journal of Future Cities vision
Winter 2025. Vol 6. Issue 24
ISSN (Print): 2783-0780- ISSN (Online): 2783-0780
Journal Homepage: https://www.jvfc.ir/

A Framework for Integrated Management of Urban Utility Infrastructure Using BIM: A Case Study of the Kashan Special Economic Zone

Hadi Shakiba Zahed[*] [1], Yalda Yadi [2]

1. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.
2. Master's Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

ARTICLEINFO

Research Paper

Article history:

Received: 2025/07/11

Accepted: 2025/12/29

Published online: 2025/12/29

Keywords: *Building Information Modeling (BIM), Future City Infrastructure, Interference Detection, Digital Twin, Facility Tunnel*

Abstract

This study presents a novel framework for the integrated management of urban utility infrastructure using Building Information Modeling (BIM). The primary objective is to enhance coordination among stakeholders, minimize underground utility conflicts, and support data-driven decision-making throughout the project lifecycle. A case study was conducted in the Kashan Special Economic Zone using advanced tools including Revit, Navisworks, and Dynamo to create and evaluate a 3D utility infrastructure model. The methodology comprised modeling, clash detection, spatial coordination, cost-benefit analysis, and implementation of augmented and virtual reality (AR/VR) outputs. Results revealed that BIM implementation led to an 87% reduction in execution conflicts, 20% savings in construction costs, and significant improvements in design and maintenance quality. Furthermore, SWOT and QSPM analyses emphasized the importance of human resource development and establishment of a centralized coordination body as key strategies for enabling smart infrastructure management. The proposed framework is scalable to national levels and serves as a practical step toward realizing smart cities and sustainable urban development.

Citation: Shakiba Zahed, H., Yadi ,Y. (2025). **A Framework for Integrated Management of Urban Utility Infrastructure Using BIM: A Case Study of the Kashan Special Economic Zone: Sabzevar City**, *Journal of Future Cities vision*, 6(24), 165-186.

© The Author(s). Publisher: Iranian Geographical Association

[*] **Corresponding author:** Hadi Shakiba Zahed, **Email:** H.shakiba@hsu.ac.ir

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165] [Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

journal of Future Cities vision
Winter 2025. Vol 6. Issue 24
ISSN (Print): 2783-0780- ISSN (Online): 2783-0780
Journal Homepage: https://www.jvfc.ir/

Extended Abstract

Introduction

Urban infrastructure systems—such as water supply, electricity, gas, telecommunications, and wastewater—constitute the backbone of modern cities. Effective management and coordination of these underground networks are essential for sustainable urban development and resilience. However, traditional methods are often fragmented, with various organizations operating in silos, resulting in conflicts, inefficiencies, cost overruns, delays, and increased risks during both construction and maintenance phases. These challenges are particularly acute in high-density or industrial regions like the Kashan Special Economic Zone (KSEZ), where multiple utility networks intersect within a limited underground space. In such environments, the absence of an integrated coordination mechanism exacerbates the likelihood of infrastructure damage, service interruptions, and budget deviations.

Building Information Modeling (BIM) has recently emerged as a transformative technology in infrastructure management. BIM enables the integration of multidisciplinary data into a unified three-dimensional digital model, accessible to all project stakeholders. It facilitates early conflict detection, enhances precision, optimizes resource allocation, and supports more informed and collaborative decision-making. Despite its established benefits in the building sector, the implementation of BIM in urban utility infrastructure projects—especially within the context of Iranian cities—remains limited. Therefore, this study aims to evaluate the effectiveness of BIM in achieving integrated management of urban utility networks, with a particular focus on the Kashan Special Economic Zone.

Methodology

This study utilized a comprehensive dataset from the KSEZ, including utility network maps, historical project costs, maintenance records, and Geographic Information System (GIS) data. The utility systems examined included water supply, electricity distribution, gas pipelines, sewer networks, and telecommunication lines. A detailed BIM model was developed using industry-standard software such as Autodesk Revit, Navisworks, and Dynamo. The model incorporated key attributes of each utility component, including spatial location, material specifications, installation history, and maintenance data.

A mixed-methods approach was adopted. Quantitatively, the performance of BIM-integrated projects was compared to traditional projects based on total costs, project duration, and the number of claims and conflicts. Qualitatively, stakeholder interviews and a SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analysis were conducted to assess practical challenges and benefits associated with BIM adoption. Additionally, a Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM) was employed to prioritize strategic actions derived from the SWOT analysis. The study also reviewed the legal and organizational frameworks influencing infrastructure management in the region.

Clash detection analysis was performed in Navisworks to identify and resolve spatial conflicts prior to construction. A cost-benefit analysis quantified the economic advantages of BIM implementation. Furthermore, Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) visualizations derived from the BIM model were used to enhance stakeholder engagement and communication.

Results and Discussion

The results indicate that BIM significantly improves the performance of urban utility projects. Overall project costs were reduced by 15–20%, mainly due to minimized excavation and avoidance of rework caused by unforeseen utility conflicts. Project durations decreased by 10–15%, as improved coordination and access to accurate, real-time data streamlined construction processes. Moreover, the number of contractors claims and incidents of utility damage significantly declined, indicating a lower risk profile for BIM-enabled projects.

Early-stage clash detection allowed engineers and planners to resolve issues proactively, preventing costly on-site adjustments. BIM also facilitated

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

journal of Future Cities vision
Winter 2025. Vol 6. Issue 24
ISSN (Print): 2783-0780- ISSN (Online): 2783-0780
Journal Homepage: https://www.jvfc.ir/

transparent data sharing among stakeholders—including municipal authorities, utility companies, and contractors—thus promoting collaboration and accountability. AR and VR outputs enhanced visualization, enabling non-technical stakeholders to comprehend infrastructure layouts and potential construction impacts more effectively.

Stakeholder interviews revealed that BIM improved communication, reduced misunderstandings, and supported more inclusive and informed decision-making. The SWOT analysis identified core strengths such as improved accuracy, reduced utility conflicts, enhanced resource management, and better stakeholder engagement. Opportunities included alignment with smart city initiatives and broader national adoption. However, weaknesses such as the high initial costs of software and training, and threats like institutional resistance and inadequate policy support, were also noted.

QSPM analysis highlighted key strategic actions: developing specialized BIM expertise, reforming policies to mandate BIM use in infrastructure projects, establishing a central coordinating authority, creating standardized data exchange protocols, and incentivizing inter-agency collaboration.

Conclusion

This study confirms that BIM implementation in urban utility infrastructure management significantly enhances efficiency, reduces costs, and mitigates risks. The case study of the KSEZ demonstrates that BIM not only improves technical and operational outcomes but also strengthens inter-organizational collaboration. Through early conflict detection, precise modeling, and real-time data exchange, BIM supports informed decision-making and minimizes disruptions to essential services.

Despite initial barriers such as investment costs and institutional adaptation, the long-term benefits of BIM justify its widespread adoption in infrastructure projects. Future initiatives should focus on developing supportive regulatory frameworks, expanding BIM education and training programs, and establishing a centralized agency to coordinate utility data. Such an integrated approach is scalable at the national level and represents a vital step toward building smart, resilient, and sustainable cities across Iran and beyond.

References

1. Bhatti, I. A., Abdullah, A. H., Nagapan, S., Bhatti, N. B., Sohu, S., & Jhatial, A. A. (2018). Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Pakistan construction industry. *Engineering, Technology & Applied Science Research, 8*(4), 3199–3202. https://doi.org/10.48084/etasr.2145
2. Hatem, W. A., Abd, A. M., & Abbas, N. N. (2018). Motivation factors for adopting Building Information Modeling (BIM) in Iraq. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, *8*(2), 2668–2672. https://doi.org/10.48084/etasr.1860
3. Alvarenga, T. W., da Silva, E. N., & de Mello, L. C. B. (2017). BIM and Lean Construction: The evolution obstacle in the Brazilian civil construction industry. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, *7*(5), 1904–1908. https://doi.org/10.48084/etasr.1278
4. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
5. Harris, R. (2017). *The business value of BIM for infrastructure: SmartMarket report* (pp. 1–64). McGraw Hill Construction.
6. Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A., & Froese, T. (2019). Building Information Modelling demystified: Does it make business sense to adopt BIM? *International Journal of Managing Projects in Business, 2*(3), 419–434.
7. Madlener, R., & Sunak, Y. (2021). Impacts of urbanization on urban structures and energy demand: What can we learn for urban energy planning and urbanization management? *Sustainable Cities and Society, 1*(1), 45–53.

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

journal of Future Cities vision
Winter 2025. Vol 6. Issue 24
ISSN (Print): 2783-0780- ISSN (Online): 2783-0780
Journal Homepage: https://www.jvfc.ir/

8. Mattingly, M. (2022). Meaning of urban management. *Cities, 11*(3), 201–205.
9. Husseinzadeh Dalir, K., Pourmohammadi, M. R., & Soltani, A. (2021). Investigating the influencing factors on the inefficiency of Iranian master plans (Case study: Tabriz master plans). *Geography and Planning (Tabriz University), 15*(31), 131–151. [In Persian]
10. Watson, V. (2019). The planned city sweeps the poor away...: Urban planning and 21st century urbanisation. *Progress in Planning, 72*(3), 151–193.
11. Bobylev, N. (2019). Mainstreaming sustainable development into a city master plan: A case of urban underground space use. *Land Use Policy, 26*, 1128–1137.
12. Canto, J. (2014). Analysing utility tunnel and highway network coordination dilemma. *Tunnelling and Underground Space Technology, 19*, 290–299.
13. Moidiy, M. (2015). The role of urban governance indicators in achieving sustainable urban development. In *5th Conference on Urban Planning and Management* (pp. 116–119). [In Persian]
14. Hosseini, F., Rezaei, H., & Ataei, L. (2022). Analysis of the relationship between urban management and good urban governance and their connection to sustainable urban development (Case study: Rasht city). In National Conference on Sustainable Architecture and Urbanism with Emphasis on Human and Environment (pp. 92–103). [In Persian]
15. Ajlani, P., Rafieian, M., & Asgari, A. (2017). Urban Planning Theories: Traditional and Modern Perspectives. Tehran: Agah Publications. [In Persian]
16. Majidi, H. (2013). Structural–Strategic Theories of Urban and Regional Planning. Tehran: Islamic Azad University, Science and Research Branch. [In Persian]
17. Sarafi, M., Tavakolinia, J., & Chamani Moghadam, M. (2020). The position of planners in the urban planning process in Iran. Urban Studies (Urbanism Studies), 3(12), 19–32. [In Persian]
18. Moghimi, A. (2015). Futures studies of epistemological perspectives on urban planning, architecture and construction industry. Urban and Rural Management, 14(38), 75–104. [In Persian]
19. Kazemian, G., Aslipoor, H., & Shams, L. (2020). Management obstacles in the implementation of urban utility tunnel systems in Tehran. Armanshahr Architecture and Urban Development. https://doi.org/10.22034/AAUD.2020.159351.174933 [In Persian]
20. Shieh, E. (2017). Introduction to Urban Planning. Tehran: Iran University of Science and Technology Press. [In Persian]
21. Hashemi Fesharaki, J., & Shakibamanesh, A. (2020). Urban Design from the Perspective of Passive Defense. Tehran: Boostan-e Hamid Publishing. [In Persian]
22. Luo, S., Yao, J., Wang, S., Wang, Y., & Lu, G. (2022). A sustainable BIM-based multidisciplinary framework for underground pipeline clash detection and analysis. Journal of Cleaner Production, 374, 133900.

