

探索人工智能背景下培养智能建造专业人才的机遇与挑战

陈天爱, 张 蕾*, 马晓轩

北京建筑大学电气与信息工程学院, 北京

收稿日期: 2023年6月13日; 录用日期: 2023年7月14日; 发布日期: 2023年7月21日

摘 要

随着智能建造不断发展, 我国从资源配置、人才培养、行业监管、服务模式等方面开展全面调整。智能建造作为学科交叉领域, 因其专业本身涉及学科多、专业技术优化更新快, 对我国培养智能建造专业人才带来重大发展机遇, 同时也面临巨大挑战。本文对我国人工智能在智能建造领域的应用研究现状及发展机遇和挑战进行综合分析, 并据此提出人工智能背景下高校如何培养智能建造专业人才的建议, 为智能建造专业培养提供参考。

关键词

智能建造, 人工智能, 人才培养, 机遇, 挑战

Exploring the Opportunities and Challenges of Cultivating Intelligent Construction Professionals under the Background of Artificial Intelligence

Tian'ai Chen, Lei Zhang*, Xiaoxuan Ma

School of Electrical and Information Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing

Received: Jun. 13th, 2023; accepted: Jul. 14th, 2023; published: Jul. 21st, 2023

Abstract

With the continuous development of intelligent construction, China has carried out comprehensive adjustments in aspects such as resource allocation, talent cultivation, industry supervision, and service mode. Intelligent construction, as a cross-disciplinary field, brings major development opportunities for cultivating intelligent construction professionals in China, but also faces huge challenges. This paper comprehensively analyzes the current status and development opportunities and challenges of artificial intelligence application research in the field of intelligent construction in China, and proposes suggestions on how universities should cultivate intelligent construction professionals under the background of artificial intelligence, providing a reference for the cultivation of intelligent construction professionals.

sive adjustments from resource allocation, talent training, industry supervision, service models, etc. As an interdisciplinary field, intelligent construction has brought major development opportunities to cultivate intelligent construction professionals in China because its major itself involves many disciplines and the rapid optimization and update of professional technology, but also faces great challenges. This paper comprehensively analyzes the application research status and development opportunities and challenges of artificial intelligence in the field of intelligent construction in China, and puts forward suggestions on how to cultivate intelligent construction professionals in colleges and universities under the background of artificial intelligence, so as to provide reference for the training of intelligent construction professionals.

Keywords

Smart Construction, Artificial Intelligence, Talent Cultivation, Opportunity, Challenge

Copyright © 2023 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

自 2018 年同济大学率先设立智能建造专业, 至 2019 年以北京建筑大学、北京工业大学等工科优势明显的高校形成“人工智能 + X”复合专业培养新模式[1], 这标志着对培养智能建造专业人才的探索正式开始。人才培养目的在于通过运用先进的智能技术, 实现建筑过程的智能化, 减少对人力的依赖, 从而提高建造过程中的安全性, 同时也提升智能建造的可靠性。到 2021 年 2 月, 我国已有超过 20 所高校开设了智能建造相关的专业课[2]。

智能建造专业以传统土木工程理论为基础, 在人工智能背景下实现建筑过程高度信息化、智能化。随着人工智能技术的迅猛发展, 传统的教育模式和课程体系已经无法满足当前智能建设领域高素质人才的培养要求[3]。因此, 探索人工智能背景下培养智能建造专业人才的机遇与挑战迫在眉睫。

2. 人工智能在智能建造领域的应用研究现状

随着技术的不断发展, 人工智能已经成为了智能建造的重要组成部分, 其应用范围涵盖了施工现场智能化管理、BIM 建筑信息模型、数字孪生、3D 打印技术、智能机器人等。

