مسیر دوباره دیده می‌شود: سازوکارهای مدل‌محور بیشتر به بعد زیست‌محیطی می‌رسند و سازوکارهای دفترکل محور به بعد اجتماعی. کاهش ادعا معمولاً هدفی اقتصادی و حقوقی به‌شمار می‌رود، اما این نگراشت نشان می‌دهد که همان سازوکارها بر پایداری اجتماعی و زیست‌محیطی پروژه هم اثر می‌گذارند؛ اثری که در مرورهایی که پایداری را جدا از مدیریت ادعا بررسی کرده‌اند دیده نشده است. پس پیشگیری از ادعا را می‌توان اهرمی برای بهبود هر سه بعد پایداری دانست، نه صرفاً هدفی مالی.

۵-۵- مدل نهایی پژوهش

مدل مفهومی تصویر ۳، یافته‌های چهارگانه‌ی پژوهش را در یک ساختار اثرگذاری واحد یکپارچه می‌کند. منطق اصلی مدل این است که هر انتخاب در ابتدای زنجیره، انتخاب‌های بعدی را مقید می‌کند؛ نوع فناوری، جنس قابلیت را تعیین می‌کند، قابلیت نوع سازوکار را، سازوکار دسته‌ی علت قابل‌مهار را، و علت سرانجام بعد پایداری حاصل را. زنجیره یک‌طرفه نیست بلکه مقیدکننده است؛ با دانستن نقطه‌ی آغاز، می‌توان نقطه‌ی پایان را پیش‌بینی کرد. این زنجیره، الگوی غالب اثرگذاری را در سطح کلان نشان می‌دهد و نه رابطه‌ای مطلق و یک‌به‌یک؛ در عمل بسیاری از سازوکارها بر بیش از یک علت اثر می‌گذارند، و این روابط چندگانه در ماتریس سازوکار در برابر علت (جدول ۶) به تفصیل ارائه شده است.

آنچه مدل را از یک توالی خطی متمایز می‌کند، دو مسیر موازی درون آن است. این دو مسیر صرفاً دو نمونه از یک الگوی واحد نیستند، بلکه دو منطق متفاوت مداخله‌اند که به دو پیامد پایداری جدا می‌رسند؛ مسیر مدل‌محور از راه مداخله بر ماده به بعد زیست‌محیطی، و مسیر دفترکل محور از راه مداخله بر رابطه به بعد اجتماعی. بعد اقتصادی، بستر مشترک هر دو مسیر است و به همین دلیل در مدل نه در انتهای یک مسیر، بلکه در میانه و مشترک میان دو مسیر جای گرفته است. ارزش کاربردی مدل در همین ساختار مقیدکننده نهفته است. مدل به تصمیم‌گیرنده نشان می‌دهد که انتخاب فناوری، انتخاب ضمنی یک بعد پایداری نیز هست؛ سازمانی که در پی بهبود پایداری اجتماعی پروژه است باید از مسیر دفترکل محور آغاز کند، و سازمانی که پایداری زیست‌محیطی را هدف گرفته، از مسیر مدل‌محور.



در مقایسه با مدل‌های پیشین، تمایز این چارچوب در یکپارچه‌سازی زنجیره‌ی کامل است. مرورهای پیشین یا بر یک حلقه‌ی این زنجیره متمرکز بوده‌اند (نظیر تمرکز بر قابلیت‌های بلاک‌چین در مدیریت قرارداد) یا فناوری‌ها را بدون اتصال به علل و پیامدهای پایداری فهرست کرده‌اند (Gupta & Jha, 2024, 1054; Zhang et al., 2023, 1). چارچوب حاضر این حلقه‌ها را در یک ساختار اثرگذاری پیوسته به هم متصل می‌کند و نشان می‌دهد که مسیر انتخاب فناوری تا پیامد پایداری، مسیری واحد و قابل‌ردیابی است.



تصویر ۳- مدل نهایی پژوهش

۶- نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که علل شکل‌گیری ادعاها در صنعت ساخت ماهیتی چندبعدی دارند؛ ۱۴۲ علت اولیه در ۳۱ علت متمایز و هشت خوشه طبقه‌بندی شدند که تغییر محدوده و دستور تغییر و نیز تغییرات شرایط کارگاهی در میان پرتکرارترین آنها قرار داشتند. در سوی دیگر، ۱۱۵ قابلیت فناوری به ۳۲ قابلیت در هفت خانواده تقبیل یافت. توزیع این قابلیت‌ها میان فناوری‌های مختلف نشان داد که هر فناوری در پوشش نوع مشخصی از قابلیت‌ها نقش غالب دارد و فناوری‌ها بیش از آنکه جایگزین یکدیگر باشند، مکمل‌اند.

