

智能建造背景下BIM在建筑工程领域的研究进展

贾 明, 张德洋, 李政依, 杜海龙, 李宇奥

云南大学建筑与规划学院, 云南 昆明

收稿日期: 2025年2月28日; 录用日期: 2025年3月20日; 发布日期: 2025年3月31日

摘 要

随着科技的迅速发展, 建筑工程行业正迎来一场变革。目前, 智能建造已成为解决复杂、充满不确定性环境问题的重要利器, 而建筑信息模型(BIM)也已发展成为建筑、施工行业的数字支柱, 智能建造和建筑信息模型(BIM)技术的结合, 为建筑工程的设计、施工、运营和管理带来了新的机遇和挑战。本文将综述智能建造和BIM在建筑工程中的研究进展, 探讨其应用现状、优势、挑战及未来发展方向。

关键词

智能建造, BIM, 建筑工程

Research Progress of BIM in the Field of Construction Engineering under the Background of Intelligent Construction

Ming Jia, Deyang Zhang, Zhengyi Li, Hailong Du, Yuao Li

School of Architecture and Planning, Yunnan University, Kunming Yunnan

Received: Feb. 28th, 2025; accepted: Mar. 20th, 2025; published: Mar. 31st, 2025

Abstract

With the rapid development of science and technology, the construction industry is ushering in a change. At present, intelligent construction has become an important tool to solve complex and uncertain environmental problems, and building information model (BIM) has also developed into a digital pillar of the construction and construction industry. The combination of intelligent

文章引用: 贾明, 张德洋, 李政依, 杜海龙, 李宇奥. 智能建造背景下 BIM 在建筑工程领域的研究进展[J]. 土木工程, 2025, 14(3): 570-577. DOI: 10.12677/hjce.2025.143062

construction and building information model (BIM) technology has brought new opportunities and challenges to the design, construction, operation and management of construction projects. This paper will review the research progress of intelligent construction and BIM in construction engineering, and discuss its application status, advantages, challenges and future development direction.

Keywords

Intelligent Construction, BIM, Construction Engineering

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景

在当今全球化与科技飞速发展的时代，建筑工程领域正经历着前所未有的深刻变革。随着城市化进程的加速和人们对建筑品质要求的不断提高，建筑工程面临着越来越复杂的挑战。在建筑工程管理领域中，有两种前沿技术，分别是 BIM 技术和智能建造技术，它们正逐渐成为推动行业转型的关键力量[1]。

1.2. 研究目的及意义

智能建造融合了工业化建造、人工智能、大数据技术等多种元素，对于提高我国建筑业新型技术、促进绿色建筑发展意义非凡，它是在新时期智慧城市建设理念下，建筑业实现绿色低碳转型升级的必要条件[2]。BIM 技术在建筑工程领域的融入，标志着现代建筑业正迈向一个全新的发展阶段。它作为一种革命性的工具，能够构建出详尽的数字化建筑蓝图，这一蓝图贯穿项目设计的构思、施工的实际操作、运营的顺畅管理以及后续的维护工作，为整个建筑生命周期带来了颠覆性的管理范式[3]。

2. BIM 概述

2.1. BIM 定义

美国 BIM 标准对建筑信息模型(BIM)的定义为：BIM 是一种针对任何建造对象的、关于其物理和功能特征的共享知识资源，它以数字化信息形式呈现，能够构成决策的可靠依据，是建设项目中一种全新的、可存储建筑全生命周期数据信息的模型[4]。

建筑信息模型(BIM)是在建筑、工程和设施管理领域应用的数字化工具与技术[5]。它将建筑项目的物理与功能特性数字化，以此实现项目信息的集成与管理。BIM 技术不只是包括 3D 模型设计，更注重信息的创建、共享和管理，进而为项目从规划、设计、施工直至运维的全生命周期管理提供支持[6]。

