

人工智能算法在智能建造中的应用分析

林庆吾

临沂市城市建设勘察测绘院, 山东 临沂

收稿日期: 2024年8月23日; 录用日期: 2024年9月17日; 发布日期: 2024年9月23日

摘要

当前, 随着人工智能的迅速发展, 传统土木工程学科已逐渐朝向智能建造方向发展。这对土木工程学科及行业领域都带来了新的变化, 对行业从业人员的知识及技能储备也提出了更高的要求, 行业领域与前沿科学技术间的联系越来越紧密, 各类相关算法及模型的应用与发展都对土木工程行业的智能化发展起到了明显的推动作用。本文着重分析人工智能算法的科学技术方法论, 探讨人工智能模式下智能建造的应用, 以及算法模型对智能建造所带来的行业变革。

关键词

智能建造, 土木工程, 人工智能, 科学技术方法论

Analysis of the Application of Artificial Intelligence Algorithms in Intelligent Construction

Qingwu Lin

Urban Construction Exploration and Mapping Institute, Linyi Shandong

Received: Aug. 23rd, 2024; accepted: Sep. 17th, 2024; published: Sep. 23rd, 2024

Abstract

At present, with the rapid development of artificial intelligence, the traditional civil engineering discipline has gradually developed towards intelligent construction. The artificial intelligence has brought new changes to the civil engineering, and has put forward higher requirements for the knowledge and skill reserve of industry practitioners. The connection between the industry and cutting-edge science and technology has become closer and closer. The application of various related algorithms and models have played a significant role in promoting the intelligent development of the

civil engineering industry. This paper focuses on the analysis of the scientific and technological methodology of artificial intelligence algorithms, discusses the application of intelligent construction under artificial intelligence mode, and discusses the industry changes brought by algorithm models to intelligent construction.

Keywords

Intelligent Construction, Civil Engineering, Artificial Intelligence, Scientific and Technological Methodology

Copyright © 2024 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. 基本概念

随着科技创新的日新月异，跨学科的方法论同样对土木工程领域的发展起到指导作用。伴随重大工程项目的陆续兴建，要求现代土木工程行业需适应各类工程建设高速发展的要求，大规模、大跨度、大型精密现代化建筑物的建造越来越常态化，而在此类建筑的施工过程中既要求高质量和快速化施工，又要求兼顾高效经济效益。当前，随着人工智能的发展，尤其是重大工程项目施工过程中的智能化升级，对土木工程行业的发展提出了新的更高要求，从另一个层面不断推动土木工程学科的新发展，这些发展也深刻揭示了学科辩证发展的性质，同时也体现了各学科之间的交叉与联系，土木工程行业正是在这种多学科交叉融合的背景下，不断探索前行，推动着自身及相关领域的持续发展。

2. 人工智能算法在智能建造中的应用

人工智能自 1956 年达特茅斯会议提出以来，主要经历了三个重要的发展阶段[1]：起步阶段(1956~1980 年)，此阶段的人工智能旨在让计算机具备类似人类的智慧，但主要关注于理论研究。在此之后，20 世纪 70 年代起人工智能进入应用发展阶段，随着专家系统的出现，人工智能开始从理论研究走向实际应用，并且更加聚焦于利用计算机解决人类所难以解决的问题；随着科学技术的发展，当今人工智能已经发展到深度学习阶段，而随着机器学习和深度学习技术的飞速发展，人工智能在处理非结构化数据和大数据分析方面展现出显著优势，推动人工智能进入了一个全新的发展阶段。

代表性地，欧斌等[2]提出了一种基于长短期记忆网络(LSTM)的混凝土坝变形预测模型，通过对混凝土坝的实例分析，将所提出的 LSTM 模型与常用的逐步回归、多元回归方法进行比较，结果显示 LSTM 模型在挖掘大坝变形与影响因子间的复杂非线性关系以及建模与预测精度方面均显著优于传统方法。

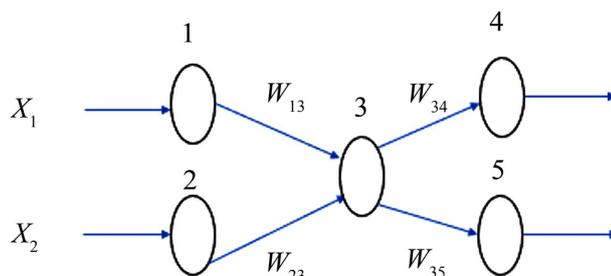


Figure 1. Network structure of the B-P algorithm [5]

图 1. B-P 算法的网络结构[5]