اثرگذاری این قابلیت‌ها از طریق ۳۶ سازوکار متمایز در ۱۱ خوشه صورت می‌گیرد. از ۱۲۰ سازوکار اولیه، ۸۳ مورد ماهیت بازدارنده و ۳۷ مورد ماهیت پساوقوع داشتند. سازوکارهای بازدارنده پیش از شکل‌گیری علت ادعا مداخله می‌کنند، درحالی که سازوکارهای پساوقوع پس از وقوع علت، از تشدید آن و تبدیل شدن به ادعا یا اختلاف پیچیده‌تر جلوگیری می‌کنند. این سازوکارها ۲۲ مورد از ۳۱ علت شناسایی شده را پوشش دادند و نشان دادند که ظرفیت مداخله فناورانه به نوع علت وابسته است و همه علل ادعا به یک اندازه از طریق فناوری قابل مهار نیستند.

پیوند سازوکارهای شناسایی شده با پایداری نیز یکسان نبود. هر ۳۶ سازوکار واجد پیامد اقتصادی بودند، درحالی که ۱۵ سازوکار با بعد اجتماعی و ۱۰ سازوکار با بعد زیست‌محیطی ارتباط داشتند. سازوکارهای مرتبط با فناوری‌های مدل محور عمدتاً به پیامدهای زیست‌محیطی و سازوکارهای مرتبط با فناوری‌های دفترکل محور بیشتر به پیامدهای اجتماعی پیوند یافتند. از این‌رو، فناوری‌های دیجیتال از مسیر پیوسته‌ای شامل قابلیت فناوری، سازوکار اثرگذاری و مداخله بر علت ادعا به مدیریت ادعا کمک می‌کنند؛ مسیری که در سطح کلان در دو جهت مدل محور و دفترکل محور شکل می‌گیرد و پیامد آن می‌تواند از قلمرو اقتصادی فراتر رفته و ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی مدیریت پروژه پایدار را نیز دربرگیرد.

از حیث کاربردی، یافته‌ها نشان می‌دهند که انتخاب فناوری نباید صرفاً بر پایه تازگی یا گستردگی قابلیت‌های آن صورت گیرد، بلکه باید با نوع مسئله‌ای که سازمان در پی مهار آن است و پیامد پایداری مورد انتظار تناسب داشته باشد. بر پایه الگوی حاصل از این سنتز، سازمانی که با اختلافات مکرر در حوزه پرداخت و روابط قراردادی روبه‌روست می‌تواند از فناوری‌های دفترکل محور

بهره بیشتری ببرد، درحالی که برای کاهش دوباره کاری ناشی از خطاهای طراحی و اجرا، فناوری‌های مدل‌محور تناسب بیشتری دارند

مهم‌ترین محدودیت پژوهش، تک‌داوره بودن فرآیند غربالگری و طبقه‌بندی بود. برای کاهش این خطر، ضریب کاپای کوهن محاسبه شد و مقدار آن توافقی تقریباً کامل را نشان داد؛ با این حال، این محدودیت به‌ویژه در نگاشت تفسیری سازوکارها بر ابعاد پایداری باید در تفسیر یافته‌ها مورد توجه قرار گیرد. افزون بر این، پوشش برخی فناوری‌های نوظهور، به‌ویژه دوقلوی دیجیتال، اینترنت اشیا و متاورس، در مجموعه مطالعات محدود بود و در نتیجه درباره ظرفیت آنها نمی‌توان با همان سطح اطمینان فناوری‌هایی با مطالعات بیشتر دآوری کرد. بر پایه یافته‌های این پژوهش، سه مسیر برای پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود. نخست، آزمون میدانی سازوکارهای شناسایی‌شده در پروژه‌های واقعی، تا اعتبار عملی آنها فراتر از سنتز ادبیات سنجیده شود. دوم، کاوش در فناوری‌هایی که در مجموعه‌ی کنونی پوشش اندکی داشتند، به‌ویژه دوقلوی دیجیتال، اینترنت اشیا و متاورس که ظرفیتشان در پیشگیری از ادعا هنوز ناشناخته است. سوم، بررسی تجربی پیوند میان پیشگیری از ادعا و پایداری.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Building Information Management (BIM)
- 2- Digital Twin (DT)
- 3- Blockchain
- 4- Smart Contract
- 5- Internet of Things (IoT)
- 6- Construction Metaverse (CM)
- 7- PRISMA
- 8- Critical Interpretive Synthesis (CIS)
- 9- Scopus
- 10- Web of Science
- 11- Cohen's Kappa
- 12- Conflict
- 13- Claim
- 14- Dispute

حامیان مالی: این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی یا معنوی از سوی نهاد یا سازمانی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان: تمام مراحل پژوهش، شامل طراحی مطالعه، گردآوری و تحلیل داده‌ها، تفسیر یافته‌ها و نگارش مقاله توسط نویسنده انجام شده است.