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165] [Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

نوع مقاله: پژوهشی

فصلنامه چشم انداز شهرهای آینده

www.jvfc.ir

دوره ششم، شماره چهارم، پیاپی (۲۴)، زمستان ۱۴۰۴

صص ۱۸۶-۱۶۵

فصلنامه چشم انداز شهرهای آینده

Future Cities Vision

ارائه چهارچوب یکپارچه مدیریت زیرساخت‌های شهری با رویکرد داده‌محور

(محدوده مطالعه: منطقه ویژه اقتصادی کاشان)

هادی شکیبا زاهد: استادیار گروه مهندسی عمران- مدیریت ساخت، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار،ایران.[۱]

یلدا یدی: دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران-مدیریت ساخت، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸

چکیده

این پژوهش با هدف ارائه چارچوبی نوین برای مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های تأسیساتی شهری مبتنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان انجام شده است. هدف اصلی تحقیق، افزایش هماهنگی میان ارگان‌های اجرایی، کاهش تداخلات زیرزمینی، و بهبود کیفیت تصمیم‌گیری در مراحل طراحی، اجرا و نگهداری پروژه‌های شهری می‌باشد. محدوده مورد مطالعه منطقه ویژه اقتصادی کاشان و با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای تخصصی Revit، Navisworks وDynamo، مدل سه‌بعدی جامعی از شبکه تأسیسات شهری تهیه گردید. فرایند پژوهش شامل مدل‌سازی اطلاعات، شناسایی و تحلیل تداخلات، هماهنگی فضایی تجهیزات، تحلیل هزینه–فایده و تولید خروجی‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی بوده است. نتایج حاصل از مقایسه سناریوهای «با و بدون کاربرد مدل سازی اطلاعات ساختمان» نشان داد که استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان موجب کاهش متوسط ۸۷ درصدی تداخلات اجرایی، صرفه‌جویی حدود ۲۰ درصدی در هزینه‌های اجرا، و ارتقای چشمگیر کیفیت طراحی، اجرا و نگهداری تأسیسات شهری شده است. همچنین، نتایج تحلیل‌های سوات و مدل تصمیم‌گیری ماتریس کمی برنامه ریزی استراتژیک بیانگر آن است که راهبردهای مبتنی بر توسعه منابع انسانی متخصص و ایجاد ارگان هماهنگ‌کننده مرکزی بیشترین اولویت و اثربخشی را در تحقق مدیریت یکپارچه زیرساخت‌ها دارند. در مجموع، چارچوب پیشنهادی پژوهش قابلیت تعمیم در مقیاس ملی را دارا بوده و می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر در تحقق مدیریت هوشمند شهری و توسعه پایدار زیرساخت‌های شهری مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، زیرساخت‌های شهر آینده، شناسایی تداخلات، دوقلوی دیجیتال، تونل تأسیسات

۱- مسئول مکاتبات: h.shakiba@hsu.ac.ir

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

مقدمه

صنعت معماری، مهندسی و ساخت‌وساز ۱به‌عنوان یکی از بخش‌های راهبردی توسعه اقتصادی، نقش مهمی در شکل‌دهی زیرساخت‌ها و ارتقای کیفیت زندگی شهری ایفا می‌کند. با پیچیده‌تر شدن پروژه‌های عمرانی و افزایش نیاز به دقت، سرعت و هماهنگی میان ذی‌نفعان، ضرورت به‌کارگیری ابزارهای فناورانه برای مدیریت کارآمد پروژه‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان[۲] یکی از اثرگذارترین فناوری‌های عصر حاضر در ارتقای دقت داده‌ها، کاهش خطاهای اجرایی و تسهیل ارتباطات در پروژه‌های عمرانی است (Bhatti et al., 2018: 3199–3202؛Alvarenga et al., 2017: 1904–1908).

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با ایجاد یک مدل دیجیتال دقیق و یکپارچه، امکان شبیه‌سازی، تحلیل و مدیریت چرخه عمر پروژه را فراهم می‌کند و رویکردی نوین برای کاهش تداخلات، بهینه‌سازی زمان‌بندی و افزایش هماهنگی بین بخش‌های مختلف پروژه ارائه می‌دهد. کاربرد این فناوری تنها به ساختمان محدود نمی‌شود و در سال‌های اخیر توجه قابل‌ملاحظه‌ای به استفاده از آن در مدیریت زیرساخت‌های شهری جلب شده است. زیرساخت‌های شهری—از جمله آب، برق، گاز، مخابرات و شبکه فاضلاب—شریان‌های حیاتی هر شهر محسوب می‌شوند و عملکرد مؤثر آن‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در کارایی خدمات عمومی و توسعه پایدار دارد. با این حال، مدیریت سنتی و جزیره‌ای این شبکه‌ها در بسیاری از شهرهای در حال توسعه، مشکلاتی نظیر تعارضات زیرزمینی، حفاری‌های مکرر، اتلاف منابع، افزایش هزینه‌های عمرانی و ایجاد اختلال در خدمات شهری را به دنبال داشته است (Eastman et al., 2018: p. xx).

شهر کاشان، به‌ویژه منطقه ویژه اقتصادی، نمونه بارزی از این چالش‌ها است. بررسی‌های میدانی و گزارش‌های اجرایی نشان می‌دهد که نبود یک مرجع واحد اطلاعات زیرساختی و عدم وجود هماهنگی میان دستگاه‌های خدمات‌رسان، منجر به بروز تداخلات گسترده میان شبکه‌های آب، برق، گاز، مخابرات و فاضلاب شده است. این وضعیت علاوه بر افزایش هزینه‌های پروژه‌های عمرانی، موجب تأخیرهای مکرر، تخریب زیرساخت‌های موجود و کاهش بهره‌وری در اجرای پروژه‌ها شده است (Mattingly, 2022: 201–205؛Harris, 2017: 1–64). توسعه صنعتی و افزایش نیاز به تأسیسات زیربنایی در این منطقه، ضرورت ایجاد یک چارچوب یکپارچه برای مدیریت هوشمند اطلاعات زیرساختی را دوچندان کرده است.

از منظر علمی نیز شکاف مهمی در ادبیات پژوهش داخلی مشاهده می‌شود. اگرچه کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در حوزه ساختمان و پروژه‌های مقیاس کوچک در ایران مورد توجه قرار گرفته، اما تحقیقات جامع در زمینه بهره‌گیری از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری بسیار محدود است. به‌ویژه، برای مناطقی با ویژگی‌های خاص نظیر منطقه ویژه اقتصادی کاشان، تاکنون مدل یا چارچوب مشخصی مبتنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان ارائه نشده است. این خلأ پژوهشی، ضرورت انجام مطالعه‌ای کاربردی و مبتنی بر واقعیت‌های اجرایی این منطقه را برجسته می‌سازد.

با توجه به موارد فوق، پژوهش حاضر با هدف ارائه چارچوب یکپارچه مدیریت زیرساخت‌های شهری منطقه ویژه اقتصادی کاشان مبتنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان انجام می‌شود. این چارچوب با یکپارچه‌سازی داده‌های زیرساختی، می‌تواند ضمن کاهش تداخلات شبکه‌ای، هماهنگی میان دستگاه‌های خدمات‌رسان را افزایش داده و زمینه اتخاذ تصمیمات دقیق و مبتنی بر داده را فراهم سازد. در این راستا، پژوهش سه سؤال اصلی را دنبال می‌کند:

۱. مهم‌ترین چالش‌های مدیریت زیرساخت‌های شهری در کاشان کدام‌اند؟
۲. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان چگونه می‌تواند به کاهش تداخلات و بهبود هماهنگی میان سازمان‌ها کمک کند؟

1 Architecture, Engineering & Construction (AEC)
2 Building information modeling (BIM)

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

۳. چارچوب پیشنهادی چه تأثیری بر هزینه، زمان و کارایی پروژه‌های عمرانی منطقه خواهد داشت؟

در چارچوب مفهومی پژوهش، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به‌عنوان متغیر مستقل و شاخص‌هایی نظیر کاهش تداخلات زیرساختی، بهبود هماهنگی سازمانی، افزایش کارایی و کاهش هزینه و زمان پروژه‌ها به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شده‌اند. این ساختار امکان بررسی نظام‌مند تأثیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر مدیریت زیرساخت‌های شهری کاشان را فراهم می‌کند.

نوآوری اصلی این پژوهش، تلفیق هم‌زمان رویکرد فناورانه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با رویکرد نهادی مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری در قالب یک مدل عملیاتی و قابل پیاده‌سازی در مناطق ویژه اقتصادی است.

مبانی نظری

زیرساخت‌های شهری شامل شبکه‌های آب، برق، گاز، مخابرات و فاضلاب، به‌عنوان شریان‌های حیاتی شهرها شناخته می‌شوند و نقش بنیادینی در پایداری شهری، رشد اقتصادی و ارتقای کیفیت زندگی شهروندان ایفا می‌کنند. با این حال، در بسیاری از شهرهای در حال توسعه، مدیریت بخشی و ناهماهنگ این شبکه‌ها موجب بروز پیامدهایی همچون تداخلات گسترده زیرزمینی، حفاری‌های مکرر معابر، اتلاف منابع مالی، افزایش هزینه‌های عمرانی و اخلال در ارائه خدمات شهری شده است(Bobylev, 2019: pp. 1128–1130) . به‌ویژه در شهرهای صنعتی و مناطق ویژه اقتصادی که تراکم تأسیسات زیرسطحی بالاست، این چالش‌ها با شدت بیشتری بروز می‌یابد. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که بهره‌گیری از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به‌عنوان یک بستر یکپارچه اطلاعاتی، نقش مؤثری در شناسایی و کاهش تداخلات شبکه‌های زیرزمینی و بهبود مدیریت پایدار زیرساخت‌های شهری دارد(Luo et al., 2022) .

در این شرایط، مفهوم **مدیریت یکپارچه شهری** به‌عنوان رویکردی برای هماهنگ‌سازی میان نهادهای خدمات‌رسان، کاهش تعارضات سازمانی و ارتقای کارایی سیستم‌های شهری مطرح شده است. مدیریت یکپارچه با ایجاد سازوکار هماهنگی میان سازمان‌های آب، برق، گاز، مخابرات و شهرداری، از موازی‌کاری جلوگیری کرده و زمینه استفاده بهینه از منابع را فراهم می‌سازد (Mattingly, 2022: 201–205) . بوبیلف نیز تأکید می‌کند که یکپارچگی در برنامه‌ریزی زیرساخت‌ها پیش‌شرط تحقق توسعه پایدار شهری است (Bobylev, 2019: 1128–1137) .

در ایران، نظام برنامه‌ریزی شهری طی دهه‌های گذشته همواره با چالش‌های نظری و اجرایی متعددی همراه بوده است. آنچه تاکنون مبنای اصلی برنامه‌ریزی شهری کشور را تشکیل داده، طرح‌های جامع با رویکرد کالبدی–بخشی بوده که به دلیل غلبه نگرش‌های بخشی و تمرکز بر ساختارهای فیزیکی، نتوانسته‌اند پاسخگوی پیچیدگی‌های نوین مدیریت شهری باشند (اجلالی، رفیعیان و عسگری، ۱۳۹۶). در راستای اصلاح این رویکرد، نظریه طرح ساختاری–راهبردی مطرح شد، اما این نظریه نیز در عمل در محدوده همان چارچوب‌های طرح جامع باقی ماند و نتوانست تحول بنیادینی در نظام برنامه‌ریزی شهری ایجاد کند (مجیدی، ۱۳۹۲؛ صرافی، توکل‌نیا و چمانی مقدم، ۱۴۰۰: ص ۱۹–۳۲). به باور واتسون، بسیاری از ناکارآمدی‌های نظام برنامه‌ریزی شهری در کشورهای در حال توسعه ریشه در ضعف هماهنگی نهادی و شکاف میان نظریه و عمل دارد.(Watson, 2019: 151–193)

از سوی دیگر، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فناوری‌های تحول‌آفرین در صنعت ساخت‌وساز معرفی شده است. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یک نمایش دیجیتالی از ویژگی‌های فیزیکی و عملکردی یک پروژه است که به‌عنوان منبعی مشترک و قابل اعتماد برای اطلاعات پروژه در کل چرخه عمر آن مورد استفاده قرار می‌گیرد (Eastman et al., 2018). این فناوری با فراهم‌کردن بستری واحد برای تولید، تبادل و تحلیل اطلاعات، امکان یکپارچه‌سازی فرآیندهای طراحی، اجرا و بهره‌برداری را فراهم می‌سازد.