Knyazeva 等[3]利用卷积神经网络模型,提出了一种识别混凝土结构损伤的算法,在真实混凝土建筑的损伤数据集上,用 Python 训练并测试了该神经网络模型,结果表明其在识别建筑结构损伤方面具有高效性。楚荣珍等[4]通过神经网络算法,指出 BP 模型在建筑施工中的应用。尤其是在水泥挤压强度分类方面:采用三层 BP 网络,通过矿渣掺量等 7 个输入变量预测水泥强度,取得了良好效果。在混凝土强度预测方面:传统的四组份混凝土(水泥、水、砂、石)强调高强度,而基于添加剂多样性和复杂性所生产的高性能混凝土,借助神经网络通过早期强度数据预测未来连续 28 天的强度值,将比传统方法更准确。B-P 算法的网络结构如图 1 所示。

王勃等[6]使用随机森林算法评估了五种高层建筑机械拆除方法的可行性,基于工程实例,在算法建模过程中选择总建筑面积、层数、高度等属性建立数据集,通过测试优化决策树棵数和随机属性子集个数,在 Matlab 中建立随机森林模型,以 80% 数据为训练集,20% 为测试集。结果显示,以“降层拆除法”为例的模型正确率达 95%,建模用时只需 4.2 秒,验证了随机森林模型在准确性和运行时间上均优于 BP 神经网络和 CART 决策树模型。

匡建超等[5]利用偏最小二乘神经网络预测建筑造价,通过偏最小二乘法优化自变量选择,避免了多重相关性,并采用该方法作为自动变量构建 BP 神经网络模型,全面考虑了影响成本的因素,减少了项目工程的计算工作量,避免了传统 BP 模型在样本有限时的局限性。如图 2 为偏最小二乘神经网络模型结构简要示意图。

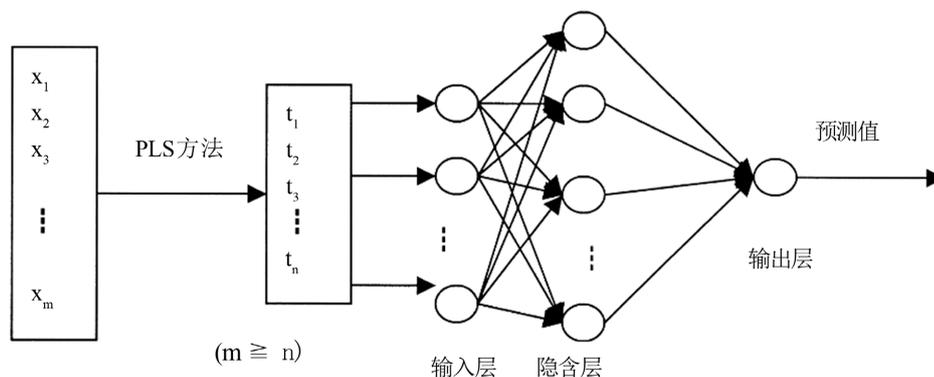


Figure 2. Schematic diagram of the partial least squares neural network model structure [7]
图 2. 偏最小二乘神经网络模型结构简要示意图[7]

罗钊雯[8]利用粒子群优化算法模拟鸟类觅食形态建筑,通过对鸟类觅食形态观察,分析生形原理,结合数字图解方法总结出生形特征,其次使用开发工具对犀牛软件进行二次开发,实现粒子群优化算法。结果表明粒子群优化算法在建筑过程中可以有效生成复杂三维形态。

李明海等[7]利用人工鱼群神经网络算法对建筑能耗进行预测,通过时间序列自相关分析确定输入变量维度,并利用人工鱼群算法优化神经网络的初始权值和阈值,采用人工鱼群神经网络模型对校园内建筑的一个月能耗进行预测。结果显示该模型比传统 BP 神经网络具有更快的收敛速度,预测精度达到 $\pm 1\%$,且预测误差随迭代次数增加而降低。

黄骞[9]利用离散萤火虫算法优化轨道交通车站建筑内部空间,通过对上海市域铁路示范区线芳乐路车站分区内部功能和基于算法的客流分配,实现了轨道交通车站建筑内部空间的最优设计。并与传统方法进行对照,结果表明在客流量增加的情况下该方法要明显优于传统方法,相比于传统方法 2 延误时间平均减少 8 秒。