اعلام عدم تعارض منافع: نویسنده اعلام می‌دارد که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی وجود نداشته است.

بیانیه شفافیت کاربست هوش مصنوعی: نویسنده اعلام می‌دارد که در مقاله حاضر از ابزارهای هوش مصنوعی، با محوریت ChatGPT و Claude، برای تصحیح متن، ویرایش نگارشی و زبانی و همچنین یکپارچگی مطالب استفاده شده است. این ابزارها نقشی در تولید محتوای علمی نداشته‌اند. تمامی محتوای علمی، تحلیل‌ها، نتایج و مسئولیت نهایی مقاله بر عهده نویسنده است.

قدردانی: از همه افرادی که در این مقاله مشاوره علمی ارائه کرده‌اند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- ارفع‌نیا، بهشید و ملاابراهیمی، عماد. (۱۳۹۷). حل مسالمت‌آمیز و شرایط جایگزین؛ روش‌های حل و فصل اختلافات در قراردادهای نوین بالادستی صنعت نفت و گاز با تأکید بر قرارداد IPC. *مطالعات حقوق انرژی*، ۴(۲)، ۲۹۳-۳۲۰.
- <https://doi.org/10.22059/jrels.2019.267142.235>
- تلخایی، هادی؛ پرچی جلال، مجید و گلابچی، محمود. (۱۳۹۳). بررسی و تحلیل علل ایجاد ادعاهای پیمانکاری قراردادهای طرح و ساخت عمرانی پروژه‌های زیرزمینی کشور. *نشریه مهندسی تونل و فضاهای زیرزمینی*، ۳(۱)، ۱۹-۳۵.
- <https://doi.org/10.22044/tuse.2014.445>



- جلیلی بال، زهرا؛ حاجی یخچالی، سیامک؛ بزرگی امیری، علی و ایمانی، ساناز. (۱۳۹۵). شناسایی معیارهای توسعه پایدار مؤثر بر انتخاب پروژه‌ها، با توجه به ارتباطات میان آن‌ها. *سیاست‌نامه علم و فناوری*، ۳(۳)، ۱۵-۲۸. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24767220.1395.06.3.2.9>
- ساجدی، سیدفتح‌اله و سرمست شوشتری، فرخ. (۱۳۹۶). یادداشت فنی: تحلیل موارد ادعا و اختلاف قراردادهای پروژه‌های عمرانی در صنعت نفت و گاز ایران و ارائه راهکارها. *مهندسی سازه و ساخت*، ۲(۲)، ۱۷۳-۱۹۲. <https://doi.org/10.22065/jsce.2017.72612.1044>
- طاهری‌پور، سحر و اربابی، هانی. (۱۴۰۲). نقش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در کاهش تعارضات، دعاوی و اختلافات پروژه‌های صنعت احداث. *نشریه نخبگان علوم و مهندسی*، ۸(۱)، ۵۶-۷۱.
- نظری، احد؛ پرچی جلال، مجید؛ شهیدی نشروود کلی، ساسان و حجت‌پناه، شایان. (۱۴۰۱). بررسی تحلیلی چالش‌های پیمانکاران ساخت در طرح ادعاهای قراردادی. *چشم‌انداز مدیریت صنعتی*، ۱۲(۴)، ۱۹۹-۲۲۱. <https://doi.org/10.52547/jimp.12.4.199>
- یوسفی، ساموئل؛ کاکایی، سرو و جهانگشای رضایی، مصطفی. (۱۳۹۶). ارائه یک روش ترکیبی از نقشه‌شناسی و تحلیل پوششی داده‌های فازی برای بررسی تأخیرات پروژه‌های ساختمانی. *فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۵(۴۵)، ۱۷۷-۲۰۷. <https://doi.org/10.22054/jims.2017.7615>
- Abougamil, R. A., Thorpe, D., & Heravi, A. (2023). Investigating the source of claims with the importance of BIM application on reducing construction disputable claims in KSA. *Buildings*, 13(9), 2219. <https://doi.org/10.3390/buildings13092219>
- Abougamil, R. A., Thorpe, D., & Heravi, A. (2024). An investigation of BIM advantages in analysing claims procedures related to the extension of time and money in the KSA construction industry. *Buildings*, 14(2), 426. <https://doi.org/10.3390/buildings14020426>
- Abuaddous, M., Al-Btoosh, J. A. A., Al-Btoush, M. A. K., & Alkherret, A. J. (2020). Building information modeling strategy in mitigating variation orders in roads projects. *Civil Engineering Journal*, 6(10), 1974-1982. <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091596>
- Adejola, F. O., & Nwobodo-Anyadiiegwu, E. N. (2025). Digital technologies for sustainable construction project management: A systematic review of benefits and challenges. *Sustainability*, 17(24), 11247. <https://doi.org/10.3390/su172411247>
- Adel, K., Elhakeem, A., & Marzouk, M. (2023). Decentralized system for construction projects data management using blockchain and IPFS. *Journal of Civil Engineering and Management*, 29(4), 342-359. <https://doi.org/10.3846/jcem.2023.18646>
- Ahmed, M. O., & El-adaway, I. H. (2023). Data-driven analysis of construction bidding stage-related causes of disputes. *Journal of Management in Engineering*, 39(5), 04023026. <https://doi.org/10.1061/JMENEA.MEENG-5426>
- Akhtar, J., Khan, K. I. A., Tahir, M. B., Ullah, F., & Waheed, A. (2024). Decoding social sustainability in construction projects: Analysis of project dynamics and impact. *Buildings*, 14(3), 682. <https://doi.org/10.3390/buildings14030682>
- Al Khalifa, A. (2025). Proactive conflict detection and management in the construction industry: Integrating multifaceted approaches for dispute prevention. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 17(4), 04525056. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-1263>
- Alaw, S., Qasem, A., Suayqir, S., Alabaidi, W., Alasaibia, A., & Almohassen, A. (2026). A BIM-based framework for assessing change order impacts on time and cost in Saudi construction. *Buildings*, 16(13), 2543. <https://doi.org/10.3390/buildings16132543>
- Alfalah, G., Al-Sakkaf, A., Abdelkader, E. M., Rawdhan, S., Shaawat, M. E., & Alshamrani, O. (2024). Studying potentials and barriers of successful implementation of smart contracts in Saudi Arabia's construction industry. *Advances in Civil Engineering*, 2024(1), 9646556. <https://doi.org/10.1155/adce/9646556>
- Ali, B., Zahoor, H., Nasir, A. R., Maqsoom, A., Khan, R. W. A., & Mazher, K. M. (2020). BIM-based claims management system: A centralized information repository for extension of time claims. *Automation in Construction*, 110, 102937. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102937>