2.1. 施工现场智能化管理

传统建筑施工现场采用人工监察的管理方式, 人为因素影响大, 导致安全隐患查不出、隐蔽工程查不到的关键问题。而利用人工智能技术可对施工现场进行智能演练、智能识别, 从而规避各类安全隐患。2015 年, 一种应用计算机视觉技术的安全帽佩戴检测系统问世。该系统能够准确地定位到没有正确佩戴安全帽的工人, 及时向他们发出预防性的警报。该方法的高准确率和召回率证明了其促进现场安全监测工作的潜力, 为施工现场的安全性与智能化管理提供了保证。

2.2. BIM 建筑信息模型

BIM 技术通常被称为三维数字技术, 它能够帮助我们直观地理解和管理建筑物的数字特征, 包括它们的原始图纸和最终结构图。2015 年, 白庶、张艳坤等人分析了 BIM 技术在装配式建筑中的应用价值, 提出借助 BIM 技术, 可以有效地提高装配式建筑的设计、生产和施工水平, 使得装配式建筑从设计到运

维的生产链条更加紧密、合理,在我国建筑业实现节能减排、减少污染、促进建筑业发展转型过程中,发挥了相当积极的作用[4]。通过采取 BIM 技术,不仅可以大大降低由于施工中的信息传输失误造成的时间浪费,并且可以极大地改善装配式建筑的设计、制造安全性,为推动我国建筑业的节能减排、降低环境污染、推动行业的发展转型做出重要贡献。

2.3. 数字孪生

数字孪生技术可以有效地提高设计的准确性和可靠性,它可以将复杂的信息融合到一个方便精确模拟和预测的环境,以便更好地了解建筑整体设计。2017年,基于“BIM+数字孪生技术”的装配式建筑项目调度智能化管理平台,实现了物理施工系统与虚拟施工系统间的实时交互,提升了装配式建筑调度的自主性、预测性[5]。而在国内,对于数字孪生技术运用最多的就是智能建造领域。

2.4. 3D 打印

近年来,3D打印已成为极具发展前景的高新技术之一,它能够创造出各种复杂的结构,并且在医疗、建筑等领域得到了广泛的应用。随着3D打印技术的不断发展,未来3D打印代替人工面向大型构件、房屋建筑物的自动化建造指日可待[6]。但现阶段3D打印技术仍未实现完全智能化,距离将3D打印技术全面落实到高层或超高层建筑仍有较大的差距。

2.5. 智能机器人

智能机器人通过内置的中央处理器,按照计算机设定程序指令进行指定操作,代替或协助操作人员进行高危、高精度的施工任务。在建筑施工过程中,机器人能在不影响施工进度的前提下,自主完成监测评估工作。当前,机器人的视觉导航精度已经提高到了0.5mm,完全能够应对实际工作环境的要求。

3. 人工智能背景下培养智能建造专业人才存在的机遇

智能建造专业在不断的发展过程中,以土木工程专业为理论基础,融合人工智能专业知识,应用新一代信息技术和新兴制造技术,打造中国建造新模式。通过使用 CiteSpace 文献分析软件,对中国知网(CNKI)数据库刊载的人工智能与土木工程的相关文献情况及研究热点进行可视化分析。其中频数排名前5的关键词为人工智能、物联网、BIM、机器人、智能家居,关键词出现频次在一定程度上代表了人工智能在智能建造领域的研究热点。

2022年,北京市住房和城乡建设部出台《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》,强调了建设行业必须积极推进建设行业的信息化和自动化,并通过推广和利用最先进的建设技术来促进建设行业的可持续性和可行性。ChatGPT 的迅猛进步引起了全球的瞩目,其中,大规模人工智能框架受到了广泛的重视,而智能建造就是借助人工智能技术形成的建筑领域大模型。可以这样说,人工智能的发展为培养智能专业人才带来新的机遇。

3.1. 为培养智能建造专业人才提供技术支持

智能建造依托人工智能技术实现建筑过程中的钢结构设计、浇灌一体化等流程,正是因为有了先进的人工智能技术,BIM软件、3D打印等新兴科技得以运用。只有解决智能建造中软件、硬件技术瓶颈,才能实现建筑过程的完全智能化。