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که به‌کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان موجب کاهش خطاهای اجرایی، بهبود کیفیت طراحی، کاهش هزینه‌ها و ارتقای هماهنگی میان ذی‌نفعان پروژه می‌شود (Bhatti et al., 2018: 3199–3202;

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

(Alvarenga et al., 2017: 1904–1908). هریس نیز ارزش اقتصادی BIM را در پروژه‌های زیرساختی بسیار بالا ارزیابی کرده و آن را ابزار کلیدی برای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده معرفی می‌کند(Harris, 2017: 1–64) .

در سال‌های اخیر، دامنه کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان از ساختمان‌سازی فراتر رفته و به حوزه زیرساخت‌های شهری نیز گسترش یافته است. آرندا–منا و همکاران نشان می‌دهند که استفاده از BIM در پروژه‌های زیربنایی موجب افزایش شفافیت اطلاعات، بهبود هماهنگی سازمانی و کاهش ریسک‌های اجرایی می‌شود (Aranda-Mena et al., 2019: 419–434). در همین راستا، توسعه شهرنشینی و افزایش تقاضا برای خدمات زیرساختی، ضرورت بهره‌گیری از ابزارهای هوشمند مدیریت شهری را بیش از پیش آشکار ساخته است.(Madlener & Sunak, 2021: 45–53)

در ایران نیز ضعف هماهنگی میان شرکت‌های خدمات‌رسان یکی از عوامل اصلی بروز تداخلات تأسیساتی به‌شمار می‌رود. برای مثال، کاظمیان و همکاران نشان داده‌اند که نبود مدیریت یکپارچه و ضعف ساختارهای نهادی، از موانع اصلی تحقق تونل مشترک تأسیسات شهری در تهران است (کاظمیان و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین، ضعف کارآمدی طرح‌های توسعه شهری و چالش‌های نهادی در شهرهای ایران توسط حسین‌زاده دلیر و همکاران مورد تأکید قرار گرفته است (Husseinzadeh Dalir et al., 2021: 131–151).

بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که تحقق مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری بدون بهره‌گیری از فناوری‌های نوین اطلاعاتی نظیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان امکان‌پذیر نیست. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با ایجاد پایگاه داده مکانی–زمانی دقیق، امکان شناسایی تداخلات[1]، شبیه‌سازی سناریوهای اجرایی و پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی را فراهم کرده و به‌عنوان پیشران اصلی تحقق شهرهای هوشمند و توسعه پایدار شهری مطرح است.

مطالعه پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که تحقیقات انجام‌شده در حوزه حاضر را می‌توان در دو دسته نظری و تجربی طبقه‌بندی کرد. در بعد نظری، پژوهش‌هایی بر نقش حکمرانی شهری، نهادسازی و مدیریت یکپارچه در تحقق توسعه پایدار شهری تأکید دارند (Mattigly, 2022: 201–205؛ Bobylev, 2019: 1128–1137؛ Watson, 2019: 151–193). در ایران نیز پژوهش‌هایی مانند مقیمی (۱۳۹۴: ۷۵–۱۰۴) و مجیدی (۱۳۹۳) بر ضرورت تحول در رویکردهای سنتی برنامه‌ریزی شهری و حرکت به‌سوی نگرش‌های راهبردی و آینده‌نگرانه تأکید کرده‌اند.

در حوزه مدل سازی اطلاعات ساختمان، مطالعات خارجی متعددی اثربخشی این فناوری را در کاهش هزینه، زمان و تعارضات اجرایی تأیید کرده‌اند. به‌عنوان مثال، Bhatti et al. (2018: 3199–3202) در پاکستان، Hatem et al. (2018: 2668–2672)در عراق و Alvarenga et al. (2017: 1904–1908) در برزیل، همگی نقش BIM را در بهبود عملکرد پروژه‌های عمرانی و زیرساختی اثبات کرده‌اند. هریس نیز در گزارش Smart Market ارزش اقتصادی BIMدر پروژه‌های زیربنایی را بسیار قابل توجه گزارش کرده است(Harris, 2017: 1–64) .

در ایران، اگرچه مطالعات متعددی درباره مدل سازی اطلاعات ساختمان در حوزه ساختمان انجام شده است، اما پژوهش‌های مرتبط با کاربرد مدل سازی اطلاعات ساختمان در مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری هنوز محدود است. پژوهش کاظمیان و همکاران (۱۳۹۹) یکی از معدود مطالعاتی است که به موانع مدیریتی تحقق تونل مشترک تأسیسات شهری پرداخته و ضعف هماهنگی نهادی را عامل اصلی ناکامی معرفی می‌کند. همچنین، حسین‌زاده دلیر و همکاران (۲۰۲۱: ۱۳۱–۱۵۱) ناکارآمدی نظام طرح‌های شهری را یکی از دلایل اصلی بروز تعارضات زیرساختی دانسته‌اند.

جمع‌بندی پیشینه پژوهش و بررسی تطبیقی مطالعات ارائه‌شده در جدول (۱) نشان می‌دهد که اگرچه نقش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ارتقای بهره‌وری پروژه‌های عمرانی، کاهش هزینه‌ها، افزایش هماهنگی سازمانی و بهبود عملکرد پروژه‌ها در سطح بین‌المللی به‌خوبی اثبات شده است، اما خلأ پژوهشی جدی در زمینه تلفیق نظام‌مند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری در ایران همچنان وجود دارد؛ موضوعی که پژوهش حاضر درصدد پوشش آن و ارائه الگویی کاربردی در این حوزه است.

1 Clash Detection

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

جدول ۱. خلاصه‌ای از پیشینه پژوهش‌های مرتبط با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری

ردیف	پژوهشگر	سال	موضوع	روش	نتایج اصلی	تمایز با پژوهش حاضر
۱	Harris	۲۰۱۷	ارزش اقتصادی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان	تحلیلی	کاهش زمان و هزینه پروژه	تمرکز بر پیوند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و مدیریت یکپارچه
۲	Aranda-Mena et al.	۲۰۱۹	مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در زیرساخت‌ها	تحلیلی–کاربردی	افزایش هماهنگی سازمانی	تمرکز بر تونل‌های تأسیسات
۳	Mattingly	۲۰۲۲	مدیریت یکپارچه شهری	تحلیلی	ضعف هماهنگی نهادی	مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به‌عنوان ابزار هماهنگی
۴	Bobylev	۲۰۱۹	تونل‌های تأسیسات	موردکاوی	افزایش ایمنی و کاهش هزینه	تلفیق تونل و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان
۵	Watson	۲۰۱۹	برنامه‌ریزی شهری	تحلیلی	ضعف نهادی در کشورها	ارائه راهکار عملی
۶	Ajlali et al.	۲۰۱۷	طرح جامع شهری ایران	تحلیلی	ناکارآمدی در مدیریت زیرساخت	پیشنهاد مدیریت هوشمند
۷	Bhatti et al.	۲۰۱۸	مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌ها	تجربی	کاهش تعارضات اجرایی	تمرکز بر زیرساخت شهری
۸	Alvarenga et al.	۲۰۱۷	مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و عملکرد پروژه	تجربی	بهبود عملکرد پروژه	توسعه رویکرد مدیریتی
۹	کاظمیان و همکاران	۱۳۹۹	موانع تونل تأسیسات	میدانی	ضعف نهادی و مالی	پیشنهاد نهاد هماهنگ‌کننده مبتنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان
۱۰	حسین‌زاده دلیر و همکاران	۲۰۲۱	برنامه‌ریزی شهری ایران	تحلیلی	ضعف ساختار نهادی	راهکار فناورانه–نهادی
۱۱	مویدی	۱۳۹۲	مدیریت داده‌های شهری	تحلیلی	ضرورت یکپارچگی داده‌ها	معرفی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به‌عنوان ابزار یکپارچه‌سازی

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

بررسی تطبیقی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در سطح بین‌المللی، کارآمدی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در بهبود عملکرد پروژه‌ها، کاهش هزینه‌ها، افزایش هماهنگی سازمانی و کاهش تعارضات اجرایی به‌خوبی به اثبات رسیده است (Aranda-Mena et al., 2019؛ Alvarenga et al., 2017؛ Bhatti et al., 2018؛Harris, 2017). در حوزه مدیریت شهری نیز پژوهش‌ها بر نقش کلیدی هماهنگی نهادی و مدیریت یکپارچه در تحقق توسعه پایدار شهری تأکید دارند (Bobylev, 2019؛ Watson, 2019؛Mattingly, 2022) در ایران نیز مطالعات انجام‌شده ضعف ساختار نهادی، نبود مدیریت یکپارچه و ناکارآمدی طرح‌های توسعه شهری را از عوامل اصلی بروز تعارضات زیرساختی معرفی کرده‌اند (کاظمیان و همکاران، ۱۳۹۹؛ حسین‌زاده دلیر و همکاران، ۲۰۲۱؛ مویدی، ۱۳۹۲). با این حال، خلأ پژوهشی مشخصی در زمینه **تلفیق نظام‌مند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری، به‌ویژه در حوزه تونل‌های تأسیسات** در مطالعات داخلی مشاهده می‌شود. از این‌رو، پژوهش حاضر با تمرکز بر این پیوند فناورانه–نهادی، درصدد پوشش این خلأ علمی و ارائه الگویی کاربردی برای بهبود مدیریت زیرساخت‌های شهری است.

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع ترکیبی (کیفی–کمی) و از نظر هدف، کاربردی است. گردآوری داده‌ها در دو بخش مطالعات اسنادی–کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی انجام شده است. در بخش اسنادی، از مقالات علمی معتبر، گزارش‌های فنی، اسناد تخصصی حوزه زیرساخت‌های شهری و منابع علمی مرتبط با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان استفاده شد. در بخش میدانی نیز داده‌ها از طریق بازدیدهای میدانی، بررسی نقشه‌ها و مدارک اجرایی موجود، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با کارشناسان شرکت‌های خدمات‌رسان (آب، برق، گاز، مخابرات و فاضلاب) و مهندسان مجری پروژه گردآوری گردید.

در این پژوهش، کلیه لایه‌های تأسیساتی موجود و آتی محدوده مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی Revit، Navisworks و Dynamo مدل‌سازی سه‌بعدی شدند. پس از تکمیل مدل‌ها، فرآیند شناسایی تداخلات اجرایی میان شبکه‌های زیرساختی انجام گرفت و نقاط بحرانی تداخل‌ها استخراج گردید. به‌منظور اعتبارسنجی مدل‌ها، نتایج حاصل با اطلاعات اجرایی پروژه‌های مشابه و نظر خبرگان مقایسه شد. تحلیل SWOT به‌منظور ارزیابی وضعیت مدیریت زیرساخت‌های شهری مبتنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و تعیین راهبردهای بهینه، طی مراحل زیر انجام شد:

مراحل گام‌به‌گام اجرای تحلیلSWOT

۱. شناسایی عوامل داخلی (نقاط قوت و نقاط ضعف): در این مرحله، با استفاده از مصاحبه با ۱۵ نفر از کارشناسان حوزه زیرساخت، مدیران پروژه و متخصصانBIM ، همچنین بررسی اسناد فنی، عوامل درون‌سازمانی مؤثر بر استقرار BIM در مدیریت زیرساخت‌ها استخراج شد.