2.2. BIM 应用层面

2.2.1. 深化设计

在当今的世界，BIM 的深化设计应用已经得到了充分的发展，它是在原有设计基础上，结合施工现场情况，利用 BIM 技术进行细化、补充和完善，真正地做到了智能化的应用[7]。它能够提高设计精度，优化管线排布，减少设计变更，实现各专业间的协同设计，从而提高施工效率，降低工程成本，保障施

工质量,是建筑行业数字化转型的重要手段。在二次结构施工过程中,我们可以利用 BIM 技术来进行排砖优化、进行洞口预留以及用量统计等方面[8]。

2.2.2. 质量控制

在质量控制方面,我们可以采用在 BIM 模型中采取“按图钉”的方式对质量检查信息进行标记,从而实现质量检查信息化[9]。BIM 可以通过对信息进行集成与共享、进行实时监控与预警,从而提高协同效率等手段,实现对工程项目施工质量的全面把控,减少了人力物力的浪费,提升了经济效率。BIM 技术还能够精确模拟施工过程,预测潜在问题,优化资源配置,确保工程质量符合设计要求,有效提升工程项目的整体质量水平。

2.2.3. 施工进度

在施工进度方面, BIM 通过创建三维模型来真实地模拟施工过程,通过精确计算出工程量的大小,从而优化施工计划,实现施工进度的实时监控与动态调整。它能够提高资源利用效率,减少延误风险,确保工程按时完成,为施工进度的有效管理提供了强大的技术支持。通过实时监控与追踪,该技术能够提前识别并应对潜在风险,从而大幅提升工程进度管理效率,增强工程管理质量,进而提高项目利润率[10]。

2.2.4. 施工成本

在施工成本方面,通过精确计算工程量、模拟施工过程和优化资源配置,实现对施工成本的精细管理。BIM 还能促进各参建方之间的信息共享,提高协同效率,为施工成本的有效控制提供有力支持,提升项目整体经济效益[11]。通过先进行 BIM 模型的建立,来更加准确的制定采购和预算计划,也可以通过挣值分析来研究项目的进度与成本状况[12]。

3. BIM 在卢赛尔体育场智能化建造分析

在设计阶段, BIM 技术可用于进行大量的数字化仿真模拟。设计师可以利用 BIM 技术构建体育场的虚拟模型,对体育馆的屋盖系统、钢结构、幕墙等进行精确设计和优化。例如,运用无人机倾斜摄影技术,能加快建模速度、提升建模精度,精确呈现地物信息[13],对于复杂的屋盖系统, BIM 技术可以帮助设计师更好地理解 and 解决空间安装定位难度大、安装方案选择及优化等问题。通过模拟和分析,设计师可以优化钢结构与屋面索网的设计,大幅降低钢材消耗,同时确保施工过程的安全和质量控制,同时还可以借助有限元分析软件,帮助模拟结构受力、保障结构安全[14]。

在施工阶段, BIM 技术能够提供精确的三维模型,帮助项目团队进行详细的场地规划和施工模拟。通过 BIM 模型,项目团队可以直观地看到施工现场的布局,包括起重机、预制构件的放置位置等,从而优化施工流程,提高施工效率[15]。同时, BIM 技术还可以用于模拟构件的装配过程,检查堆场的位置是否合理,避免现场施工的安全问题。还可以通过将收集到的数据结合整理最终实时反馈至模型,从而做到精准地调控施工现场[14]。

在运维阶段, BIM 技术为体育场的设施管理提供了可视化的数据支持。通过 BIM 模型,管理者可以直观地查看体育场的各项设施,如座椅、照明系统、音响系统、空调系统等的分布和状态。这有助于管理者快速定位问题设施,及时采取措施进行维修或更换,从而确保体育场的正常运行。通过 BIM 技术,可以清楚地知道能量的主要消耗以及能量的利用率,通过调节能量的分配来提高利用效率。