以施工现场管理为例,传统方法是采取人工监察的方式。这种方法使得现场管理存在人为不确定因素,现场管理水平取决于排程人员的经验。如果采用智能化施工现场管理方式,在使用时只需要排程人员输入现场信息和待完成的任务,系统自动推演出最优化方案,智能管理施工现场。而人工智能技术的

快速进步，已经解决 BIM 软件用户数据交换功能难、模块功能集成难的问题。随着人工智能技术的不断发展，智能建筑的生产效率也得到了显著提高。

3.2. 缓解交叉领域人才稀缺现状

智能建造属于人工智能与土木工程的交叉学科，领域内的人才需要具有扎实的理论知识和强大的实操能力。其中包括：结构力学、材料力学、工程结构抗震、高层建筑结构设计、装配式结构设计、钢结构设计原理等土木工程领域专业知识，建筑物联网技术、编程语言与数据库、智能 3D 打印与虚拟现实技术等人工智能专业知识。在人工智能飞速发展的背景下，各类 BIM 建筑信息模型上手快、易操作，基本满足施工单位对智能建造领域人才需求。

3.3. 可解决传统建筑行业面临的问题

传统建筑行业工作条件脏、乱、差，属于高危行业。而中国建筑业每年的死亡人数逐年增加，2018 年上半年全国因建筑事故死亡的人数为 1752 人，同比增长 1.4%，建筑行业意外死亡人数更是高居不下[7]。正是因为这些问题，传统建筑行业对年轻人就业缺少吸引力。据调查，目前劳务人员年龄超过 40 岁的占 60%以上。而智能建造通过人工智能技术，打造智能化系统，从而集成并应用新技术，明显改善建筑行业工作环境、降低危险系数，缓解建筑行业人才老龄化的现象。

4. 人工智能背景下培养智能建造专业人才面临的挑战

人工智能的迅猛发展，为培养智能建造专业人才带来了新机遇。同时，如何适应人工智能的快速发展、如何合理利用人工智能技术等问题，为培养智能建造专业人才带来新的挑战。智能建造专业自 2018 年成立经过五年的探索，还未形成完善的培养方案和课程体系，如何在人工智能背景下培养智能建造专业人才并没有得到最优解。

4.1. 需大量、有效资源的投入

目前，我国在智能建造领域整体实力较弱、核心技术缺失。在建筑工程软件方面，由国外发达国家成立的 Autodesk、Bentley 和 Dassault 三大软件公司基本垄断智能建造软件市场。其中部分公司对中国实施技术封锁，导致学生可查阅文献少、可供参考的开放数据少、难以实现施工信息集成与交换的现状。为培养学生的动手能力，学校需购置 3D 打印机等先进设施，并与广联达等软件工程公司达成合作，开放使用权限，丰富数字资源。其次，高校要营造良好的智能建造专业人才孵化环境，为学生学习专业知识提供良好的条件，培养学生自主学习能力。在硬件方面，高校应满足学生实践活动的需求，开放学校各类实验室，为学生在智能建造领域进行实践创新提供保障。而这些强化智能建造专业教学软硬件设施需要大量有效资源的投入。

4.2. 专业水平挑战

所谓专业水平挑战，就是在人工智能专业融合下对教师的专业能力是一种考验。这需要老师在完成教授土木工程专业知识的同时，按照智能建造思维构建模块化课程，打破专业壁垒，将 Revit 基础、BIM 协同合作、Python 语言程序设计、数据库管理等人工智能技术融会贯通到日常课程中。首先，要求老师了解土木工程基础知识，掌握智能化建造技术，主动学习新兴智能建造领域技术，完善自身知识架构。其次，在实际课堂中，营造多学科良好交融的氛围。传统的教学模式以教为主，难以调动学生上手实操、自主学习的积极性，导致学生难以将课堂所学知识运用到实际智能化建筑施工现场。在日常应合理布置实践作业，鼓励学生参与到具体项目中，熟悉如何运用已掌握的知识进行实际运用。