- Ali, B., Zahoor, H., Aibinu, A., Nasir, A. R., Tariq, A., Imran, U., & Khan, R. M. (2021). BIM aided information and visualization repository for managing construction delay claims. *Journal of Information Technology in Construction*, 26, 1023–1040. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.054>
- Ali, M., & Fathi, M. S. (2026). The contractual protocol best practices and challenges for building information modelling implementation in water treatment plant projects. *paperASIA*, 42(2b), 562–575. <https://doi.org/10.59953/paperasia.v42i2b.1096>
- Alrasheed, K. A., Soliman, E., & AlMesbah, F. E. (2023). Dispute classification in construction projects based on litigation cases. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 15(3), 04523013. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-910>
- Alwash, A., Love, P. E. D., & Olatunji, O. (2017). Impact and remedy of legal uncertainties in building information modeling. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 9(3), 04517005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000219](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000219)
- Arcadis. (2025). *Construction disputes in motion: Speed, agility, and adapting to change: 15th annual construction disputes report*. <https://media.arcadis.com/-/media/project/arcadiscom/com/expertise/global/contract-solutions/2025/2025-15th-annual-construction-disputes-report-final-19jun25.pdf>
- Armenia, S., Dangelico, R. M., Nonino, F., & Pompei, A. (2019). Sustainable project management: A conceptualization-oriented review and a framework proposal for future studies. *Sustainability*, 11(9), 2664. <https://doi.org/10.3390/su11092664>
- Asadi, R., Wilkinson, S., & Rotimi, J. O. B. (2023). The common causes of rework in construction contracts: A diagnostic approach. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 21(4), 1107–1133. <https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2021-0215>
- Assaf, M., Zayed, T., Hussein, M., & Alfalah, G. (2025). Blockchain-enabled cash flow management system in offsite construction projects. *Results in Engineering*, 27, 105508. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105508>
- Atanasov, V. A. (2026). Ascertaining the reasons for escalation of disagreements over extension of time assessments from construction delay claims into disputes. *Buildings*, 16(4), 872. <https://doi.org/10.3390/buildings16040872>
- Awwad, R., Barakat, B., & Menassa, C. C. (2016). Understanding dispute resolution in the Middle East region from perspectives of different stakeholders. *Journal of Management in Engineering*, 32(6), 05016019. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000465](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000465)
- Basheer, M., Elghaish, F., Brooks, T., Pour Rahimian, F., & Park, C. (2024). Blockchain-based decentralised material management system for construction projects. *Journal of Building Engineering*, 82, 108263. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.108263>
- Bolhassan, D. N., Changsaar, C., Khoso, A. R., Siawchuing, L., Bamgbade, J. A., & Hing, W. N. (2022). Towards adoption of smart contract in construction industry in Malaysia. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 30(1), 141–160. <https://doi.org/10.47836/pjst.30.1.08>
- Braimah, N. (2013). Construction delay analysis techniques—a review of application issues and improvement needs. *Buildings*, 3(3), 506–531. <https://doi.org/10.3390/buildings3030506>
- Cassandro, J., Mirarchi, C., Zanchetta, C., & Pavan, A. (2024). Enhancing accuracy in cost estimation: Structured cost data integration and model validation. *Journal of Information Technology in Construction*, 29, 1293–1325. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2024.058>
- Chan, E. E., Nik-Bakht, M., & Han, S. H. (2021). Sources of ambiguity in construction contract documents, reflected by litigation in Supreme Court cases. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 13(4), 04521031. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000498](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000498)
- Cheng, J. C. P., Liu, H., Gan, V. J. L., Das, M., Tao, X., & Zhou, S. (2023). Construction cost management using blockchain and encryption. *Automation in Construction*, 152, 104841. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104841>

- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Das, M., Tao, X., Liu, Y., & Cheng, J. C. P. (2022). A blockchain-based integrated document management framework for construction applications. *Automation in Construction*, 133, 104001. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104001>
- Deng, M., Menassa, C. C., & Kamat, V. R. (2021). From BIM to digital twins: A systematic review of the evolution of intelligent building representations in the AEC-FM industry. *Journal of Information Technology in Construction*, 26, 58–83. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.005>
- Dixon-Woods, M., Cavers, D., Agarwal, S., Annandale, E., Arthur, A., Harvey, J., Hsu, R., Katbamna, S., Olsen, R., Smith, L., Riley, R., & Sutton, A. J. (2006). Conducting a critical interpretive synthesis of the literature on access to healthcare by vulnerable groups. *BMC Medical Research Methodology*, 6, 35. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-6-35>
- Dogonyaro, I., & Elnokaly, A. (2025). Enabling BIM innovation through knowledge-driven legal-contractual risk management: A novel strategic risk breakdown structure. *Applied Sciences*, 15(24), 13038. <https://doi.org/10.3390/app152413038>
- Dong, Y., Hu, Y., Li, S., Cai, J., & Han, Z. (2024). BIM-blockchain integrated automatic asset tracking and delay propagation analysis for prefabricated construction projects. *Automation in Construction*, 168, 105854. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105854>
- Ebekozien, A., Aigbavboa, C., Adekunle, S. A., Samsurijan, M. S., Aliu, J., Arthur-Aidoo, B. M., & Amadi, G. C. (2024). Smart contract applications in the built environment: How prepared are Nigerian construction stakeholders? *Frontiers of Engineering Management*, 11(1), 50–61. <https://doi.org/10.1007/s42524-023-0275-z>
- El-Sayegh, S., Ahmad, I., Aljanabi, M., Herzallah, R., Metry, S., & El-Ashwal, O. (2020). Construction disputes in the UAE: Causes and resolution methods. *Buildings*, 10(10), 171. <https://doi.org/10.3390/buildings10100171>
- Eldeeb, A. M., Farag, M. A. M., & Abd El-hafez, L. M. (2022). Using BIM as a lean management tool in construction processes – a case study. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(2), 101556. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.009>
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone Publishing.
- Ercay, M. Y., & Sertyesilisik, B. (2021). Preliminary checklist proposal for enhancing BIM-based construction project contracts. *Journal of Information Technology in Construction*, 26, 341–365. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.019>
- Eze, E. C., & Ameyaw, E. E. (2025). Potential application areas and benefits of blockchain-enabled smart contracts adoption in infrastructure public-private partnership (PPP) projects. *Sustainable Futures*, 9, 100477. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100477>
- Eze, E. C., & Ameyaw, E. E. (2026). Assessing potential critical success factors to adopting blockchain-enabled smart contracts in infrastructure PPP projects. *International Journal of Construction Management*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/15623599.2026.2635996>
- Faraji, A., Rashidi, M., Meydani Haji Agha, T., Rahnamayiezekavat, P., & Samali, B. (2022). Quality management framework for housing construction in a design-build project delivery system: A BIM-UAV approach. *Buildings*, 12(5), 554. <https://doi.org/10.3390/buildings12050554>
- Francis, M., Perera, S., Zhou, W., & Nanayakkara, S. (2025). A comprehensive typology of causes leading to disputes in construction projects. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 17(4), 03125006. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-1231>
- Goh, C. S., Chong, H.-Y., Jack, L., & Mohd Faris, A. F. (2020). Revisiting triple bottom line within the context of sustainable construction: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119884. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119884>



