

土木工程中人工智能与数字化管理探索

李凌旭¹ 马明昌^{2*} 马子童²

1. 滇池学院 昆明 650500; 2. 长春工程学院建筑与设计学院 长春 130012

DOI: 10.12238/ems.v7i8.14721

[摘要] 随着信息技术的飞速发展,人工智能(AI)和数字化管理技术在土木工程领域的应用日益广泛,极大地推动了工程效率、质量、安全性及成本控制。随着物联网、人工智能、机器人技术、无人机等先进技术的引入,建筑行业逐步迈向数字化、智能化和自动化发展。本文通过对土木工程中人工智能和数字化管理技术的现状、应用领域及实际案例的分析,探讨了其对传统工程管理模式的深刻变革作用,并展望了未来的发展趋势与挑战。通过系统梳理和分析这些内容,为推动建筑行业的智能化升级提供参考。

[关键词] 土木工程; 人工智能; 数字化管理; 建筑信息模型(BIM); 智能建造

1. 引言

土木工程作为社会基础设施建设的重要组成部分,涵盖了从道路、桥梁、隧道到建筑等各类复杂项目。然而,随着工程规模的不断扩大、设计复杂度和施工要求的提升,传统的工程管理方法在效率、精确度和可控性上遇到了诸多挑战。为应对这些挑战,信息技术特别是人工智能(AI)和数字化管理工具正逐步渗透到土木工程的各个环节中。人工智能凭借其大数据分析、机器学习和自动化能力,能够优化项目决策、施工流程和资源管理。而数字化管理通过建立基于云计算和建筑信息模型(BIM)的信息平台,实现了项目全过程的数据整合与智能化管理^[1]。智能建造与自动化施工技术正逐步应用于建筑行业,旨在提升施工效率、减少人力依赖、提高施工质量并确保安全。智能建造是一种通过现代信息技术与建筑工程融合,实现建筑全生命周期智能化管理的建造方式,而自动化施工则是利用自动化设备与系统进行建筑施工过程的机械化与自动化。本文通过分析土木工程中的人工智能和数字化管理技术,探讨它们在设计、施工、维护等环节中的应用效果及未来的发展方向。

1. 人工智能在土木工程中的应用

1.1 人工智能的基本概念与技术发展

人工智能指的是计算机系统通过模拟人类智能进行推理、学习、感知和决策的技术。其核心技术包括机器学习、深度学习、神经网络、自然语言处理和计算机视觉等。近年来,随着数据处理能力的提升和算法的不断优化,人工智能在各个行业中得到了广泛应用,土木工程也不例外。在土木

工程中,人工智能通过自动化数据分析和决策支持,能够辅助工程师在项目设计、施工控制和维护管理等方面做出更为精确的决策。同时,AI技术还可以用于优化资源分配、提高工作效率、减少人力成本和降低施工过程中的错误率^[2]。

1.2 人工智能在土木工程中的主要应用领域

在土木工程的设计阶段,人工智能可以通过优化算法和大数据分析,提供更为高效的设计方案。例如,基于AI的结构优化系统能够分析各种设计方案的可行性,并推荐最优解。在大跨度桥梁、复杂地形的建筑设计中,AI能够帮助工程师考虑更多变量,如风荷载、地震作用等,并提供精确的结构分析。在施工和运营阶段,结构的安全监测至关重要。基于人工智能的智能监测系统可以实时收集传感器数据,监控结构的应力、变形、振动等状态。通过机器学习模型,这些系统能够预测潜在的风险,如桥梁的结构疲劳、地基沉降等,及时预警,减少灾害发生的可能性^[3]。

人工智能结合无人机技术,可以大大提升土木工程中的施工监控和场地勘测效率。无人机可以自动巡航,拍摄并分析施工进度及场地情况。而基于AI的建筑机器人则可进行混凝土浇筑、钢筋绑扎等施工操作,不仅提高了施工效率,还减少了危险工作对人力的需求。人工智能在工程项目管理中的调度优化具有重要作用。通过对施工现场设备、人力、材料等资源的实时监控和大数据分析,AI系统可以对资源进行智能调度与优化,减少资源浪费并提高施工效率^[3]。