4. 国内外研究进展

4.1. BIM 在道路桥梁的研究进展

BIM 技术正逐步改变道路桥梁的设计、施工及运维方式。通过高精度建模、碰撞检测、施工模拟等

手段，BIM 提高了设计的精确性和效率，优化了施工方案，降低了成本。同时，它还在资产管理、故障预测等方面发挥重要作用，推动了道路桥梁工程向智能化、精细化方向发展。

Zhao 等[16]人巧妙地将 BIM 与 GIS 集成，来提高高速公路路线的有效性，降低规划风险，例如设计错误和沟通不畅，并避免环境危害。Meschini 等[17]-[19]通过数据库信息将 BIM 集成到 GIS 中，改进了大学建筑道路的资源利用。Ait-Lamallam 等[20]-[22]详细地展示了通过 BIM 来解决与交通基础设施管理运营和维护阶段相关的问题。Antonio 等[23]介绍了欧洲项目 Connected Data for Effective Collaboration (CoDEC)通过对 BIM 和资产管理系统(AMS)进行结合，帮助欧洲使用的 AMS 提供标准数据格式。

李频等[24]通过 BIM 技术更有效地完成了长益复线至兴联络大通道工程(过江段)跨湘江主桥的道路桥梁设计。他们在造型设计阶段，利用 3DEXPERIENCE 平台构建参数化曲面空间，针对桥塔不同部位采用多截面、填充、扫掠曲面等技术进行参数化设计，确定各部分结构参数。出图表达时，通过三维模型辅助二维绘图，输出断面图、参数表等，兼顾二维表达的简洁性与可行性，如图 1 所示。