- Gouda Mohamed, A., Alqahtani, F. K., Sherif, M., & El-Shamie, S. M. (2025). Scrutinizing the adoption of smart contracts in the MENA region's construction industry. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 24(3), 1558–1577. <https://doi.org/10.1080/13467581.2024.2329354>
- Gupta, P., & Jha, K. N. (2024). Integration of blockchain in contract management for prevention of construction disputes: A systematic literature review and conceptual framework. *International Journal of Construction Management*, 24(10), 1054–1065. <https://doi.org/10.1080/15623599.2023.2274720>
- Handayani, T. N., Likhitrungsilp, V., & Yabuki, N. (2019). A building information modeling (BIM)-integrated system for evaluating the impact of change orders. *Engineering Journal*, 23(4), 67–90. <https://doi.org/10.4186/ej.2019.23.4.67>
- Hansen, S., Setiawan, A. F., & Kenrich (2025). Proposed contract clauses for building information modelling integrated construction projects. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 16(3), 18–31. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2025.16.03.003>
- Hartmann, S., Gossmann, D., Kalmuk, S., & Klemm-Albert, K. (2023). Optimizing interfaces of construction processes by digitalization using the example of hospital construction in Germany. *Buildings*, 13(6), 1421. <https://doi.org/10.3390/buildings13061421>
- Hsu, K. M., Hsieh, T. Y., & Chen, J. H. (2015). Legal risks incurred under the application of BIM in Taiwan. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Forensic Engineering*, 168(3), 127–133. <https://doi.org/10.1680/feng.14.00005>
- Ibraheem, R. A. R., & Mahjoob, A. M. R. (2022). Facilitating claims settlement using building information modeling in the school building projects. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1), 40. <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00646-2>
- Kalach, M., Abdul-Malak, M. A., & Srouf, I. (2021). BIM-enabled streaming of changes and potential claims induced by fast-tracking design-build projects. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 13(1), 04520042. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000450](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000450)
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408–425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>
- Khalesi, H., Balali, A., Valipour, A., Antucheviciene, J., Migilinskas, D., & Zigmund, V. (2020). Application of hybrid SWARA–BIM in reducing reworks of building construction projects from the perspective of time. *Sustainability*, 12(21), 8927. <https://doi.org/10.3390/su12218927>
- Khawaja, E. U. R., & Mustapha, A. (2021). Mitigating disputes and managing legal issues in the era of building information modelling. *Journal of Construction in Developing Countries*, 26(1), 111–130. <https://doi.org/10.21315/jcdc2021.26.1.6>
- Kim, E. W., Park, M. S., Kim, K., & Kim, K. J. (2022). Blockchain-based automatic tracking and extracting construction document for claim and dispute support. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 26(9), 3707–3724. <https://doi.org/10.1007/s12205-022-2181-z>
- Kim, K. B., Cho, C. S., Kim, D. J., & Kim, S. B. (2025). A pilot study on developing smart contracts in the construction industry: Establishing strategies for improving standard contract terms in the Korean construction engineering industry. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 29(12), 100289. <https://doi.org/10.1016/j.kscj.2025.100289>
- Kumaraswamy, M. M. (1997). Conflicts, claims and disputes in construction. *Engineering Construction and Architectural Management*, 4(2), 95–111. <https://doi.org/10.1046/j.1365-232X.1997.00087.x>
- Li, J., Greenwood, D., & Kassem, M. (2019). Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases. *Automation in Construction*, 102, 288–307. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.005>
- Lin, Y. B., & Chou, S. L. (2021). SpecTalk: Conforming IoT implementations to sensor specifications. *Sensors*, 21(16), 5260. <https://doi.org/10.3390/s21165260>
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.