2. 土木工程中的数字化管理技术

2.1 数字化管理的概念与技术框架

数字化管理技术在土木工程中的应用,旨在通过对工程项目各个环节的数字化处理和集成管理,提升项目的透明度、效率和可控性。其核心是通过信息技术如云计算、物联网、建筑信息模型(BIM)等,实现设计、施工、运营、维护全生命周期的智能管理。

BIM技术是当前土木工程中数字化管理的核心工具之一。通过BIM,工程师可以在项目设计、施工、运营的每个环节对建筑物的各类信息进行数字化表示,从而实现虚拟建造和信息集成。BIM技术不仅有助于提高设计的精确度,还能够在施工阶段提供智能化的进度监控、材料管理和成本控制^[4]。BIM技术的一个显著优势在于其三维可视化功能,能够为设计人员、施工团队和项目管理者提供直观的项目进度和施工过程展示,帮助更好地协调和沟通。

数字孪生技术是指通过物联网传感器、BIM数据等技术,将物理建筑与其数字化模型实时链接,实现建筑物生命周期内的智能监测与优化。数字孪生技术能够精确模拟和预测建筑物的运行状态,帮助管理人员对结构安全、能效优化等进行实时监控和管理。

2.2 数字化管理的优势与挑战

数字化管理技术在土木工程中的应用,带来了显著的效率提升和成本控制效果。但同时,数字化管理也面临着一些技术与管理上的挑战。项目不同阶段使用的技术与工具多样化,如何实现跨平台的数据集成与共享,是数字化管理的重要挑战。同时,随着云计算和物联网技术的广泛应用,数据安全和隐私保护问题成为企业关注的重点。实施数字化管理需要大量的技术支持与人员培训,特别是对传统工程团队的技术能力提出了新的要求。

3. 人工智能与数字化管理技术的融合应用

3.1 AI与BIM的结合

人工智能与BIM技术的结合,为土木工程的数字化管理提供了更为智能化的解决方案^[5]。例如,通过机器学习技术分析BIM模型中的数据,AI能够优化施工进度计划、材料调配以及资源管理,自动生成最优的施工方案。此外,AI还可以通过对BIM模型中的历史数据进行分析,预测未来项目的潜在问题,并提出应对策略。

3.2 智能建造与自动化施工

在智能建造领域,智能建造(Smart Construction)是

指在建筑的设计、施工、运营和维护等全生命周期过程中,利用大数据、人工智能、物联网、BIM(建筑信息模型)等现代信息技术,实现建筑项目的智能化管理与控制^[6]。智能建造强调建筑的数字化、网络化和智能化,将物理建筑与数字世界融合在一起,形成虚实互动的智能环境。

智能建造的核心理念是通过数据的采集与分析,优化建筑的设计和施工流程,提高建筑运营效率,降低能耗,延长建筑寿命,并为可持续发展提供支持^[7]。自动化施工是指在建筑施工过程中,使用自动化设备、机械和控制系统来代替或辅助传统的人工操作,减少人力劳动强度,提高施工精度和效率。自动化施工涵盖了建筑机械自动化、无人化操作和智能控制等方面^[7]。其目标是通过机械设备和自动化系统的结合,实现施工过程中的高效、精确、安全和低成本。

在智能建造的框架下,自动化施工是其中不可或缺的一部分,它可以有效提高施工质量、缩短工期、减少材料浪费,并提高施工现场的安全性。

AI和机器人技术正逐渐被用于自动化施工。例如,智能施工机器人可以进行精准的焊接、浇筑和涂装工作,减少人工误差。同时,AI系统能够根据施工进度与现场环境的变化,自动调整施工计划,提高施工效率。

3.3 施工现场的智能监控

通过AI和物联网的结合,施工现场可以实现全方位的智能监控。传感器采集到的施工数据(如人员、设备、材料等)通过AI算法进行实时分析,管理人员可以及时掌握现场情况,做出快速决策^[8]。这种技术还可以用于施工现场的安全监控,AI可以通过视频分析及时发现安全隐患。

4. 智能建造与自动化施工的挑战

4.1 技术集成与标准化

智能建造与自动化施工涉及多个技术领域,如物联网、BIM、机器人技术等。这些技术的集成与协同工作是当前的一个挑战。不同系统之间的互联互通、数据格式标准化等问题需要解决,以确保智能建造体系的顺利运行。

