

人工智能在建筑结构设计中的应用研究进展

刘锋¹ 周彬²

1. 基准方中建筑设计股份有限公司南宁分公司, 广西 南宁 530000
2. 中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要]随着建筑工程设计变得日益复杂且趋于智能化,人工智能技术于建筑结构设计方面的应用慢慢变成了学术界以及工程实践领域所关注的研究热点所在。借助引入机器学习、深度学习、智能优化算法还有 BIM 技术等手段,建筑结构设计在方案生成环节、初步设计阶段以及施工图绘制方面都达成了高效、精准并且智能化的效果。文中着重围绕人工智能在建筑结构设计里的方案设计、初步设计以及施工图设计等方面的应用来展开相应的分析工作,较为系统地去总结它在结构选型、结构计算、抗震分析、材料构件优化以及施工模拟等诸多方面的研究进展情况,并且针对应用过程中所面临的诸多挑战以及未来的发展趋势展开深入探讨,以此为智能化的建筑结构设计给予一定的理论参考以及技术方面的指导。

[关键词]人工智能;智能设计;建筑结构设计

DOI: 10.33142/ect.v3i9.17869

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Research progress on the Application of Artificial Intelligence in Building Structure Design

LIU Feng¹, ZHOU Bin²

1. Nanning Branch of Jizhun Fangzhong Architectural Design Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China
2. China Energy Engineering Group Guangxi Electric Power Design Institute Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: With the increasing complexity and intelligence of architectural engineering design, the application of artificial intelligence technology in building structure design has gradually become a research hotspot of academic and engineering practice. By introducing machine learning, deep learning, intelligent optimization algorithms, and BIM technology, building structure design has achieved efficient, accurate, and intelligent results in the scheme generation stage, preliminary design stage, and construction drawing. The article focuses on the application of artificial intelligence in the design of building structures, including scheme design, preliminary design, and construction drawing design. It systematically summarizes the research progress in various aspects such as structural selection, structural calculation, seismic analysis, material component optimization, and construction simulation. In addition, it deeply explores the many challenges faced in the application process and future development trends, providing theoretical reference and technical guidance for intelligent building structure design.

Keywords: artificial intelligence; intelligent design; architectural structural design

引言

建筑结构设计属于建筑工程极为重要的部分,其设计质量以及效率跟工程安全、经济性还有可持续发展有着直接关联。随着现代建筑结构变得越来越复杂,传统的人工设计办法在计算量方面、方案优化层面以及多目标平衡等方面都显得有些力不从心,迫切需要引入先进技术来提高设计水平。人工智能是计算机科学与信息技术领域十分前沿的部分,依靠其出色的数据处理能力、模式识别能力以及优化决策能力,给建筑结构设计带来了全新的技术途径。特别是在结构选型、布置优化、抗震分析以及施工图智能生成这些环节,人工智能能够通过学习历史设计数据、构建预测模型以及优化算法,达成从方案设计一直到施工图绘制的全流程智能化操作。近些年来,国内外的学者围绕建筑结构设计里的人工智能应用展开了诸多研究,涉及到机器学习、深度学习、智能优化算法以及 BIM 平台的集成应用等方面,促使设计效率和精度有了较为明显的提升。

本文目的在于全面且细致地梳理人工智能在建筑结构设计当中的研究进展,剖析其应用价值以及存在的问题,为未来的智能化建筑设计给予理论方面的参考依据。

1 人工智能技术概述

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是当今科技发展中的一种新学科,是计算机科学、控制论、信息论、神经心理学、哲学和语言学等学科的结合。人工智能是一种专门研究智能机或智能系统的科学,它可以模拟、延伸和扩展人类智能,又称 AI,就是要让机器具备听,说,看,写,思考,学习,适应环境变化,解决现实中的种种问题。人工智能领域的研究重点是专家系统,机器学习,模式识别,自然语言理解,自动定理证明,自动编程,机器人学,博弈,智能决策支持系统和 ANN。随着计算能力持续提升以及大数据技术不断发展,人工智能的应用范围也在日益拓展,其相关成果已经渗透至工业、医疗、交通还有建筑等诸多行业当中。

2 基于人工智能的方案设计

2.1 结构选型智能化

在建筑结构设计这一领域当中,结构选型无疑属于方案设计里极为关键的一个核心环节,其对于建筑的承载体系、所采用的材料类型以及施工工艺等方面都有着决定性的影响作用。传统的选型方法往往要依靠设计师个人的经验来开展相关工作,然而当面对多层或者结构较为复杂的建筑之时,这种方法就容易出现效率不高且方案并非最优等情况。人工智能借助于建立起结构数据库以及机器学习模型,能够针对建筑类型、层高、跨度还有荷载条件等诸多维度的参数展开相应的分析,进而对不同结构体系的性能表现以及经济性做出预测,以此达成智能化的选型目的。智能算法可自动从中筛选出那些能够满足设计规范以及性能要求的方案,并且还会结合多目标优化来针对结构的安全性、施工的便捷性以及材料的消耗情况展开综合性的评估,由此使得选型在科学性与准确性方面都得到了颇为显著的提升。与此 AI 系统还能够设计刚开始的时候便模拟出不同方案的受力状态以及施工难度,从而为设计师给予更为直观的决策依据,促使结构选型从单纯依靠经验来驱动的方式逐步转变为依靠数据来驱动的形式,进而迈出了实现建筑结构设计智能化的第一步。