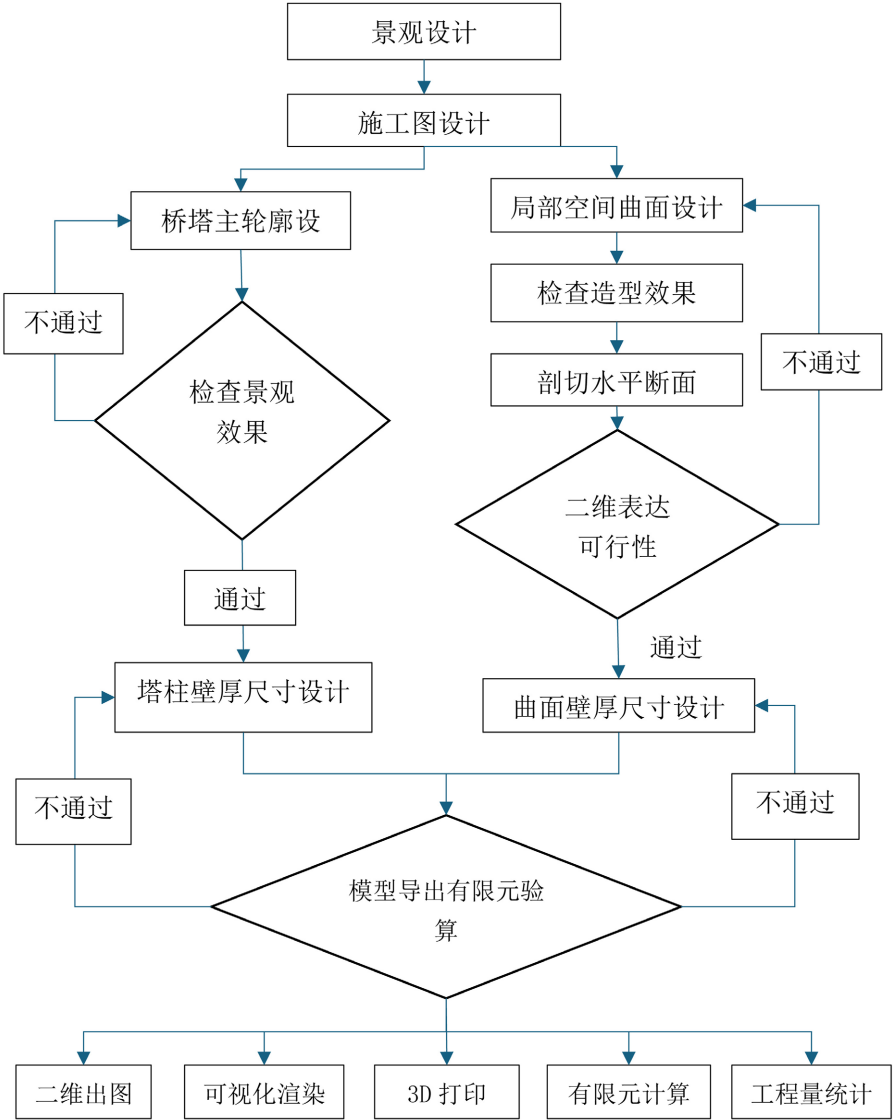


Figure 1. Bridge tower design process
图 1. 桥塔设计流程

4.2. BIM 在地下空间的研究进展

关键词是对文献内容的总结和概括[25]，同时关键词出现的频率也代表着研究是否受到关注[26]。通过对相关内容文献的统计及整理，可以清楚地了解该领域的研究热点以及发展历程。通过统计国际 BIM 在地下空间领域研究的高频关键词，可以绘制出表格，如表 1 所示。根据图中的数据表示，国际上 BIM 在地下空间领域的应用研究主要在工程建设的施工、设计和管理阶段[27]。

Table 1. High-frequency keywords of international BIM research in the field of underground space
表 1. 国际 BIM 在地下空间领域研究的高频关键词

序号	高频词	频次	中心性
1	Bim	245	0.15
2	Construction	57	0.16
3	infrastructure	46	0.17
4	System	40	0.05
5	Model	35	0.18
6	Design	34	0.09
7	Management	34	0.1
8	Framework	31	0.07
9	Ife	26	0.16
10	Performance	22	0.04
11	Architecture	22	0.24
12	Information	19	0.07
13	Implementation	18	0.09
14	Interoperability	14	0.06
15	Technology	13	0.05
16	Optimization	12	0.04
17	Bim+gis	11	0.05
18	Simulation	11	0.08
19	Collaboration	11	0.09
20	Point cloud	9	0.01

游欣雨等[28]采用 BIM 对地下立交进行三维建模以及三维场景搭建，之后结合数据进行驾驶模拟，最终利用信息化手段开展地下立交行车安全性与舒适性评价。结果表明，在入口处设置减速带 40 m 长度对行驶安全最佳；以及墙壁的颜色对地下立交行驶的舒适性影响最为明显。周毅[29]通过建立 GIS + BIM 平台，实现三维可视化功能运用，在建筑管理、施工过程管理、交通组织管理、运营维护管理等方面进行了优化，不但提升管理效率，还降低了各项成本和各种风险发生的概率。

Nandeesh 等[30]提出尽管 BIM 技术在建筑领域内已实现了广泛采纳，但其当前的应用层次与功能尚未全面挖掘数字革命所带来的全部潜能。在此背景下，数字孪生(DT)，作为工业 4.0 框架下的一种创新手段，崭露头角。该技术能够实现对系统的实时监控、深入的性能分析及预测性维护，从而在提升生产效

率、增强安全保障及优化运营效能方面展现出显著优势。Jiang 等[31]将建筑 DT 分为五个部分：1) 物理组件/系统，2) 数字表示，3) 物理数字连接，4) 数据和 5) 服务，在如今的地下空间专业领域内，DT 的研究仍然被视为“新领域”[32]。BIM 针对地下的地面模型能显著提升地质预测的准确性，并促进所有相关方之间的可视化沟通与协作。构建此类地面模型的首要步骤，在于将岩土工程与地质现场勘察数据融入 BIM 平台，以便进行直观展示与地层结构分析，为确保模型的时效性，需不断纳入最新的地质、水文地质及岩土工程信息[33]。鉴于现场勘查、设计及施工各阶段中地面条件的动态变化特性，实现数据处理的自动化及不同格式信息间的无缝交互，对于开发高精度地下空间数字孪生(DT)模型而言，显得尤为关键。武汉地铁 7 号线的实例彰显了数字孪生(DT)技术的运用实践[34]。该项目采用尖端传感技术与数据处理算法，有效采集并解析物理空间内的多元信息，同时，设计了一套数据分析系统，在预测并管控基坑开挖期间潜在的安全隐患，为风险评估提供数据支撑，并辅助制定控制策略，从而增强了物理作业环境的安全性。