- Martens, M. L., & Carvalho, M. M. (2017). Key factors of sustainability in project management context: A survey exploring the project managers' perspective. *International Journal of Project Management*, 35(6), 1084–1102. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.04.004>
- Marzouk, M., Othman, A., Enaba, M., & Zaher, M. (2018). Using BIM to identify claims early in the construction industry: Case study. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 10(3), 05018001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000254](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000254)
- Mastan, Z. P., Retnanathan, S. A., Mohammad, S. I. S., Azuan, N. I. B. M., & Vasudevan, A. (2025). Legal and regulatory challenges of BIM in Malaysian construction law. *Architecture Image Studies*, 6(3), 17–42. <https://doi.org/10.62754/ais.v6i3.180>
- Matarneh, S. T. (2024). Construction disputes causes and resolution methods: A case study from a developing country. *Journal of Construction in Developing Countries*, 29(1), 139–161. <https://doi.org/10.21315/jcdc-04-23-0043>
- Menezes-Firmino, M. J., Alencar, L. H., & Olbina, S. (2026). Systematic literature review of contracts management for BIM-based projects: A conceptual framework based on agile practices. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 18(2), 03126001. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-1422>
- Mohd Halimi, F. A., Abdullah Habib, S. N. H., & Ismail, S. (2025). Enhancing sustainability through the integration of relational contracting elements in BIM contractual framework for the Malaysian construction industry. *Planning Malaysia*, 23(6), 874–890. <https://doi.org/10.21837/pm.v23i39.1947>
- Msawil, M., Greenwood, D., & Kassem, M. (2022). A systematic evaluation of blockchain-enabled contract administration in construction projects. *Automation in Construction*, 143, 104553. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104553>
- Muse, A. B., Alsuhaibani, A., Hassanain, M. A., Alshibani, A., & Muse, A. M. (2026). Framework for leveraging BIM to mitigate disputes in construction projects in Saudi Arabia. *Frontiers in Built Environment*, 11, 1719589. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2025.1719589>
- Olaimat, A. R. A., & Marey-Perez, M. (2026). Lifecycle-based analysis of construction dispute causes: A semi-automated systematic review. *Buildings*, 16(5), 944. <https://doi.org/10.3390/buildings16050944>
- Olanipekun, A. O., & Sutrisna, M. (2021). Facilitating digital transformation in construction—a systematic review of the current state of the art. *Frontiers in Built Environment*, 7, 660758. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.660758>
- Olatunji, O. A. (2016). Constructing dispute scenarios in building information modeling. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 8(1), C4515001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000165](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000165)
- Olusola, J., & Phung, Q. (2026). A framework for adopting smart contracts in the Nigerian construction industry. *International Journal of Construction Management*, 26(7), 1284–1298. <https://doi.org/10.1080/15623599.2025.2550478>
- Opoku, D.-G. J., Perera, S., Osei-Kyei, R., & Rashidi, M. (2021). Digital twin application in the construction industry: A literature review. *Journal of Building Engineering*, 40, 102726. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102726>
- Othman, A. A. E., & Sayed, A. M. (2025). A BIM-IPD integrated framework for reducing disputes in construction projects in Egypt. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 16(3), 150–171. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2025.16.03.011>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020



- statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Palinkas, L. A., Horwitz, S. M., Green, C. A., Wisdom, J. P., Duan, N., & Hoagwood, K. (2015). Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 42(5), 533–544. <https://doi.org/10.1007/s10488-013-0528-y>
- Parchami Jalal, M., Yavari Roushan, T., Noorzai, E., & Alizadeh, M. (2020). A BIM-based construction claim management model for early identification and visualization of claims. *Smart and Sustainable Built Environment*, 10(2), 227–257. <https://doi.org/10.1108/SASBE-10-2019-0141>
- Permatasari, P. M., & Dewi, C. I. D. L. (2025). Praktek penyelesaian sengketa konstruksi diuar pengadilan di Indonesia. *RIO LAW JURNAL*, 6(1), 403–414. <https://doi.org/10.36355/rlj.v6i1.1575>
- Pham, H. C., Tran, S. V. T., & Bao, Q. L. (2025). A decentralized framework integrating BIM 5D and blockchain for transparent payment automation in construction. *Buildings*, 15(22), 4029. <https://doi.org/10.3390/buildings15224029>
- Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: In search of conceptual origins. *Sustainability Science*, 14(3), 681–695. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5>
- Radzi, A. R., Algahtany, M., Mahazir, M., Mohd Zainudin, N., & Rahman, R. A. (2026). Minimizing disputes in construction projects: Organizational strategies for effective BIM execution plan development. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 18(1), 04525087. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-1313>
- Saad Alotaibi, B., Waqar, A., Radu, D., Khan, A. M., Dodo, Y., Althoey, F., & Almujiabah, H. (2024). Building information modeling (BIM) adoption for enhanced legal and contractual management in construction projects. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(7), 102822. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102822>
- Sadok, H., Bentaleb, A., El Maknoui, M. E. H., AlQodsi, E. M., Lazaar, M., & Jadalhaq, I. M. (2026). Integrating the digital twin into elastic cost optimization for legally defensible construction schedule management. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 18(4), 04526040. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-1568>
- Silvius, A. J. G., & Schipper, R. P. J. (2014). Sustainability in project management: A literature review and impact analysis. *Social Business*, 4(1), 63–96. <https://doi.org/10.1362/204440814X13948909253866>
- Spineli, L. M., Kalyvas, C., & Papadimitropoulou, K. (2021). Quantifying the robustness of primary analysis results: A case study on missing outcome data in pairwise and network meta-analysis. *Research Synthesis Methods*, 12(4), 475–490. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1478>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Tanriverdi, C., Atasoy, G., Dikmen, I., & Birgonul, M. T. (2021). Causal mapping to explore emergence of construction disputes. *Journal of Civil Engineering and Management*, 27(5), 288–302. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.14900>
- Tantawy, M., Kosbar, M. M., Nour, S. M., Mansour, N., & Ehab, A. (2025). Leveraging BIM for proactive dispute avoidance in construction projects. *Buildings*, 15(9), 1401. <https://doi.org/10.3390/buildings15091401>
- Tao, X., Wong, P. K. Y., Xu, Y., Liu, Y., Gong, X., Zheng, C., Das, M., & Cheng, J. C. P. (2023). Smart contract swarm and multi-branch structure for secure and efficient BIM versioning in blockchain-aided common data environment. *Computers in Industry*, 149, 103922. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103922>
- Titus, O. O., Liyana binti Tajul Ariffin, H., & Ali, K. N. (2023). Construction dispute and contract incompleteness in Nigeria construction industry. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(10), 102153. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102153>