۲. شناسایی عوامل خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها): این عوامل از طریق تحلیل شرایط محیطی، قوانین و مقررات، سیاست‌های کلان شهری، وضعیت فناوری در کشور و تجربیات پروژه‌های مشابه داخلی و خارجی شناسایی گردید.

۳. تشکیل ماتریسSWOT: عوامل شناسایی‌شده در چهار دسته قوت(S) ، ضعف(W) ، فرصت (O) و تهدید (T)طبقه‌بندی و در قالب ماتریس SWOT سازمان‌دهی شدند.

۴. تشکیل ماتریس راهبردی (SO، WO، ST، WT) بر اساس ماتریسSWOT ، راهبردهای چهارگانه استخراج گردید.

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

۵. اولویت‌بندی راهبردها با استفاده از مدلQSPM: به‌منظور تعیین راهبرد بهینه، وزن‌دهی به عوامل و محاسبه امتیاز جذابیت نسبی راهبردها با کمک نظر خبرگان و روش QSPM انجام شد.

نحوه گردآوری داده‌هایSWOT

داده‌های مورد استفاده در تحلیل SWOT از سه منبع اصلی گردآوری گردید:

- مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با متخصصان مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مدیران پروژه و کارشناسان شرکت‌های خدمات‌رسان؛
- بررسی اسناد فنی، گزارش‌های اجرایی و نقشه‌های تأسیساتی پروژه؛
- نتایج مدل‌سازی سه‌بعدی و گزارش‌های شناسایی تداخلات استخراج‌شده از نرم‌افزار.Navisworks

در نهایت، اجرای این مراحل به‌صورت مرحله‌ای و با همکاری بین‌رشته‌ای، منجر به ارائه چارچوبی جامع و یکپارچه برای مدیریت هوشمند زیرساخت‌های شهری مبتنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان گردید که قابلیت تحلیل، بهینه‌سازی و پشتیبانی از تصمیم‌سازی مدیریتی را فراهم می‌سازد .شکل (۱) جریان کلی مراحل طراحی، توسعه و پیاده‌سازی مدل اطلاعات ساختمان در پژوهش حاضر را نشان می‌دهد. در ادامه ۱۴ گام اجرایی تشریح می‌شود.



شکل ۱. نمودار جریان مراحل طراحی، توسعه و پیاده‌سازی مدل اطلاعات ساختمان

معرفی محدوده مورد مطالعه و فرایند اجرای پژوهش

محدوده مورد بررسی در این پژوهش، فاز نخست منطقه ویژه اقتصادی کاشان با مساحت تقریبی ۲۵۰ هکتار از مجموع ۱۳۴۰ هکتار است که به‌عنوان هسته اولیه توسعه این منطقه و با کارکردهای صنعتی، های‌تک و لجستیکی طراحی شده و به‌عنوان نخستین منطقه ویژه هوشمند کشور نیز نام‌گذاری شده است. موقعیت استراتژیک این فاز در مجاورت شبکه راه‌آهن سراسری، امکان اتصال مستقیم به کریدورهای اصلی حمل‌ونقل کشور را فراهم ساخته و بستر لازم برای احداث خط اختصاصی ریلی و بندر خشک را در افق طرح مهیا می‌کند. این ویژگی، جایگاه فاز نخست را به‌عنوان پیشران توسعه لجستیکی منطقه و حلقه پشتیبان زنجیره تأمین در مقیاس ملی تقویت می‌نماید.

در چارچوب توسعه این فاز، مجموعه‌ای از زیرساخت‌های کالبدی و خدماتی پایه شامل معابر اصلی، ساختمان‌های اداری و خدماتی، مجموعه گمرک، مرکز داده[1]، ایستگاه آتش‌نشانی، واحد بهداری و سایر فضاهای عملیاتی در حال احداث است.

1 Data Center

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

همچنین زیرساخت‌های فنی و تأسیساتی شامل شبکه هوایی برق و روشنایی، شبکه‌های آب‌رسانی، گاز، فیبر نوری، سیستم جمع‌آوری فاضلاب و سایر تأسیسات زیربنایی، به‌صورت منسجم در کلیه شریان‌های اصلی و فرعی در دست اجرا قرار دارد. هدف از اجرای این زیرساخت‌ها، آماده‌سازی کامل بستر برای جذب سرمایه‌گذاران و استقرار واحدهای صنعتی و فناوری‌محور و نیز ایجاد شرایط پایدار و استاندارد بهره‌برداری است؛ به‌گونه‌ای که فاز نخست بتواند به‌عنوان الگوی توسعه آتی کل منطقه ویژه اقتصادی کاشان ایفای نقش نماید.

رویکرد کلی پژوهش ترکیبی (کمی–کیفی) بوده و داده‌ها از طریق مطالعه اسناد فنی، برداشت‌های میدانی، نقشه‌های اجرایی، جلسات کارشناسی با متخصصان و شبیه‌سازی رایانه‌ای گردآوری شده است. فرایند اجرای پژوهش مطابق شکل ۱ به‌صورت گام‌به‌گام و نظام‌مند پیاده‌سازی شد که مراحل آن به شرح زیر است:



شکل ۲. متخصصین حوزه های مختلف برای تشکیل تیم پروژه

گام۱– تشکیل تیم پروژه با هسته مرکزی متخصصان: در این مرحله، تیمی تخصصی متشکل از نمایندگان مطلع و با تجربه در حوزه‌های مرتبط با پروژه مطابق با شکل ۲، با محوریت هسته مرکزی شامل متخصصان مدلسازی اطلاعات ساختمان، تشکیل شد. هدف از تشکیل این تیم، ایجاد ساختار منسجم برای مدیریت، هماهنگی وهدایت مراحل مختلف پروژه است.

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

گام۲- تشکیل جلسه تیم پروژه با هدایت هسته مرکزی (متخصصین حوزه مدل سازی اطلاعات ساختمان) و تشریح پروژه: در این مرحله، جلسه‌ای با هدایت هسته مرکزی متشکل از متخصصان حوزه مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)برگزار شد. در این جلسه، اعضای تیم ضمن آشنایی با یکدیگر، با اهداف، سیاست‌ها، مباحث فنی، فرآیندها و نقشه راه پروژه آشنا شدند. در شکل ۳ موضوعات یکپارچگی آورده شده است.



شکل۳. اهداف، سیاست‌ها، مباحث فنی، فرآیندها و نقشه راه

همچنین، متناسب با اهداف پروژه، نرم‌افزارهای مورد نیاز شناسایی و متخصصان متناظر به‌عنوان کاربران اصلی این نرم‌افزارها در تیم مدل سازی اطلاعات ساخت تعیین گردیدند، در جدول **۲** برخی نرم افزارهای مورد نیاز و متخصصان متناظر بعنوان کاربر نرم افزارها در تیم مدل سازی اطلاعات ساخت آورده شده است.

جدول۲. برخی نرم افزارهای مورد نیاز و متخصصان متناظر بعنوان کاربر نرم افزارها در تیم مدل سازی اطلاعات ساختمان

ردیف	نرم افزار	کاربرد
۱	AutoCad	نرم افزار طراحی دو بعدی و جزییات اجرایی
۲	Revit Architecture	طراحی مدل سه بعدی معابر و طراحی شهری
۳	Revit Mep	طراحی مدل سه بعدی تأسیسات
۴	NavisWorks	کاهش حجم فایل سه بعدی برای ارائه آسان، کنترل تداخلات و گزارش گیری، ترکیب با بعد چهارم(زمانبندی اجرا) و تدوین برنامه اجرایی
۵	Gis	تهیه بانک اطلاعاتی تأسیسات
۶	Dynamo	مدیریت اطلاعات پروژه و افزودن اطلاعات به مدل ، جلوگیری از اتلاف وقت با خودکارسازی طراحی و بهینه سازی انیمیشن های تهیه شده از مدل سه بعدی
۷	SketchUp	نرم افزار ترسیم سه بعدی

گام ۳- در این مرحله، اطلاعات پایه شامل فایل‌های مرتبط با سیویل و شهرسازی پروژه‌های اجراشده گردآوری شد. این اطلاعات می‌بایست در قالب ترسیمات دوبعدی یا سه‌بعدی و با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی تهیه شده باشند.

گام ۴- ترسیم مدل سه‌بعدی اطلاعات ساختمان در حوزه سیویل و شهرسازی توسط متخصصان مدل سازی اطلاعات ساختمان: مدل اولیه این پروژه با بهره‌گیری از فایل‌های موجود در نرم‌افزارهای AutoCAD وGIS، در محیط نرم‌افزار سه‌بعدی SketchUp مدلسازی شد. بخشی از فرایند مدل‌سازی سه‌بعدی بستر پیاده‌سازی اطلاعات تأسیسات در شکل ۴ نمایش داده شده است. در این مدل، اجزای پروژه شامل طرح‌های موجود و در دست احداث نظیر حصارکشی پیرامونی

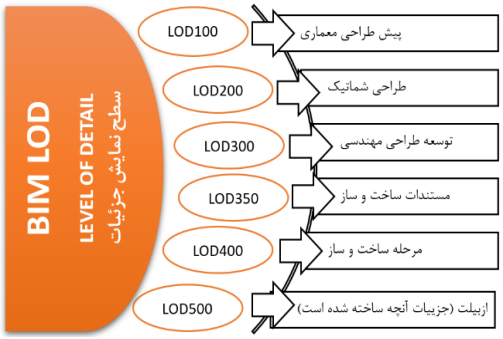
[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

سـایت، خیابان‌های اصـلی و فرعی، جداول، محدوده فضـای سـبز، کانال کنترل آب‌های سـطحی، سـردر ورودی، سـاختمان‌های اداری، گمرک، مرکز فناوری اطلاعات، ایسـتگاه آتش‌نشـانی، انبارها، نیروگاه خورشـیدی، محدوده تجهیز کارگاه و پهنه‌های سرمایه‌گذاری صنایع، به‌عنوان بستر اولیه جهت استقرار تأسیسات، مدلسازی گردید.

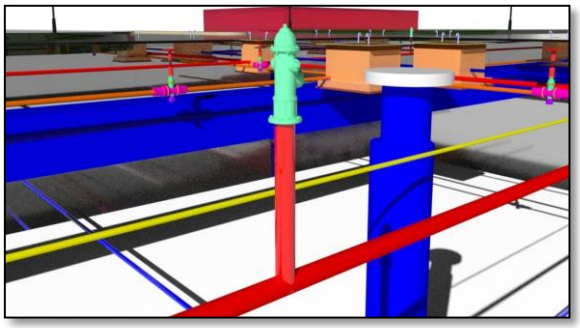


شکل ۴. نمایی از مدل سه‌بعدی بستر پیاده‌سازی اطلاعات تأسیسات شهری در منطقه ویژه اقتصادی کاشان

با توجه به این‌که هدف از مدلسـازی، رفع تداخلات اجرایی میان تأسـیسات و ابنیه بود، حداقل سطح نمایش جزئیات [1] در این پروژه، معادل سطح **LOD 300** در نظر گرفته شد. سطح نمایش جزئیات در نرم افزار رویت در شکل ۵ آورده شده اسـت. این سـطح از جزئیات، امکان نمایش دقیق اجزای فیزیکی مدل و شناسایی تداخلات اجرایی را در مرحله طراحی و پیش از اجرا فراهم ساخت نمونه ای از جزییات ترسیم تاسیسات در شکل ۶ آورده شده است.



شکل ۵.سطح نمایش جزئیات در نرم افزار رویت



شکل ۶. نمونه ای از جزییات ترسیم تاسیسات

در ادامه، فهرسـت نواقص موجود با برگزاری جلسـات طوفان ذهنی و در صـورت نیاز، بازدید میدانی از پروژه، به‌منظور تکمیل اطلاعات و متناسب با نوع نقص، شناسایی و تهیه شد. در این فرآیند، از نیروهای متخصص برای تکمیل داده‌های مورد نیاز بهره گرفته شـد. در نهایت، مدل سـه‌بعدی شـهرسـازی با دقت تکمیل گردید و به‌عنوان بسـتر مناسـب برای پیاده‌سازی تأسیسات موجود و طرح‌های آتی‌الاحداث مورد استفاده قرار گرفت.