5. 总结与展望

随着科技的飞速发展，智能建造已成为建筑行业转型升级的重要方向。在这一背景下，BIM 技术作为智能建造的核心支撑之一，其研究进展及应用成果对于推动建筑行业的智能化、信息化、绿色化发展具有重要意义。回顾近年来 BIM 技术在建筑工程领域的研究进展，我们可以清晰地看到其在设计、施工、运维等多个阶段所发挥的巨大作用。在设计阶段，BIM 技术通过三维建模、设计优化等手段，极大地提高了设计效率和设计质量，降低了设计成本。同时，BIM 技术还能够实现设计信息的共享与协同，促进设计团队之间的沟通与协作，从而提升了整个设计过程的效率。

然而智能建造尚处于发展的初级阶段，BIM 技术的应用也存在一些问题，因此现如今的智能建造技术还不能满足建筑业信息化、智能化转型的要求。具体表现可总结如下。

1) 当前智能建造技术应用方面较为单一，大部分应用聚焦于特定的施工步骤或管理阶段，即便有个别项目采用了集成度较高的管理系统，但从整体视角来看，能够高度整合并实现智能化施工管理的综合性系统仍然十分稀缺。

2) 随着项目规模的增大和复杂程度的提高，BIM 模型所包含的数据量急剧增长。在数据管理方面面临挑战，一方面，数据存储需要大量的空间和高性能的硬件支持；另一方面，数据的更新和维护难度较大。如果在项目建设过程中设计变更频繁，如何保证各个参与方所使用的 BIM 模型数据的及时性和准确性是一个棘手的问题，一旦数据更新不及时，就可能导致施工错误。

3) BIM 模型包含了建筑项目从设计到运营全生命周期的关键信息，如结构设计、设备参数等。在信息共享和传递过程中，存在信息泄露的风险。网络攻击、不当的访问权限设置等都可能项目信息被窃取或篡改，给项目参与方带来巨大的损失。

对智能建造技术及 BIM 的未来发展进行展望，未来在下面几个方面将会有新的发展。

1) 智能建造技术将更集成化，随着技术进步，局部应用会增多。可开发集成管理平台，统一施工管理流程，消除信息孤岛，促进信息流通，提升施工管理效率。

2) BIM 将向智能化方向大步迈进。借助人工智能算法，BIM 模型能够自动进行冲突检测和风险预警，而且其准确性和效率远高于人工检测。例如，在设计阶段自动识别不同专业系统之间的碰撞问题，并给出优化建议。在施工进度管理方面，通过机器学习算法对历史项目数据的分析，能够更准确地预测施工进度偏差，并及时调整资源分配方案，确保项目按时完成。

3) 随着云平台技术的发展，BIM 数据将更多地存储于云端。这将打破项目参与方之间的信息壁垒，实现全球范围内的实时协同工作。建筑团队、设计公司、施工企业、供应商等各方可以在云平台上同时

访问和更新 BIM 模型,极大地提高沟通效率。此外,云平台的大数据分析功能可以挖掘 BIM 数据中的潜在价值,为建筑工程的决策提供更有力的支持。

4) 在环保意识日益增强的未来, BIM 将成为实现建筑绿色可持续发展的重要工具。通过对建筑的能耗模拟和分析,在设计阶段优化建筑的朝向、围护结构等设计参数,降低建筑在使用阶段的能耗。同时,在材料选择和资源利用方面, BIM 可以帮助评估不同材料的环境影响,实现资源的高效利用和建筑的可持续发展。