- Torkanfar, N., Rezazadeh Azar, E., & McCabe, B. (2025). Decentralized and collaborative information management system in construction contract administration: A change management case study. *Journal of Information Technology in Construction*, 30, 1123–1149. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2025.046>
- van Groesen, W., & Pauwels, P. (2022). Tracking prefabricated assets and compliance using quick response (QR) codes, blockchain and smart contract technology. *Automation in Construction*, 141, 104420. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104420>
- Vo, K. D., Nguyen, P. T., & Nguyen, Q. L. H. T. T. (2020). Disputes in managing projects: A case study of construction industry in Vietnam. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(8), 635–644. <https://doi.org/10.13106/JAFEB.2020.VOL7.NO8.635>
- Volz, K., Thiang, J., & Pham, K. (2026). Extending VR and AR to on-site applications: 443 Queen Street transfer slab case study. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 35(4), e70144. <https://doi.org/10.1002/tal.70144>
- Wang, J., Zhang, S., Jin, R., Fenn, P., Yu, D., & Zhao, L. (2023). Identifying critical dispute causes in the construction industry: A cross-regional comparative study between China and the UK. *Journal of Management in Engineering*, 39(2), 04022072. <https://doi.org/10.1061/JMENEA.MEENG-4943>
- Wang, P., Zhang, L., Wang, K., & Fenn, P. (2021). Aetiology and progression of construction disputes towards a predictive model. *KSCIE Journal of Civil Engineering*, 25(4), 1131–1143. <https://doi.org/10.1007/s12205-021-0728-z>
- Waqar, A., Mateen Khan, A., & Othman, I. (2024). Blockchain empowerment in construction supply chains: Enhancing efficiency and sustainability for an infrastructure development. *Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience*, 3(1), 100065. <https://doi.org/10.1016/j.iintel.2023.100065>
- Wu, Y., & Li, Z. (2025). Digital twin-enabled BIM-blockchain integration for automated and transparent construction progress payments. *Developments in the Built Environment*, 24, 100781. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2025.100781>
- Ye, X., Zeng, N., & König, M. (2022). Systematic literature review on smart contracts in the construction industry: Potentials, benefits, and challenges. *Frontiers of Engineering Management*, 9(2), 196–213. <https://doi.org/10.1007/s42524-022-0188-2>
- Ye, X., Zeng, N., Tao, X., Han, D., & König, M. (2024). Smart contract generation and visualization for construction business process collaboration and automation: Upgraded workflow engine. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 38(6), 04024030. <https://doi.org/10.1061/JCCEE5.CPENG-5938>
- Zaneldin, E. K. (2006). Construction claims in United Arab Emirates: Types, causes, and frequency. *International Journal of Project Management*, 24(5), 453–459. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.02.006>
- Zeberga, M. S., Haaskjold, H., & Hussein, B. (2024). Digital technologies for preventing, mitigating, and resolving contractual disagreements in the AEC industry: A systematic literature review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(6), 03124002. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14032>
- Zhang, X., Liu, T., Rahman, A., & Zhou, L. (2023). Blockchain applications for construction contract management: A systematic literature review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(1), 03122011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002428](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002428)