4.3. 难以将所学知识运用到实践中

智能建造人才稀缺一直都是建筑行业一项待解决的问题。在欧美国家工程教育采用 CDIO 模式，即花很少的时间来讲授理论知识，主要通过让学生参加实践项目，自主获取知识，把理论运用到实践中去，锻炼学生自主学习、创新思维、团队合作的能力[8]。在传统中式教育下，学生难以应用所学知识进行智能化设计与现场施工智能化管理，将智能建造专业的培养局限在校内，并未实现智能建造行业各个环节的有机结合。

5. 人工智能背景下高校如何培养智能建造专业人才

本章节针对高校、教师、学生三个维度对人工智能背景下如何培养智能建造人才进行分析。2022年，北京市住房和城乡建设部发布了《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》，强调全市应该积极推进智能工程建设，加强对智能建造技术的研究和应用，以及建立完善的技术创新和应用体系。通过大力推进后备人才的培育，促进企业与高校之间的更紧密的联系，以确保智慧城市的可持续发展。

5.1. 高校制定培养计划需把握全局

5.1.1. 制定“人工智能 + X”的人才培养模式

2018年，国家教育部在《高等学校人工智能创新行动计划》的介绍中提到，积极应对高新技术的快速发展，加大投入，加快建设人工智能教育体系，以更加有效的教育模式，更好地满足社会和人民的需求，促进教育的创新和转型。为了推动新一代智能建造的发展，各大院系都将积极投入，开展跨界合作，加强人才培育，推动科研进步，将研究结果有效地运用到实践中，以提升新一代智能建造专业人才的实践能力。高校要在运用自身专业优势的同时，加强人工智能领域融合，为培养智能建造人才制定“人工智能 + 智能建造”的人才培养模式。

5.1.2. 校内理论知识与企业实践项目建设

在专业课的教学中，改变以讲授为主的传统教学模式，将智能建造实例、行业项目实例的实训课程纳入教学改革中。企业在智能建造领域扮演着至关重要的角色，因此，应鼓励同学积极参与企业项目，以此来提升自身技能。高校需加强校企互动，积极开展“产、学、研、用”一体化培养模式，充分发挥学校科研优势、聚焦企业实际需求，实现学校与企业互利互惠，合作双赢。根据“新工科”提出的一系列重要的建议，加强产学研合作，促进校企合作，实施协作培养。

5.1.3. 组建多结构专兼结合的教师团队

为适应建筑工业化、智能化发展的要求，除去土木工程本专业的教师外，还需聘请人工智能、计算机、数据库等相关交叉领域的教师，以及有智能建造项目经历的企业教师，组建智能建造专业教学团队。特别是涉及前沿技术与交叉专业领域的课程时，应由多学科专业老师通力配合、共同教授，实现在智能建造专业与人工智能领域的有机结合。为了更好地满足建筑企业对具备专业知识、运用智能技术、施工及管理的人才的需求，我们应该加强企业工程师与老师之间的沟通，完善课程内容，推动教学模式的转变，使之与实践紧密结合。

5.2. 教师实施培养计划需科学布局

教师在把握全局的基础上，结合高校专业特色与企业需求，制定个性化、系统化的教学方案。教育是人才培养的核心，“教什么”和“学什么”对学生的学习进度和质量产生着重要的影响[9]。

5.2.1. 培养学生逻辑思维能力，掌握自然科学思维方法

培养学生掌握数学、物理、人工智能、土木工程及交叉学科思想，并运用所学专业知识解决智能建造领域相关工程问题。通过对领域知识学习，完善自身知识体系，掌握人工智能背景下新工科学习方法。

5.2.2. 培养学生自主学习，增强动手实操能力

在教学实践中，“以学生为中心”和“成果导向”的理念得到充分的体现。贯彻“做中学，学中做”思想，提升学生群体课堂参与度、知识覆盖面。为了更好地满足社会的需求，需要加大对培养学生学习方法的教育投入，让他们掌握如何分析、处理复杂的工程问题，以及如何运用最先进的思想、技术、知识，实现建筑的综合性、可持续性，以及更好地实践科技的创新，提升自身的综合素质。