2.2 结构布置优化

结构布置在建筑当中占据着极为关键的地位,它是决定建筑空间功能、受力体系以及施工组织的重要环节。传统的布置方案设计往往较多地依靠设计师个人的经验来完成初步的布局工作,然而这种方式存在着一定的局限性,其缺乏系统化的优化手段,如此一来便很容易出现空间白白浪费掉或者结构性能有所欠缺的情况。而人工智能凭借自身所具备的算法优化能力、模式识别功能以及多目标计算功能,能够在确保功能具备合理性以及安全性得以保障的前提下,达成结构构件最为合理的布置效果。具体来讲,人工智能可以模拟不同结构构件在空间当中呈现出的各种各样的布局状况,然后依据受力分析的情况、材料使用的数量、施工操作的便捷程度以及造价等方面的相关指标来展开多方案的计算工作,进而生成出最优的布置方案。借助于迭代优化以及智能筛选等一系列的操作流程,建筑空间的功能与结构性能能够实现较好的平衡状态,与此同时还能有效地提升设计工作的效率以及设计方案的创新程度。智能化的结构布置一方面能够大大减轻设计师在计算方面所面临的负担,另一方面也能促使设计方案在实际施工过程当中的可行性以及经济性都得以提高,进而为建筑结构后续的设计阶段打下坚实的基础。

3 基于人工智能的初步设计

3.1 结构计算智能化

结构计算在初步设计当中占据着极为关键的地位,其最终所呈现出的结果会对建筑的安全性以及经济性产生

直接的影响。传统的结构计算往往要依靠人工来开展公式推导工作,并且还会借助有限元分析手段,然而当面对结构较为复杂或者存在非线性问题的情况时,其计算量便会变得极为庞大。人工智能凭借建立起基于历史数据的预测模型以及优化算法,成功实现了结构计算的智能化转变。具体来讲, AI 可以在极短的时间内对不同构件截面以及节点的受力性能加以预测,与其它还能够结合优化算法自动地去调整结构参数,进而让结构在符合安全规范的要求之下达成材料的最优使用状态。智能结构计算一方面大幅削减了手工计算那种繁琐无比的过程,另一方面还能够针对潜在的结构风险发出预警,以此来提升设计的精度以及效率,从而为后续的抗震分析以及施工图设计给予可靠的依据。

3.2 抗震性能分析与优化

在现代建筑的设计领域当中,抗震性能已然成为确保建筑安全的一项极为关键的指标。传统的抗震设计往往较多程度上依靠经验公式又或者是借助有限元分析来达成性能方面的验证目的。对于那些结构较为复杂的建筑亦或是高层建筑而言,采用传统的设计方式往往会耗费大量的时间在计算方面,而且在方案优化层面也会面临诸多困难,通常很难做到同时将安全性、经济性以及施工可行性都充分兼顾到。人工智能在针对抗震性能展开分析的时候,会凭借深度学习、神经网络以及智能优化算法来对建筑结构加以模拟,如此一来便可以在多种不同地震作用的情形之下,精准地预测出建筑整体以及其局部构件的响应状况,并且能够实现对结构性能的快速优化操作。AI 系统不但能够自动去识别出结构当中存在的薄弱环节以及潜在的风险点,而且还能够联合遗传算法、粒子群优化等多种方法来生成相应的改进方案,自动地对构件的尺寸、配筋以及布置情况进行调整,进而实现在设计阶段就能够完成多个方案的抗震性能对比,达成安全性与经济性的最佳契合状态。除此之外,人工智能还能够把历史地震数据和实时模拟的结果整合到一起,以此来进行结构抗震性能的动态评估工作,进而为高层乃至超高层建筑给予科学的决策方面的有力支持,大幅提高抗震设计在精确性、效率以及可靠性等方面的水平,为复杂建筑结构在安全保障以及施工可行性方面给予强有力的技术支持。

3.3 材料与构件设计优化

材料以及构件设计属于初步设计当中的关键环节,其优化状况会直接对建筑成本、施工难度还有结构性能产生影响。传统的设计方式往往依靠经验来选定材料并确定构件尺寸,如此一来可优化的空间便十分有限。人工智能会构建起材料性能数据库以及构件优化模型,进而能够在遵循安全规范的基础之上,针对材料选择以及构件截面给出智能方面的推荐。机器学习模型能够综合考虑建筑的功能需求、受力性能、施工的可行性以及经济性等因素,从而生成多种不同的优化方案,并且借助算法自动从中筛选出