4.2 成本与投资回报

智能建造和自动化施工技术的应用通常需要大量的前期投入,包括设备购置、系统集成和技术研发等。然而,许多中小型建筑企业在面对高昂的技术成本时,可能会对智能化转型产生顾虑^[9]。因此,如何降低技术成本,提高投资回报

率是推动技术普及的关键。

4.3 人才短缺

智能建造与自动化施工的推广和应用需要具备专业技术和多学科背景的人才。然而,当前建筑行业的从业人员大多数仍习惯于传统施工方式,缺乏对新技术的了解和应用能力。如何培养具备智能建造技能的复合型人才是未来面临的一个重要挑战。

4.4 数据安全与隐私保护

智能建造中涉及大量的数据采集、传输和存储,这些数据对于施工过程、建筑物管理以及企业运营具有重要价值。然而,数据安全和隐私问题日益凸显,施工现场的传感器和设备容易受到网络攻击,数据泄露或被恶意篡改将对建筑物和施工项目带来极大的风险。

5. 展望与未来发展趋势

未来的数字化管理不仅限于数据的收集和处理,还将更多地依赖人工智能和大数据分析,实现更高层次的智能决策。数字孪生技术将成为土木工程全生命周期管理的重要工具,实现建筑物从设计、施工到运营的全面智能化。智能建造与自动化施工技术的应用将持续推动建筑行业的数字化、智能化转型。未来,随着物联网、人工智能、5G通信、大数据等技术的进一步发展,建筑行业将更加智能高效、绿色环保。

智能建造与绿色建筑的结合是未来建筑行业的重要发展方向。通过智能化监测与控制系统,建筑可以在整个生命周期内实现能源的高效利用、资源的优化配置和废物的最小化处理。例如,智能传感器可以实时监测建筑的能源消耗、室内环境参数,并根据需求自动调节空调、照明等设备,减少不必要的能源浪费。

随着机器人技术的进一步发展和成本下降,自动化施工设备将在更多建筑项目中得到应用,尤其是在复杂结构、高危环境和大规模建筑工程中,机器人将替代人工完成大部分施工任务。

6. 结论

人工智能与数字化管理技术的应用为土木工程带来了革命性的变革,不仅提升了施工效率、优化了资源配置,还极大地提高了工程的质量和安全性。随着技术的不断进步,AI和数字化管理将在土木工程领域得到更加广泛和深入的应

用,推动行业向智能化、自动化、数字化方向发展。智能建造与自动化施工技术正在改变传统建筑行业的生产方式,提升了施工效率、质量和安全性。尽管在技术集成、成本、人才等方面仍面临挑战,但随着技术的不断成熟与发展,这些问题将逐步得到解决。未来,智能建造与自动化施工技术将在建筑行业中扮演更加重要的角色,推动建筑行业向更加智能化、高效化和可持续化的方向发展。

[参考文献]

[1]任玲玲.新工科背景下工科专业融合新技术实践探索——以郑州财经学院“土木工程”专业为例[J].重庆建筑,2024,23(7):85-86.

[2]金芝专.智能化施工技术在土木工程中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(002):000.

[3]贾晨,邵永松.AI赋能的递进式土木工程创新教育模式探索[C]//中国钢结构协会结构稳定与疲劳分会第18届(ISSF-2024)学术交流会暨教学研讨会论文集,2024.

[4]Li Lingxu, Ma Mingchang, Ma Zitong, Su Yifeng. Research on the teaching method of the integration of “Concrete Structure” course and BIM technology. 2024 9th International Conference on Modern Management, Education and Social Sciences (MMET 2024). 2024. pp: 417-424.

[5]崔绍鹏.智能化背景下土木工程施工技术的应用创新[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(003):000.

[6]王娜.数字化技术在结构健康监测中的应用与探索[J].工程质量,2024,42(8):5-8.

[7]李威.智能化背景下土木工程施工技术的应用创新[J].工程技术发展,2022,3(4):38-40. DOI: 10.12238/etd.v3i4.5267.

[8]朱争光.智能制造背景下BIM技术在土木工程施工中的应用[J].建材与装饰,2018(50):2. DOI: CNKI: SUN: JCY. 0. 2018-50-012.

[9]孟晶晶;肖寅.虚拟现实技术在施工组织与管理中的应用[J].统计理论与实践,2012(8).