在智能建造背景下的 BIM 技术将给建筑工程行业带来了巨大的变革和机遇。尽管在技术、管理和法规方面仍面临挑战,但随着技术的不断进步和应用的深入,智能建造和 BIM 将在提升建筑工程效率、质量和可持续性方面发挥越来越重要的作用。未来,随着标准化和人才培养的加强,智能建造和 BIM 技术将在建筑工程的各个环节中得到更加广泛和深入的应用。

参考文献

- [1] 赵彦博,段玉三. BIM 智能技术在建筑工程建造中设计与运用[J]. 建筑结构, 2023, 53(14): 186-187.
- [2] 陈珂,丁烈云. 我国智能建造关键领域技术发展的战略思考[J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 64-70.
- [3] 郭文博,郑小丰,揭仕钦,等. 基于 BIM 技术的建造智能化与绿色化研究[J]. 建筑结构, 2023, 53(S1): 2367-2370.
- [4] Smith, P. (2014) BIM Implementation—Global Strategies. *Procedia Engineering*, **85**, 482-492. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.575>
- [5] 李志成,王飞龙,吉久茂,等. BIM 技术在建筑工程设计中的应用[J]. 铁道科学与工程学报, 2016, 13(6): 1179-1185.
- [6] 杨亚男. 建筑施工图设计中 BIM 技术的应用[J]. 工程建设与设计, 2021(22): 116-117.
- [7] 唐峻峰,汪洁. BIM 技术在成都环球贸易广场超高层建筑施工中的应用[J]. 施工技术, 2017, 46(11): 151-153.
- [8] 马晨光,阎强强,王晶秋,等. BIM 技术在装配式结构中的探索和应用[J]. 建筑结构, 2022, 52(S1): 1926-1929.
- [9] 于丽娜,吴迈,耿会宣. BIM 技术在基坑施工中的应用研究[J]. 图学学报, 2017, 38(4): 582-588.
- [10] 李永奎,刘静华,彭宗政. 4D-BIM 工程进度管理教学改革探索[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(12): 213-216.
- [11] 张裕超,曾绍武,杜文忠,等. 基于 BENTLEY 的桥梁快速智能建造 BIM 系统解决方案研究[J]. 公路工程, 2019, 44(4): 140-148.
- [12] 薛建英,谭萍,孟繁敏. BIM 与挣值法在施工进度及成本控制中的应用研究[J]. 建筑经济, 2019, 40(6): 115-119.
- [13] 徐敬海,卜兰,杜东升,等. 建筑物 BIM 与实景三维模型融合方法研究[J]. 建筑结构学报, 2021, 42(10): 215-222.
- [14] 郑天立,武乐佳,刘占省. 基于 BIM 的卢赛尔体育场智能化建造方法及应用[J/OL]. 建筑结构, 1-8. <https://doi.org/10.19701/j.jzjg.20222636>, 2024-11-06.
- [15] 谭尧升,樊启祥,汪志林,等. 白鹤滩特高拱坝智能建造技术与应用实践[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2021, 61(7): 694-704.
- [16] Zhao, L., Mbachu, J. and Liu, Z. (2022) Developing an Integrated BIM+GIS Web-Based Platform for a Mega Construction Project. *KSCE Journal of Civil Engineering*, **26**, 1505-1521. <https://doi.org/10.1007/s12205-022-0251-x>
- [17] Meschini, S., Accardo, D., Locatelli, M., Pellegrini, L., Tagliabue, L.C. and Di Giuda, G.M. (2023) BIM-GIS Integration and Crowd Simulation for Fire Emergency Management in a Large Diffused University. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC)*, Chennai, 5-7 July 2023, 357-364. <https://doi.org/10.22260/isarc2023/0049>
- [18] Meschini, S., Accardo, D., Avena, M., Seghezzi, E., Tagliabue, L.C. and Di Giuda, G.M. (2022) Data Integration through a Bim-GIS Web Platform for the Management of Diffused University Assets. *Computing in Construction*, Greece, 24-26 July 2022 237-244. <https://doi.org/10.35490/cc3.2022.217>
- [19] Meschini, S., Pellegrini, L., Locatelli, M., Accardo, D., Tagliabue, L.C., Di Giuda, G.M., et al. (2022) Toward Cognitive Digital Twins Using a BIM-GIS Asset Management System for a Diffused University. *Frontiers in Built Environment*, **8**, Article 959475. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.959475>
- [20] Ait-Lamallam, S., Sebari, I., Yaagoubi, R. and Doukari, O. (2021) Ifcinfra4om: An Ontology to Integrate Operation and Maintenance Information in Highway Information Modelling. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **10**,