5.2.3. 课中融入思政教育，鼓励学生创新创业

“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人”旨在通过加强思想政治教育、工程教育等多种教育手段，深入弘扬爱国精神、拥护宪政、维护民族尊严、推动公平正义、促进全民共同进步，努力培育具备良好道德品质、具备良好素质的公民，成就一批优秀的未来领袖。其次，鼓励学生与业界及同学进行沟通交流，团队合作完成实战项目。能够在多学科背景下的团队中有效发挥作用，具有良好的环境适应能力和跨界融合能力。为了更好地促进大学生的创新与创业，将贯彻执行《国务院办公厅关于进一步支持大学生创新创业的指导意见》，鼓励老师将国内外的先进理论、技术以及实战经历纳入到我们的课程体系中。

5.3. 学生进行专业学习需有序推进

目前，难以将所学知识运用到实践成为智能建造领域人才稀缺的主要原因。学生在进行专业学习时，应重视实践课程，综合培养自身“智能设计、智能施工与智能管理”的能力。其次，学生应做到主动与专业老师和相关企业人员沟通交流，了解专业领域发展趋势，明确企业人才需求。同时积极参加互联网+、大学生创新创业大赛与各专业各类比赛，优化知识体系，从不同维度认识智能建造专业。以传统的土木工程专业为基础，融合人工智能、机械设计制造技术等，开展各领域实践，将课上所学知识进行应用与创新。

6. 结语

随着《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》的实施，智能建设专业的诞生为推动建设产业的智慧化和自动化做出了巨大贡献。然而，由于人才匮乏，这一领域的发展受到了极大的阻碍。因此，本文将人工智能在智能建造领域的应用研究现状为基础，探索培养智能建造专业人才存在的机遇与挑战，最后对高校如何培养智能建造专业人才提出具体措施。

智能建造行业已经开始新的技术革命，智能建造的未来充满希望，但前进的道路充满挑战。探索智能建造专业人才培养模式，为中国智能建造领域培养高精尖人才，是建筑业转型升级的必由之路。

基金项目

北京市社会科学基金(20GLC059); 教育部人文社会科学研究规划项目(22YJA630111, 22YJAZH110); 北京市教育科学“十四五”规划课题(CEDB22191, CHAA22061); 中国建设教育协会重点课题(2021024); 北京建筑大学研究生教育教学研究项目(J2023008); 北京建筑大学校级重点教研项目(Y2118)。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《高等学校人工智能教育创新行动计划》的通知[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722.html, 2018-04-10.

-
- [2] 刘占省, 白文燕, 杜修力. 智能建造专业新型数字化教学模式研究[J]. 高等建筑教育, 2022, 31(1): 15-23.
- [3] 丁烈云. 智能建造创新型工程科技人才培养的思考高等工程教育研究[J]. 高等工程教育研究, 2019(5): 1-4, 29.
- [4] 白庶, 张艳坤, 韩凤, 等. BIM 技术在装配式建筑中的应用价值分析[J]. 建筑经济, 2015, 36(11): 106-109.
- [5] 谢琳琳, 陈雅娇. 基于 BIM + 数字孪生技术的装配式建筑项目调度智能化管理平台研究[J]. 建筑经济, 2020, 41(9): 44-48.
- [6] 丁烈云, 徐捷, 覃亚伟. 建筑 3D 打印数字建造技术研究应用综述[J]. 土木工程与管理学报, 2015, 32(3): 1-10.
- [7] 于云鹤, 宋志飞. 智能建造技术发展现状与展望[J]. 城市建筑, 2021(15): 150-152.
- [8] 刘雅丽. 欧林工学院创新型工程人才培养模式研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2014.
- [9] 武鹤, 孙绪杰, 杨扬, 等. 面向“新工科”的智慧建筑学院土木工程专业人才培养研究与实践[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(1): 10-16.