گام ۵– تعیین اسـتانداردهای ترسـیم تأسـیسـات در مدل سه‌بعدی: پیش از آغاز فرایند ترسیم مدل سه‌بعدی تأسیسات، اسـتانداردهای مربوط به رنگ‌بندی عناصـر در جدول ۳ بر اسـاس نوع تأسـیسـات و به‌صورت اختصاصی برای این پروژه تدوین شـد. این اسـتانداردها به‌منظور تسـهیل در شـناسـایی و تمایز بین شـبکه‌های مختلف تأسـیساتی در محیط مدل سه‌بعدی تنظیم گردید. همچنین برای یکپارچگی ترسیم جداول علائم و راهنماها نیز تهیه می گردد.

1 Level of Development (LOD)

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

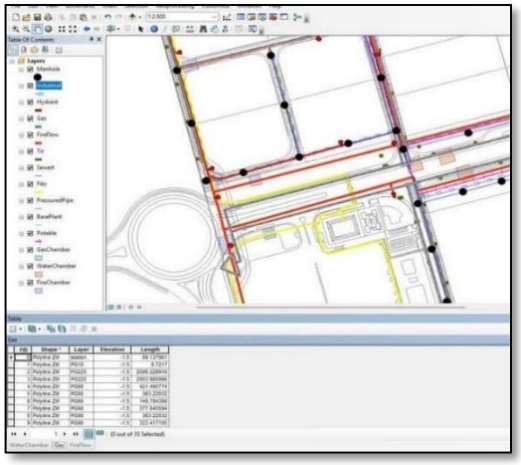
[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

جدول۳. رنگبندی ترسیم تأسیسات

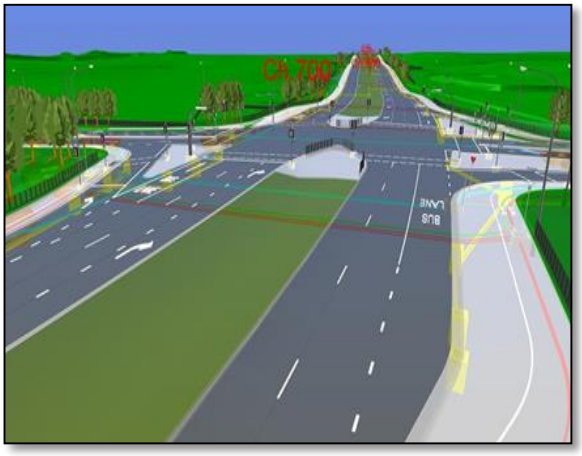
ردیف	نوع تأسیسات	رنگ بندی	کد رنگ
۱	گاز	زرد	rgb(255, 215, 0)
۲	برق	سبز	rgb(50, 205, 50)
۳	مخابرات (فیبر نوری)	قرمز	rgb(255, 0, 0)
۴	آب شرب	آبی روشن	rgb(0, 191, 255)
۵	آب صنعت	آبی تیره	rgb(0, 0, 255)
۶	آب آتش نشانی	نارنجی	rgb(255, 165, 0)
۷	فاضلاب	قهوه ای	rgb(160, 82, 45)

گام ۶- گردآوری و ترسیم اطلاعات پروژه های اجرا شده و درحال ساخت حوزه های مختلف تأسیسات در مدل سه بعدی: فایل‌های مورد نیاز در این بخش شامل اطلاعات ازبیلت تأسیسات اجراشده و طرح پروژه‌های در حال اجرا به تفکیک نوع تأسیسات می‌باشد که باید با یکی از نرم‌افزارهای دو بعدی یا سه بعدی ترسیم شده باشد. همچنین فایل GIS READYتأسیسات نیز به‌منظور تکمیل اطلاعات مورد نیاز ضروری است. نمونه ای از فایل تاسیسات در نرم افزار GIS READY در شکل ۷ آورده شده است.

در این مرحله، اطلاعات فایل‌های ازبیلت و GIS-Ready به مدل سه‌بعدی افزوده شده است. اطلاعات گردآوری‌شده در گام‌های قبلی شامل خطوط هوایی برق و روشنایی به همراه کابل فیبر نوری و ایستگاه تقلیل فشار گاز، به‌عنوان پروژه‌های اجرایی در سطح سایت شناسایی و با رعایت استانداردهای تعریف‌شده به مدل سه‌بعدی افزوده شدند. جانمایی تاسیسات موجود در طرح سه بعدی در شکل ۸ آورده شده است.



شکل ۷. نمونه ای از فایل GIS READYتأسیسات



شکل ۸. جانمایی تاسیسات موجود در طرح سه بعدی

گام ۷- گردآوری و ترسیم اطلاعات طرح های توسعه‌ای حوزه‌های مختلف تأسیسات در مدل سه بعدی: در این مرحله با همکاری ارکان تیم پروژه اطلاعات طرح های توسعه‌ای زیرساخت‌های تاسیساتی گردآوری و طرح اولیه به مدل افزوده شد. این طرح‌ها شامل پروژه‌های شبکه‌های آب شرب، صنعت و آتش‌نشانی، شبکه جمع‌آوری فاضلاب، شبکه توزیع گاز، ایستگاه‌های پمپاژ آب، مخازن ذخیره‌سازی آب و شبکه توزیع فیبر نوری می‌باشد. همچنین طرح پروژه‌های آتی الاحداث در حوزه‌های مختلف تأسیسات بر روی مدل سه‌بعدی تهیه‌شده پیاده‌سازی شد.

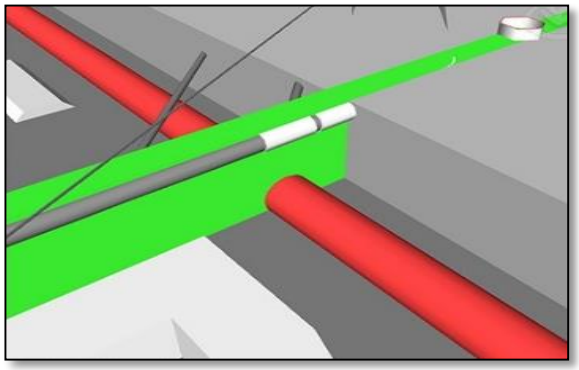
[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

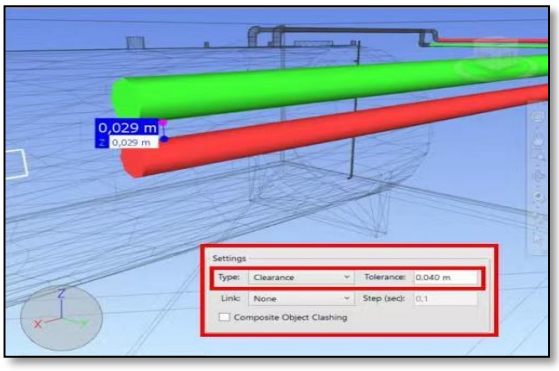
گام ۸- تجمیع اطلاعات، کاهش حجم و کنترل تداخلات با Navisworks: پس از ترسیم مدل سه‌بعدی در نرم‌افزار رویت، برای یکپارچه‌سازی طرح، کاهش حجم اطلاعات و کنترل تداخلات اجرایی و گزارش‌گیری از تداخلات، از نرم‌افزار Navisworksاستفاده شده است.

گام۹-خودکارسازی طراحی و اتصال داده ها با Dynamo: با توجه به حجم بالای اطلاعات و برای مدیریت بهینه آن‌ها، به‌منظور سهولت در اشتراک‌گذاری اطلاعات پروژه با اعضای تیم و صرفه‌جویی در زمان، از نرم‌افزار Dynamo برای خودکارسازی طراحی‌های تکراری و اتصال اطلاعات طرح به مدل سه‌بعدی استفاده شده است.

گام ۱۰- بررسی تداخلات سخت و نرم و گزارش گیری با Navisworks: در این مرحله کنترل تداخلات طرح های آتی الاحداث انجام شد، تداخل‌گیری یا به اصطلاح کلش‌گیری به دو صورت انجام می‌شود، کلش‌گیری سخت که به بررسی نقاط برخورد تأسیسات با یکدیگر یا با سایر ابنیه پرداخته و کلش‌گیری نرم که رعایت فاصله خطوط نسبت به یکدیگر یا سایر ابنیه را کنترل می‌کند. نمونه‌ای ازکلش گیری سخت در شکل ۹ و نمونه ای از کلش گیری نرم شکل ۱۰ آورده شده است.



شکل ۹ نمونه ای ازکلش گیری سخت



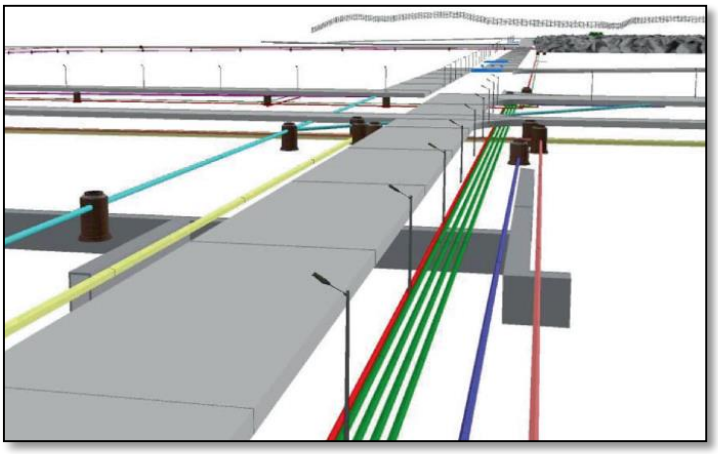
شکل ۱۰. نمونه ای از کلش گیری نرم

گام ۱۱- تحلیل استانداردهای اجرایی و بررسی حریم ها: این مرحله مهم‌ترین بخش از مطالعات صورت‌گرفته می‌باشد. در این مرحله، باید با رعایت حریم‌ها و استانداردهای اجرایی تأسیسات، اصلاح جانمایی عرضی و عمقی طرح‌های تأسیسات نسبت به هم و آرایش چیدمان خطوط در معابر و فضاهای سبز انجام شود. بدین منظور، نسبت به اخذ استعلام حریم‌های تأسیساتی از کلیه ارگان‌های دولتی اقدام شده است.

گام ۱۲- کنترل جانمایی تأسیسات در هر یک از معابر و اصلاح جانمایی در صورت لزوم: در برخی نقاط تداخل تأسیسات مشاهده شده است که برای رفع مشکل نیاز به تغییر مسیر یا طرح خواهد بود. برای این منظور، با هماهنگی‌های انجام‌شده در جلسات تیمی، نسبت به اعمال تغییرات لازم اقدام خواهد شد. این مرحله بهترین زمان برای تصمیم‌گیری در خصوص تعیین مسیر و مشخص نمودن کریدورهای تأسیساتی و بررسی امکان اجرای همزمان تأسیسات می‌باشد و نیازمند جلسات پیوسته برای بررسی کلیه مقاطع در طرح است. نمونه ای از جانمایی تاسیسات در رویت در شکل ۱۱ آورده شده است. نمودن کریدورهای تأسیساتی و بررسی امکان اجرای همزمان تأسیسات می‌باشد و نیازمند جلسات پیوسته برای بررسی کلیه مقاطع در طرح است.