韩臻等[10]利用人工免疫算法优化建筑光源布置方案,建立了一个数学模型来优化室内照明的布局,

并提出了一种新的免疫算法用于光源布置优化问题，算法流程如图 3 所示。通过对图书馆建筑进行仿真实验，用 DIALuxevo 建立改造场景及布置图，结果表明该算法给出的照明布局方案能满足工作面各点的照度需求，且照明效果良好。

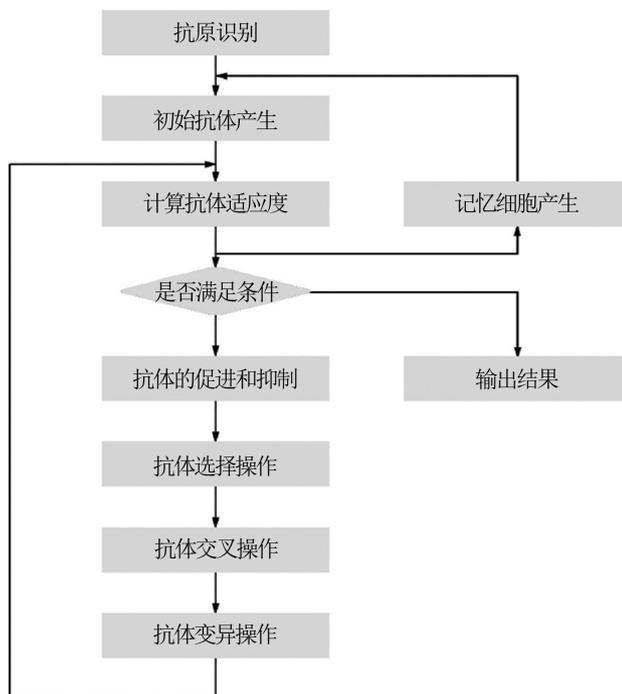


Figure 3. Flowchart of immune algorithm [10]
图 3. 免疫算法流程图[10]

3. 人工智能在智能建造中应用特点

当前，人工智能技术正深刻变革着建筑行业的全链条，从设计、结构分析、施工到管理各个环节均展现出独特价值。在设计领域，人工智能不仅可以助力快速选型、风格模仿，如通过 SaaS 系统不仅可以大幅提升设计效率，还可以推动基于案例的机器学习在模式识别与风格多样性研究上的进展[11]。在结构安全方面，人工智能提供了损伤评估的新工具，通过深度学习揭示结构与损伤间的关联。Cha 等人[12]探索视觉识别技术在土木工程中的应用研究，强化了结构安全评估的精准度。在建筑施工环节，人工智能具备资源调配优化，进度控制及风险评估的功能。借助增强现实与智能技术，Behzadan 等人研究施工过程的高效监管，发现人工智能通过监控、控制与诊断的智能化，提升了建筑运营的精细化管理水平[13]。人工智能决策支持系统及成本估算模型，均可以有效促进土木施工过程管理的高效与精准。通过神经网络与遗传算法的结合，建筑业的设计质量和效率显著提升，深度学习技术使结构损伤分析更加精准，可以减少对传感器的依赖使用。同时，人工智能还助力施工图审查，推动了“智慧工地”的发展，有些企业更是深入探索机器人参与建筑施工的可行性[14]。

人工智能正逐步成为建筑行业不可或缺的一部分，引领着行业的智能化、数字化转型。土木工程行业的转型升级，智能建筑是必然选择，其核心要素在于利用新一代信息技术促进行业变革，进而完成由数字化、网络化逐步向智能化转变[15]。这一过程既需要技术革新，也需要综合考虑对自然环境的影响和保护以及对技术进步的追求。在设计过程中既要保证建筑与自然环境的和谐相处，要通过智能技术的应用，提高建筑的能源利用效率和可持续性[16]。智能建造是在追求社会经济发展与环境可持续发展相协调

的基础上的，以人为中心的发展思想贯穿始终。在保证建筑质量和使用功能的基础上，最大限度地降低对环境的影响，通过智能建造技术，达到社会与经济的平衡。智能建造中的智能设计和智能施工也可以借鉴自然界的智慧，如模仿自然界中的结构和功能来提高建筑的性能和效率。

在人工智能的应用下，所引起的土木工程行业变化应具有以下几项功能：

1) 安全性。在正常施工使用条件下，结构应能承受可能出现的各种荷载作用和变形而不发生破坏；在偶然事件发生后，结构仍能保持必要的整体稳定性。如厂房结构在受力荷载作用时，其结构均应坚固，耐受性强，尤其在遇强震、爆炸等突发事件时，容许局部损伤，但应保持整体稳定。