- Article 305. <https://doi.org/10.3390/ijgi10050305>
- [21] Ait-Lamallam, S., Yaagoubi, R., Sebari, I. and Doukari, O. (2021) Extending the IFC Standard to Enable Road Operation and Maintenance Management through Openbim. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **10**, Article 496. <https://doi.org/10.3390/ijgi10080496>
 - [22] Ait-Lamallam, S., Sebari, I., Yaagoubi, R. and Doukari, O. (2021) Towards an Ontological Approach for the Integration of Information on Operation and Maintenance in BIM for Road Infrastructure. In: *Lecture Notes in Networks and Systems*, Springer, 701-712. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2377-6_65
 - [23] Lorrão Antunes, A., Barateiro, J., Marecos, V., Petrović, J. and Cardoso, E. (2024) Ontology-Based BIM-AMS Integration in European Highways. *Intelligent Systems with Applications*, **22**, Article 200366. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2024.200366>
 - [24] 李频, 周旋, 付平, 等. 基于 BIM 技术的复杂曲面桥塔三维造型设计[J]. 桥梁建设, 2023, 53(4): 123-130.
 - [25] 崔庆宏, 王广斌, 刘潇, 等. 2008-2017 年国内 BIM 技术研究热点与演进趋势[J]. 科技管理研究, 2019, 39(4): 197-205.
 - [26] 韦海民, 贺广学. 基于 CNKI 的地下综合管廊研究文献计量分析[J]. 土木工程与管理学报, 2019, 36(5): 81-89.
 - [27] 何灵玲, 张友, 彭汉发, 等. BIM 在地下空间领域的研究热点与发展趋势[J]. 地下空间与工程学报, 2022, 18(S1): 14-25+35.
 - [28] 游欣雨, 周秋龙, 王安略, 等. 基于驾驶行为和 BIM 的地下立交数据挖掘分析[J]. 地下空间与工程学报, 2023, 19(S2): 526-533.
 - [29] 周毅. GIS+BIM 技术在地下综合管廊管理中的应用[J]. 住宅产业, 2024(3): 90-93.
 - [30] Babanagar, N., Sheil, B., Ninić, J., Zhang, Q. and Hardy, S. (2025) Digital Twins for Urban Underground Space. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **155**, Article 106140. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2024.106140>
 - [31] Jiang, F., Ma, L., Broyd, T. and Chen, K. (2021) Digital Twin and Its Implementations in the Civil Engineering Sector. *Automation in Construction*, **130**, Article 103838. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103838>
 - [32] Wu, J., Dai, L., Xue, G. and Chen, J. (2022) Theory and Technology of Digital Twin Model for Geotechnical Engineering. In: *Lecture Notes in Civil Engineering*, Springer, 403-411. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1260-3_37
 - [33] Berdigylyjov, M. and Popa, H. (2019) The Implementation and Role of Geotechnical Data in BIM Process. *E3S Web of Conferences*, **85**, Article 8009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198508009>
 - [34] Sun, Z., Li, H., Bao, Y., Meng, X. and Zhang, D. (2023) Intelligent Risk Prognosis and Control of Foundation Pit Excavation Based on Digital Twin. *Buildings*, **13**, Article 247. <https://doi.org/10.3390/buildings13010247>