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

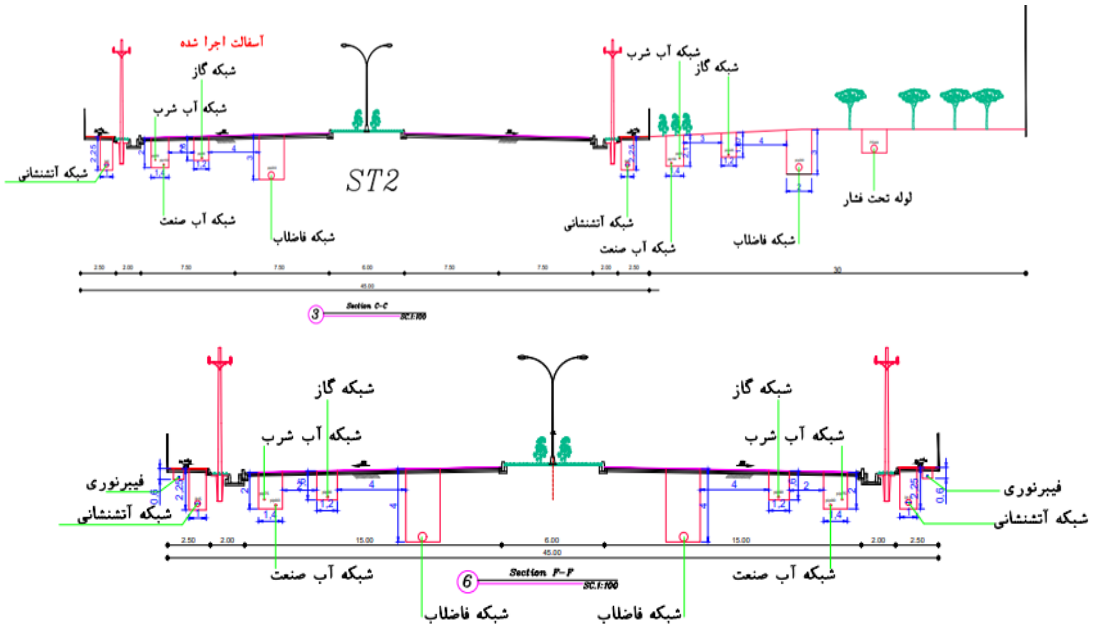
[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]



شکل ۱۱. نمونه ای از جانمایی تاسیسات در رویت

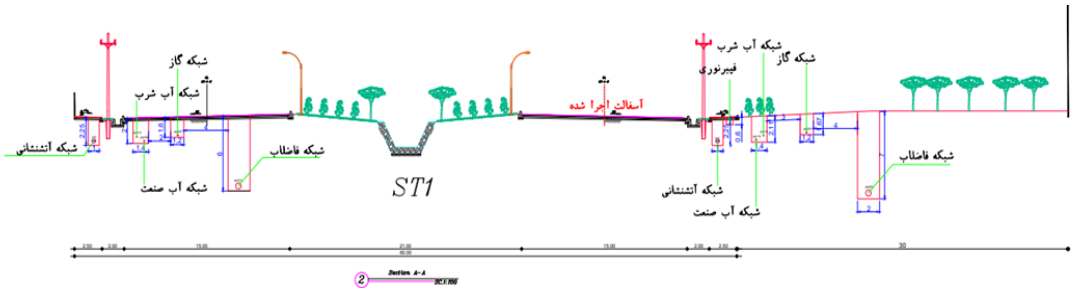
گام ۱۳– بازدید میدانی و تهیه لیست نواقص: در این گام، لیست نواقص شناسایی شده تهیه و جلسه‌ای برای بررسی آن‌ها برگزار شد. در صورت لزوم، بازدید میدانی از پروژه جهت تکمیل اطلاعات با توجه به نوع نقص انجام گرفت. برخی از اطلاعات در خصوص جزئیات اجرا در فایل‌های دریافتی ناقص بود که با برگشت به مشاور تخصصی مربوطه تکمیل و در پروژه اعمال گردید.

گام۱۴ – تهیه مقاطع عرضی هر یک از معابر با جانمایی تأسیسات و مشخص نمودن کانال های اختصاصی عبوری تأسیسات: در این مرحله، اولویت اجرای پروژه‌ها با توجه به شرایط کلی پروژه تعیین می‌شود. به‌منظور صرفه‌جویی در زمان و هزینه، امکان اجرای همزمان تأسیسات در ترانشه‌های مشترک بررسی شده و در صورت امکان، از این روش استفاده خواهد شد. نمونه ای از مقاطع عرضی معابر و جانمایی کانال های تاسیساتی در شکل ۱۲ آورده شده است.



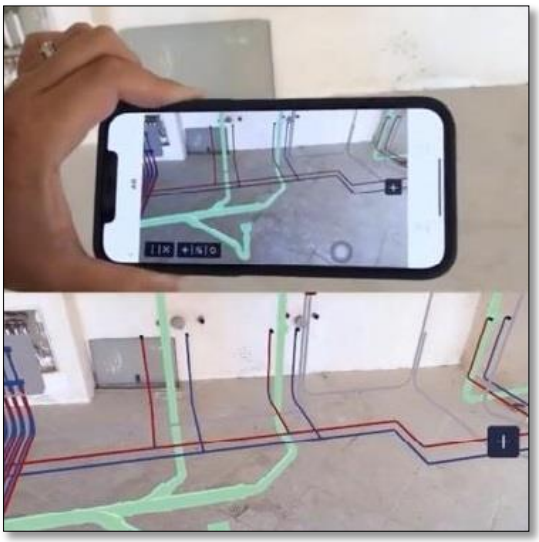
[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]



شکل ۱۲. نمونه ای از مقاطع عرضی معابر و جانمایی کانال های تاسیساتی

گام پایانی– تهیه خروجی واقعیت افزوده[1] و واقعیت مجازی[2] برای پروژه:خروجی واقعیت افزوده و واقعیت مجازی برای پروژه به‌منظور برنامه‌ریزی توسعه و کنترل و نظارت بر اجرای صحیح طرح در زمان اجرا و همچنین بهره‌گیری از اطلاعات ساخت در زمان تعمیر و نگهداری، که به کاهش هزینه‌ها و زمان و افزایش کیفیت طرح‌های اجرایی منجر خواهد شد. نمونه ای از خروجی AR تاسیسات در یکی از ساختمان ها در شکل ۱۳ آورده شده است.



شکل ۱۳. نمونه ای از خروجی AR تاسیسات در یکی از ساختمان ها

استفاده از واقعیت افزوده و واقعیت مجازی در این پروژه، فراتر از نمایش گرافیکی، ابزاری برای تصمیم‌سازی مدیریتی در حوزه نگهداری و توسعه پروژه فراهم نمود. با بهره‌گیری ازAR، امکان موقعیت‌یابی سریع تأسیسات مدفون بدون نیاز به حفاری میسر گردید. همچنین در جلسات تصمیم‌گیری مدیران شهری، بهره‌گیری از مدل VR منجر به کاهش زمان تصویب طرح‌ها تا ۳۵٪ نسبت به جلسات سنتی مبتنی بر نقشه‌های دوبعدی شد.

همچنین در مرحله نگهداری، پیمانکاران با استفاده از اپلیکیشن AR مبتنی بر GPS موفق به تعیین سریع محل عیوب و کاهش زمان توقف بهره‌برداری به میزان میانگین ۴۲٪ شدند. این نتایج نشان می‌دهد تلفیق AR/VR با مدل‌های BIM، تأثیر مستقیمی بر کاهش خطای انسانی، افزایش دقت تصمیم‌گیری، و ارتقای بهره‌وری در مدیریت شهری دارد.

1 Augmented Reality (AR)
2 Virtual Reality (VR)

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

یافته‌های تحقیق

۱. نتایج پیاده‌سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان در طراحی و اجرای تأسیسات شهری

یافته‌های حاصل از پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که پس از تعیین مسیر عبور تأسیسات در معابر، با اجرای هم‌زمان تأسیسات مدفون پیش از اجرای لایه‌های روسازی، از تخریب مجدد معابر و حفاری‌های مکرر جلوگیری شده است. این رویکرد منجر به کاهش قابل توجه هزینه‌های ناشی از تخریب و بازسازی معابر، که در پروژه‌های مشابه به مقادیر بسیار قابل توجهی می‌رسد، گردید.

همچنین نتایج نشان داد که در صورت عدم برنامه‌ریزی پیش از اجرای تأسیسات، تداخلات اجرایی، محدودیت فضا و آسیب به شبکه‌های مجاور به‌طور اجتناب‌ناپذیر رخ می‌دهد. در اغلب معابر شهری، تراکم بالای تأسیسات سبب می‌شود که حفاری برای تعمیر یک شبکه، منجر به تخریب سایر شبکه‌ها گردد. در این راستا، استقرار یک ارگان هماهنگ‌کننده مبتنی بر فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان به‌عنوان هسته مرکزی مدیریت یکپارچه، به‌عنوان یک ضرورت راهبردی برای استقرار مدیریت یکپارچه شناسایی گردید.

۲. تحلیل سوات مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری مبتنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

به‌منظور شناسایی عوامل داخلی و خارجی مؤثر بر استقرار مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری مبتنی بر مدل سازی اطلاعات ساختمان، تحلیل[1] سوات انجام و نتایج آن در جدول (۴) ارائه شد.

جدول ۴. تحلیل نقاط ضعف، قوت و فرصت، تهدید

	فرصت‌ها	تهدیدها
SWOT	۱-ایجاد بانک اطلاعاتی جامع ۲- ایجاد بستر مدیریت یکپارچه ۳-کاهش زمان و هزینه ها ۴- سهولت در مدیریت و بهره برداری	۱-افزایش تداخلات اجرایی و احتمال آسیب رساندن به تاسیسات زیرزمینی ۲- عدم وجود مدیریت و مشکلات اجرایی پی در پی ۳-افزایش هزینه و زمان ساخت و تعمیر و نگهداری ۴- افزایش تهدید های پدافندی و زیست محیطی
نقاط قوت	استراژی تهاجمی SO	استراژی رقابتی ST
۱- وجود نرم افزارهای تخصصی ۲-وجود دانش مدیریت استراتژیک ۳-وجود دانش برنامه ریزی ۴- وجود فرآیند BIM	۱- بکارگیری نرم افزارها در ایجاد بانک اطلاعاتی ۲- آموزش مدیران استراتژیک ۳- آموزش مدیریت زمان و هزینه به مدیران ۴- بکارگیری فرآیند BIM بمنظور سهولت در مدیریت یکپارچه	۱- بکارگیری دانش تخصصی در جهت کاهش تداخلات ۲- بکارگیری متخصصان توانمند در زمینه مدیریت استراتژیک ۳-بکارگیری متخصصان توانمند در زمینه مدیریت برنامه ریزی و کنترل پروژه ۴- بکارگیری متخصصان توانمند با تسلط به فرآیند BIM
نقاط ضعف	استراژی محافظه کارانه WO	استراژی تدافعی WT
۱- کمبود نیروی انسانی متخصص ۲-عدم هماهنگی بین ارگان ها ۳-هزینه و زمان اولیه بالا ۴- تکمیل نبودن اطلاعات پایه موجود	۱- آموزش نیروی متخصص برای ایجاد بانک اطلاعاتی ۲-درخواست ایجاد یک ارگان هماهنگ کننده مرکزی از سطوح مدیریتی بالا ۳- تهیه طرح توجیهی بهینه سازی هزینه و زمان ۴-برنامه ریزی جهت گردآوری و ترسیم اطلاعات پایه	۱- بکارگیری نیروهای انسانی محدود وگروه های کوچکتر و کاهش سرعت پیاده سازی طرح ۲- همکاری با ارگان های موافق با پیاده سازی طرح و تلاش برای کسب نظر سایر ارگان ها ۳- اولویت بندی مدل سازی اطلاعات پروژه ها با توجه به درجه اهمیت ۴- گردآوری اطلاعات پروژه ها به ترتیب درجه اهمیت

[1] Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threat (SWOT)

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

تحلیل نتایج جدول (۴) نشـان می‌دهد که مهم‌ترین فرصـت‌ها شـامل ایجاد بانک اطلاعاتی جامع، ایجاد بسـتر مدیریت یکپـارچه، کاهش زمان و هزینه‌ها و سـهولت مدیریت بهره‌برداری اسـت. در مقابل، تهدیدهایی نظیر افزایش تداخلات اجرایی، ضـعف مدیریت، افزایش هزینه‌های سـاخت و نگهداری و مخاطرات زیسـت‌محیطی به‌عنوان چالش‌های اصـلی شناسایی شدند.