2) 普适性。在正常运行时，工程的物理结构应具有良好的适用性能。以吊车梁变形为例，会使吊车无法正常运行；若水池出现裂缝则无法正常蓄水等，都影响正常使用，在设计及使用过程中需要对变形、裂缝、微损等进行必要的监测和控制。

3) 耐久性。在正常维护的条件下，结构应能在预期设计的使用年限内满足各项功能要求。意味着结构必须能够抵抗各种自然和人为因素导致的退化，如混凝土的老化、腐蚀以及钢筋的锈蚀等，这些因素若不加控制，可能会显著缩短结构的使用寿命。

安全性、适用性和耐久性统称为结构的可靠性。总的来说建筑必须满足以上的功能，从建筑的设计到建筑结构的确定需经过充分的方案讨论确定。要深化人工智能及深度学习算法在工程实践中的应用，深度应用到从工程设计、工程实施到工程监管的各个环节，实现全链条的工程智能化。这对实现土木工程到智能工程的升级改造至关重要。

总之，要实现建筑结构工程学科的跨越式发展，实现工程行业有效服务社会发展，势必要综合结合各种因素，并倡导一种良好的行业风气，充分发挥科学家的理论创新能力，充分发挥工程师的行业技术能力。

4. 结论

智能建造作为土木工程行业转型升级的必然选择，其发展与进步深刻体现了直接与科学技术进步紧密关联。在这一过程中，新型人工智能算法对土木行业的智能化转型起到了关键的支撑作用，不同模型算法的运行及优化，强调了各要素之间相互依存、不可分割的紧密联系，进而促进建筑行业的可持续发展。未来，随着科技的不断进步和理论不断完善，智能建造将在推动社会经济发展、改善人类生活品质方面发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1] 柴天佑. 工业人工智能发展方向[J]. 自动化学报, 2020, 46(10): 2005-2012.
- [2] 欧斌, 吴邦彬, 袁杰, 等. 基于 LSTM 的混凝土坝变形预测模型[J]. 水利水电科技进展, 2022, 42(1): 21-26.
- [3] Knyazeva, N., Nazojkin, E. and Orekhov, A. (2023) The Use of Artificial Intelligence to Detect Defects in Building Structures. *Construction and Architecture*, **11**, 18. <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2023-11-3-18-18>
- [4] 楚荣珍, 周向宁, 李顺刚. 人工神经网络及在建筑施工中应用[J]. 工业建筑, 2006(S1): 962-964.
- [5] 匡建超, 徐志英. 偏最小二乘神经网络在建筑造价预测中的应用[J]. 商业研究, 2006(17): 88-91.
- [6] 王勃, 崔洋, 董丽欣. 基于随机森林算法的高层建筑机械拆除方法判断[J]. 低温建筑技术, 2020, 42(12): 40-42.
- [7] 李明海, 刘敏. 基于人工鱼群神经网络算法的建筑能耗预测[J]. 现代建筑电气, 2016, 7(3): 28-32.
- [8] 罗钊雯. 基于粒子群优化算法的算法实现及建筑生形——模拟鸟类觅食形态的建筑雏形设计[J]. 华中建筑, 2020, 38(2): 43-47.
- [9] 黄骞. 基于离散萤火虫算法的轨道交通车站建筑内部空间设计优化[J]. 科技和产业, 2023, 23(22): 119-122.
- [10] 韩臻, 张硕, 刘刚. 人工免疫算法在建筑照明改造中的应用[J]. 照明工程学报, 2019, 30(2): 103-108.

- [11] 郑杰, 吴世永, 毕小青. 人工智能在建筑行业的应用分析[J]. 中国市场, 2019(35): 54-58.
- [12] Cha, Y., Choi, W. and Büyüköztürk, O. (2017) Deep Learning-Based Crack Damage Detection Using Convolutional Neural Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, **32**, 361-378.
<https://doi.org/10.1111/mice.12263>
- [13] Behzadan, A.H., Aziz, Z., Anumba, C.J. and Kamat, V.R. (2008) Ubiquitous Location Tracking for Context-Specific Information Delivery on Construction Sites. *Automation in Construction*, **17**, 737-748.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.02.002>
- [14] 鞠松, 杨晓东. 国内外人工智能技术在建筑行业的研究与应用现状[J]. 价值工程, 2018, 37(4): 225-228.
- [15] 毛超, 彭窑胭. 智能建造的理论框架与核心逻辑构建[J]. 工程管理学报, 2020, 34(5): 1-6.
- [16] 连晓燕. 浅析自然辩证法对城市智慧化管理的指导作用[J]. 现代经济信息, 2018(10): 55-56.