در بعد داخلی، وجود نرم‌افزارهای تخصـصـی، دانش مدیریت استراتژیک، توان برنامه‌ریزی و فرآیند BIM به‌عنوان نقاط قوت و کمبود نیروی انسانی متخصص، ضعف هماهنگی بین ارگان‌ها، هزینه و زمان اولیه بالا و ناقص بودن اطلاعات پایه به‌عنوان نقاط ضـعف اصـلی تعیین گردید. این نتایج بیانگر آن اسـت که موفقیت اسـتقرار BIM بیش از آنکه وابسته به زیرساخت فنی باشد، نیازمند تقویت بستر نهادی و منابع انسانی است.

۳. اولویت‌بندی راهبردها با ماتریس کمی برنامه ریزی استراتژیک [1]

در ادامه تحلیل سـوات، به‌منظور اولویت‌بندی راهبردهای اسـتخراج‌شـده، مدل تصمیم‌گیری کمی QSPM به‌کار گرفته شد. خلاصه رتبه‌بندی نهایی در جدول (۵) و نتایج تفصیلی این تحلیل در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج QSPM نشان داد که راهبرد WO3 (آموزش نیروی متخصص و تهیه طرح توجیهی اقتصادی) با نمره جذابیت ۶٫۵۵ در رتبه نخست و راهبرد WT2 (ایجاد ارگان هماهنگ‌کننده مرکزی و برنامه‌ریزی برای گردآوری اطلاعات پایه) با نمره ۶٫۴۲ در جایگاه دوم قرار گرفتند. راهبردهای ST4 و ST3 نیز که به بهره‌گیری از فرآیند مدل سـازی اطلاعات سـاختمان و مدیریت برنامه‌ریزی و کنترل پروژه مربوط می‌شـوند، در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که راهبردهایی که هم‌زمان بر توانمندسـازی منابع انسـانی، نهادسـازی و اسـتفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان تمرکز دارند، نسبت به راهبردهای صرفاً فنی، از جذابیت و اثربخشی بالاتری برخوردارند.

جدول ۵. خلاصه اولویت‌بندی راهبردها بر اساسQSPM

رتبه	کد راهبرد	عنوان راهبرد خلاصه‌شده	مجموع جذابیت(TAS)
1	WO3	آموزش نیروی متخصص، تهیه طرح توجیهی اقتصادی	6.55
2	WT2	ایجاد ارگان هماهنگ‌کننده و برنامه‌ریزی اطلاعات	6.42
3	ST4	بکارگیری فرآیند BIM برای سهولت در مدیریت	6.41
4	ST3	بکارگیری مدیریت برنامه‌ریزی و کنترل پروژه	6.06
5	SO3	کاهش هزینه و زمان با تحلیلBIM	6.06
6	ST1	استفاده از نرم‌افزارها در ایجاد بانک اطلاعاتی	6.00
7	WO4	ترسیم اطلاعات پایه به ترتیب اهمیت	5.79
8	SO1	استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی	5.22
9	WT3	اولویت‌بندی پروژه‌ها براساس اهمیت	5.31
10	SO2	آموزش مدیران استراتژیک	4.50
11	WT1	بهره‌گیری از گروه‌های کوچک و افزایش سرعت	4.96
12	ST2	تسلط به مدیریت استراتژیک	5.17
13	WT4	گردآوری اطلاعات پروژه‌ها	4.91
14	WO1	آموزش نیروی متخصص برای بانک اطلاعاتی	5.41
15	WO2	درخواست نهاد هماهنگ‌کننده مرکزی	5.17
16	SO4	سهولت مدیریت یکپارچه باBIM	5.41

1 Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM)

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

جدول ۶- اولویت بندی راهبرد ها بر اساس مدلQSPM

عوامل استراتژیک	اهمیت نسبی	SO1 AS	SO1 TAS	SO2 AS	SO2 TAS	SO3 AS	SO3 TAS	SO4 AS	SO4 TAS	WO 1 AS	WO 1 TAS	WO 2 AS	WO 2 TAS	WO 3 AS	WO 3 TAS	WO 4 AS	WO 4 TAS	ST1 AS	ST1 TAS	ST2 AS	ST2 TAS	ST3 AS	ST3 TAS	ST4 AS	ST4 TAS	WT 1 AS	WT 1 TAS	WT 2 AS	WT 2 TAS	WT 3 AS	WT 3 TAS	WT 4 AS	WT 4 TAS
نقاط قوت																																	
۱- وجود نرم افزارهای تخصصی	0.14	4.00	0.55	2.00	0.28	4.00	0.55	3.00	0.42	3.00	0.42	3.00	0.42	2.00	0.28	4.00	0.55	0.55	0.35	3.00	0.42	0.42	0.35	4.00	0.55	4.00	0.55	4.00	0.55	4.00	0.55	4.00	0.55
۲-وجود دانش مدیریت استراتژیک	0.12	2.00	0.23	4.00	0.46	3.00	0.35	3.00	0.35	3.00	0.35	4.00	0.46	3.00	0.46	4.00	0.46	0.35	0.46	4.00	0.46	0.35	0.46	3.00	0.46	3.00	0.35	4.00	0.46	4.00	0.46	4.00	0.46
۳-وجود دانش برنامه ریزی	0.12	1.00	0.12	3.00	0.35	4.00	0.46	3.00	0.35	3.00	0.35	4.00	0.46	4.00	0.46	3.00	0.46	0.35	0.46	4.00	0.46	0.46	0.46	4.00	0.46	4.00	0.46	4.00	0.46	4.00	0.46	4.00	0.46
۴- وجود فرآیند BIM	0.15	3.00	0.44	2.00	0.29	3.00	0.44	4.00	0.58	3.00	0.44	4.00	0.58	4.00	0.58	3.00	0.44	3.00	0.44	3.00	0.44	3.00	0.44	4.00	0.58	4.00	0.58	4.00	0.58	4.00	0.58	4.00	0.58
نقاط ضعف																																	
۱- کمبود نیروی انسانی متخصص	0.14	2.00	0.28	3.00	0.42	2.00	0.28	2.00	0.28	2.00	0.28	3.00	0.42	3.00	0.42	2.00	0.28	2.00	0.28	4.00	0.55	4.00	0.55	4.00	0.55	4.00	0.55	3.00	0.55	2.00	0.55	2.00	0.28
۲-عدم هماهنگی بین ارگان ها	0.12	2.00	0.25	1.00	0.12	2.00	0.25	2.00	0.25	3.00	0.25	3.00	0.37	2.00	0.37	2.00	0.25	2.00	0.25	3.00	0.37	4.00	0.49	1.00	0.37	2.00	0.12	2.00	0.25	1.00	0.12	1.00	0.12
۳-هزینه و زمان اولیه بالا	0.11	1.00	0.11	1.00	0.11	1.00	0.11	2.00	0.22	3.00	0.11	3.00	0.32	3.00	0.22	2.00	0.11	1.00	0.11	2.00	0.22	2.00	0.22	1.00	0.32	1.00	0.22	2.00	0.22	2.00	0.22	2.00	0.22
۴- تکمیل نبودن اطلاعات پایه موجود	0.12	2.00	0.23	1.00	0.23	2.00	0.23	2.00	0.23	2.00	0.23	2.00	0.35	2.00	0.23	4.00	0.23	1.00	0.12	2.00	0.23	3.00	0.23	3.00	0.23	3.00	0.35	2.00	0.35	2.00	0.35	2.00	0,23
فرصت ها																																	
۱-ایجاد بانک اطلاعاتی جامع	0.14	4.00	0.57	2.00	0.29	2.00	0.29	4.00	0.57	3.00	0.43	4.00	0.57	3.00	0.43	4.00	0.57	1.00	0.14	2.00	0.29	3.00	0.43	3.00	0.43	2.00	0.29	3.00	0.43	3.00	0.43	2.00	0.29

[Downloaded from ijvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/ijvfc.6.4.165]

جدول ۶- اولویت بندی راهبرد ها بر اساس مدلQSPM

عوامل استراتژیک	اهمیت نسبی		SO1		SO2		SO3		SO4		WO 1		WO 2		WO 3		WO 4		ST1		ST2		ST3		ST4		WT 1		WT 2		WT 3		WT 4	
			AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS
۲- ایجاد بستر مدیریت یکپارچه	0.13	0.14	3.00	0.39	3.00	0.39	3.00	0.39	4.00	0.51	3.00	0.39	4.00	0.51	3.00	0.39	0.51	0.13	0.13	4.00	0.51	0.51	4.00	0.51	4.00	0.51	2.00	0.26	2.00	0.26	2.00	0.26	2.00	0.26
۳-کاهش زمان و هزینه ها		0.14	3.00	0.41	2.00	0.54	4.00	0.54	3.00	0.41	2.00	0.41	3.00	0.41	4.00	0.54	3.00	0.27	2.00	0.27	2.00	0.27	3.00	0.27	3.00	0.27	2.00	0.27	2.00	0.27	2.00	0.27	2.00	0.27
۴- سهولت در مدیریت و بهره برداری		0.12	3.00	0.36	3.00	0.36	2.00	0.24	3.00	0.36	3.00	0.36	3.00	0.36	4.00	0.49	3.00	0.36	2.00	0.24	3.00	0.36	3.00	0.36	3.00	0.36	2.00	0.24	2.00	0.24	2.00	0.24	2.00	0.24
تهدیدها																																		
۱-افزایش تداخلات اجرایی و احتمال آسیب رساندن به تاسیسات زیرزمینی	0.13	0.13	3.00	0.39	2.00	0.26	2.00	0.26	4.00	0.51	3.00	0.39	3.00	0.26	3.00	0.39	3.00	0.26	2.00	0.13	2.00	0.26	3.00	0.39	3.00	0.39	3.00	0.39	3.00	0.39	3.00	0.39	3.00	0.39
۲- عدم وجود مدیریت و مشکلات اجرایی پی در پی	0.11	0.11	3.00	0.32	3.00	0.32	4.00	0.32	3.00	0.32	3.00	0.32	3.00	0.32	3.00	0.32	3.00	0.32	3.00	0.32	4.00	0.32	4.00	0.32	3.00	0.32	3.00	0.32	3.00	0.32	3.00	0.32	3.00	0.32
۳-افزایش هزینه و زمان ساخت و تعمیر و نگهداری	0.12	0.12	2.00	0.24	2.00	0.49	2.00	0.49	3.00	0.36	2.00	0.24	2.00	0.49	2.00	0.24	2.00	0.36	3.00	0.12	2.00	0.43	2.00	0.24	3.00	0.36	3.00	0.24	3.00	0.24	3.00	0.24	3.00	0.24
۴- افزایش تهدید های پدافندی و زیست محیطی	0.11	0.11	3.00	0.34	2.00	0.23	2.00	0.23	3.00	0.34	2.00	0.23	2.00	0.23	4.00	0.34	2.00	0.23	2.00	0.11	1.00	0.11	1.00	0.11	2.00	0.34	3.00	0.23	3.00	0.23	2.00	0.23	2.00	0.23
جمع	2.00		5.22		4.50		5.41		6.06		5.17		6.41		6.42		6.00		4.03		5.62		6.06		6.55		4.96		5.31		5.79		4.91	

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

۴. مقایسه عملکرد پروژه در دو سناریو «با کاربرد مدلسازی اطلاعات ساختمان» و «بدون استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان »

به‌منظور سنجش اثرات واقعی پیاده‌سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان، شاخص‌های عملکردی پروژه در دو حالت «با کاربرد مدلسازی اطلاعات ساختمان» و «بدون استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان » مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۷) ارائه شده است. این مقایسه بر اساس داده‌های تجربی پروژه، گزارش‌های اجرایی و شبیه‌سازی وضعیت سنتی انجام گرفت.

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان موجب کاهش ۹۲,۵ درصدی زمان گردآوری اطلاعات، کاهش ۸۷,۵ درصدی هزینه بازطراحی ناشی از تداخلات، کاهش ۳۳,۳ درصدی زمان اجرا، کاهش ۲۰,۵۱ درصدی هزینه اجرا، کاهش ۸۰ درصدی دعاوی پیمانکاری و کاهش ۵۸,۳۳ درصدی هزینه نگهداری سالیانه شده است. این یافته‌ها بیانگر نقش تعیین‌کننده مدل سازی اطلاعات ساختمان در ارتقای کارایی اقتصادی، فنی و مدیریتی پروژه‌های زیرساختی شهری است.

جدول ۷. مقایسه نتایج با و بدون استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان

شاخص عملکردی	واحد	برآورد بدون BIM	نتیجه اجرا با BIM	میزان بهبود	توضیحات
زمان گردآوری اطلاعات برای طراحی پروژه جدید	روز	۴۰	۳	٪۹۲,۵۰	بهره گیری از بانک اطلاعاتی موجود بجای صرف زمان گردآوری داده مطابق با شرح خدمات قراردادی
هزینه بازطراحی ناشی از تداخلات	میلیارد ریال	۸	۱	٪۸۷,۵۰	کاهش چشمگیر تداخلات و عدم نیاز به رفع آن در زمان اجرای پروژه
تعداد تداخلات شناسایی‌نشده	مورد	۵۶	۷	٪۸۷,۵۰	رفع تداخل در مرحله مدلسازی باBIM
زمان اجرای کار	ماه	۱۸	۱۲	٪۳۳,۳۳	کاهش زمان کنترل مسیر و نقشه برداری تدقیقی و تعیین مسیر
کمبود کیفیت کار	درصد	۳۰	۵	٪۸۳,۳۳	پیش بینی نواقص کار در زمان مدلسازی و برطرف کردن آن
هزینه اجرا	میلیارد ریال	۱۵۶	۱۲۴	٪۲۰,۵۱	حذف هزینه حفاری یک کانال و اجرای دو شبکه آب شرب و آتش نشانی در یک کانال
مدیریت ادعا در پروژه	درصد	۲۵	۵	٪۸۰,۰۰	کاهش ادعای پیمانکار بواسطه دقیق بودن نقشه و برآورد اولیه پیمان
هزینه پیش‌بینی‌شده نگهداری سالیانه	میلیارد ریال	۱۲	۵	٪۵۸,۳۳	کاهش چشمگیر تخریب در مرحله نگهداری

تحلیل یکپارچه نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدلسازی اطلاعات ساختمان، تحلیل سوات و مدل ماتریس کمی برنامه ریزی استراتژیک نشان می‌دهد که ریشه اصلی ناکارآمدی مدیریت زیرساخت‌های شهری نه صرفاً در ضعف فناوری، بلکه در فقدان ساختار نهادی هماهنگ و کمبود نیروی انسانی متخصص نهفته است. نتایج تحلیل سوات بر ضعف هماهنگی سازمانی و ناقص بودن اطلاعات پایه تأکید دارد و نتایج ماتریس کمی برنامه ریزی استراتژیک نیز اولویت راهبردهای نهادی و انسانی را نسبت به راهبردهای فنی تأیید می‌کند. همچنین مقایسه سناریوهای با و بدون مدلسازی اطلاعات ساختمان نشان داد که بهره‌گیری از این فناوری می‌تواند به‌عنوان یک ابزار راهبردی تصمیم‌سازی، تداخلات اجرایی،

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

هزینه‌های مضـاعف و دوباره‌کاری‌ها را به‌طور مؤثر کنترل نماید. بدین ترتیب، یافته‌ها مؤید آن اسـت که تحقق مدیریت یکپارچه زیرسـاخت‌های شـهری، تنها در سـایه تلفیق هم‌زمان فناوری مدلسـازی اطلاعات ساختمان، نهادسازی و توسعه سرمایه انسانی امکان‌پذیر است.

بحث و نتیجه‌گیری

۱. جمع‌بندی یافته‌های اصلی پژوهش

یافته‌های پژوهش نشـان داد که به‌کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌های زیرساختی شهری موجب کاهش چشـم‌گیر هزینه‌ها، زمان اجرا، تداخلات اجرایی، دعاوی پیمانکاری و هزینه‌های نگهداری شـده و کیفیت اجرای پروژه را به‌طور محسـوسـی ارتقا داده اسـت. نتایج تحلیل سوات و ماتریس کمی برنامه ریزی استراتژیک نیز نشان داد که توسعه منابع انسـانی متخصـص، ایجاد سـاختار نهادی هماهنگ‌کننده و بهره‌گیری نظام‌مند از مدل سـازی اطلاعات سـاخت، مهم‌ترین پیشران‌های موفقیت مدیریت یکپارچه زیرساخت‌های شهری هستند.

۲. پیشنهادهای کاربردی پژوهش

- ایجاد یک نهاد هماهنگ‌کننده مرکزی برای مدیریت یکپارچه تأسـیسـات شـهری مبتنی بر مدل سـازی اطلاعات ساختمان؛
- تدوین و اجرای برنامه آموزش تخصـصی نیروی انسانی در حوزه مدل سازی اطلاعات ساختمان و مدیریت زیرساخت؛
- طراحی و استقرار بانک اطلاعاتی جامع تأسیسات شهری در مقیاس شهری؛
- الزام اسـتفاده از مدل سـازی اطلاعات سـاختمان در پروژه‌های جدید زیرسـاختی به‌عنوان بسـتر رسـمی تصمیم‌سازی؛
- تدوین دسـتورالعمل‌های حقوقی و اجرایی جهت کاهش دعاوی پیمانکاری مبتنی بر داده‌های مدل سـازی اطلاعات ساختمان.

۳. دانش‌افزایی و نوآوری پژوهش

نوآوری اصـلی این پژوهش در تلفیق هم‌زمان سـه رویکرد فناوری مدل سـازی اطلاعات سـاختمان، تحلیل راهبردی SWOT–QSPMو مدیریت یکپارچه نهادی در حوزه زیرسـاخت‌های شـهری اسـت. این پژوهش برای نخستین‌بار با رویکردی کاربردی نشـان می‌دهد که مدل سـازی اطلاعات سـاختمان تنها یک ابزار طراحی نیسـت، بلکه یک سـامانه پشـتیبان تصـمیم‌گیری راهبردی در مدیریت زیرساخت‌های شهری به‌شمار می‌رود و می‌تواند به‌عنوان الگوی بومی برای شهرهای ایران مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

منابع

مویدی، محمد. (۱۳۹۲). نقش شاخص‌های حکمروایی شهری در حرکت به سوی توسعه پایدار شهری. پنجمین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، ۱۱۶–۱۱۹.

حسینی و همکاران. (۱۴۰۱). تحلیل رابطه مدیریت شهری و حکمروایی خوب شهری و ارتباط آن با توسعه پایدار شهری (مورد: شهر رشت). کنفرانس ملی معماری و شهرسازی پایدار با رویکرد انسان و محیط، ۹۲–۱۰۳.

حسین‌زاده دالیر، ک.، پورمحمدی، م. ر.، و سلطانی، ع. (۲۰۲۱). بررسی عوامل مؤثر بر ناکارآمدی طرح‌های جامع شهری ایران (مطالعه موردی: طرح‌های جامع تبریز). جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، ۱۵(۳۱)، ۱۳۱–۱۵۱.

اجلالی، پ.، رفیعیان، م.، و عسگری، ا. (۱۳۹۶). نظریه‌های برنامه‌ریزی: دیدگاه‌های سنتی و نوین. تهران: شرکت چاپ و نشر آگاه.

مجیدی، ح. (۱۳۹۲). نظریه‌های برنامه‌ریزی ساختاری–استراتژیک شهری و منطقه‌ای. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

صرافی، م.، توکل‌نیا، ج.، و چمانی مقدم، م. (۱۴۰۰). جایگاه برنامه‌ریز در فرایند برنامه‌ریزی شهری ایران. مطالعات شهری، ۳(۱۲)، ۱۹–۳۲.

مقیمی، ع. (۱۳۹۴). آینده‌شناسی رویکردهای نظری برنامه‌ریزی شهری، معماری و صنعت ساختمان. مدیریت شهری و روستایی، ۱۴(۳۸)، ۷۵–۱۰۴.

کاظمیان، غلامرضا، اصلی‌پور، حسین، و شمس، لیلا. (۱۳۹۹). موانع مدیریتی تحقق تونل مشترک تأسیسات شهری در شهر تهران. معماری و شهرسازی آرمانشهر .

شیعه، اسماعیل. (۱۳۹۶). مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی شهری. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

هاشمی فشارکی، جواد، و شکیبامنش، امیر. (۱۳۹۹). طراحی شهری از منظر دفاع غیرعامل. تهران: انتشارات بوستان حمید.

Bhatti, I. A., Abdullah, A. H., Nagapan, S., Bhatti, N. B., Sohu, S., & Jhatial, A. A. (2018). Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Pakistan Construction Industry. Engineering, Technology & Applied Science Research, 8(4), 3199–3202. https://doi.org/10.48084/etasr.2145

Hatem, W. A., Abd, A. M., & Abbas, N. N. (2018). Motivation Factors for Adopting Building Information Modeling (BIM) in Iraq. Engineering, Technology & Applied Science Research, 8(2), 2668–2672. https://doi.org/10.48084/etasr.1860

Alvarenga, T. W., da Silva, E. N., & de B. Mello, L. C. B. (2017). BIM and Lean Construction: The Evolution Obstacle in the Brazilian Civil Construction Industry. Engineering, Technology & Applied Science Research, 7(5), 1904–1908. https://doi.org/10.48084/etasr.1278

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). BIM Handbook – A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.

Harris, R. (2017). The Business Value of BIM for Infrastructure. Smart Market Report, 1–64.

Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevaz, A., & Froese, T. (2019). Building Information Modelling Demystified: Does It Make Business Sense to Adopt BIM? International Journal of Managing Projects in Business, 2(3), 419–434.

Madlener, R., & Sunak, Y. (2021). Impacts of Urbanization on Urban Structures and Energy Demand: What Can We Learn for Urban Energy Planning and Urbanization Management? Sustainable Cities and Society, 1(1), 45–53.

Mattingly, M. (2022). Meaning of Urban Management. Cities, 11(3), 201–205.

Watson, V. (2019). The Planned City Sweeps the Poor Away...: Urban Planning and 21st Century Urbanisation. Progress in Planning, 72(3), 151–193.

Bobylev, N. (2019). Mainstreaming Sustainable Development into a City Master Plan: A Case of Urban Underground Space Use. Land Use Policy, 26, 1128–1137.

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]

Canto, J. (2014). Analysing Utility Tunnel and Highway Network Coordination Dilemma. Tunneling and Underground Space Technology, 19, 290–299.

Luo, S., Yao, J., Wang, S., Wang, Y., & Lu, G. (2022). A sustainable BIM-based multidisciplinary framework for underground pipeline clash detection and analysis. Journal of Cleaner Production, 374, 133900.

[Downloaded from jvfc.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.66224/jvfc.6.4.165]