最优的那个方案。人工智能在材料与构件设计当中的应用,使得设计的过程变得更加科学、更为高效,同时也给施工图设计提供了较为精准的数据支持,进而达成了从初步设计到施工图设计的无缝对接。

4 基于人工智能的施工图设计

4.1 CAD 二次开发与自动绘图

施工图的智能化进程当中,CAD 的二次开发无疑是一项极为重要的推动手段。借助编写自定义程序或者插件的方式,人工智能可以自动去识别初步设计所涉及的数据,把其中的结构尺寸、节点方面的信息以及材料规格等相关内容都转化成为施工图形当中的各个元素,进而生成一套完整的施工图纸。AI 系统还能够综合历史施工数据、各类规范标准以及过往的设计经验等,针对图纸里有可能存在的种种错误展开自动化的校验工作,像是构件尺寸出现冲突的情况、荷载传递环节发生错误的情形、节点彼此之间不相匹配的问题或者是图纸标注不够规范的情况等等,并且还会给出相应的修改建议。自动绘图这种方式,一方面极大地提高了图纸生成的速度,另一方面也提升了工作的整体效率,同时还能够确保施工图在一致性、精确性以及规范性等方面都能够得到保障,有效减少了因人工操作而可能出现的种种疏漏以及返工的风险^[1]。除此之外,AI 在 CAD 二次开发领域的应用,还能够达成智能化模板的调用以及批量生成图纸的目的,对于那些规模较大或者情况复杂的建筑项目而言,可以同步对多套图纸的更新与维护加以处理,助力施工团队能够快速理解并且有效地执行设计方面的意图,从而保证设计成果可以顺利地转化为实际的施工方案,最终促使整体的设计质量以及施工效率都得以提升。

4.2 BIM 技术在施工图设计中的应用

BIM 技术借助三维建模以及信息集成的方式,达成建筑信息在设计、施工乃至运维整个过程中的共享以及协同效果^[2]。在施工图设计环节当中,人工智能与 BIM 平台相结合,能够针对建筑结构展开参数化建模操作,依据设计规范还有初步设计数据,自动完成构件布置、连接节点以及配筋图等相关信息的生成工作,与此还能开展空间碰撞检测以及施工顺序方面的优化事宜。凭借智能算法,BIM 模型可对施工过程中出现的关键节点以及潜在冲突加以模拟,预估构件安装顺序、施工难点以及施工资源的需求情况,并且能为施工图设计给予精准的数据支持,进而实现设计与施工之间高度的协同状态。AI 系统还能够依照设计变更或者施工反馈的情况,自动对 BIM 模型进行更新与优化处理,以此来保证施工图信息始终与最新的设计意图维持一致的状态。除此之外,借助可视化展示以及数据分析手段,设计师能够直观地掌握建筑结构的受力特性、施工流程以及潜在存在的各类问题,由此促使施工图设计的效率得以提升,精度也得到提高,施工的可行性

同样获得增强,进而为复杂结构建筑的高效实施以及工程质量提供了较为可靠的保障。

4.3 施工模拟与冲突检测

施工模拟以及冲突检测,这在保障施工能够顺利推进的过程当中,属于极为关键的一个环节。传统的做法往往依靠人工所积累的经验,同时结合二维图纸来展开分析,如此一来,就容易出现潜在冲突被遗漏掉的情况,进而引发返工以及施工进度出现延误等问题。而人工智能技术能够凭借 BIM 模型还有施工逻辑,针对施工的整个过程来开展模拟操作,可以自动去检测结构构件相互之间存在的冲突情况,对于管线布置和结构之间存在的冲突同样能够进行检测,并且还能够给出相应的优化调整方面的建议^[3]。借助智能模拟的方式,设计师以及施工团队便能够提前将可能出现的问题给识别出来,从而对施工方案加以优化,以此来降低施工过程中所面临的风险,提升施工的效率,达成从设计阶段一直到施工阶段的全流程智能化管理目标。

5 结语

人工智能于建筑结构设计领域已然呈现出颇为显著的应用成效,在从方案设计阶段、初步设计阶段一直到施工图设计阶段所涵盖的整个流程当中,均达成了智能化、自动化以及高效化的实现状态。借助结构选型方面的智能化操作、布置环节的优化处理、针对多方案展开的评价工作、结构相关的计算事宜、抗震分析方面的考量、材料构件的优化举措以及施工图的智能生成手段,建筑结构设计在效率方面、精度层面以及创新性维度都获得了相应的提升。不过,人工智能在实际的应用进程里,依旧面临着像数据质量存在不足、模型可靠性有所欠缺、对规范的适应性不够理想以及算法可解释性有待加强等诸多挑战。在未来的发展过程当中,随着大数据技术持续取得进展、深度学习算法不断得以完善以及 BIM 平台一步步走向成熟,人工智能有望在建筑结构设计领域实现更高层次的自动化与智能化,进而为建筑设计领域的创新工作、施工过程中的安全事项以及工程的可持续发展状况给予稳固的技术支撑。

[参考文献]

- [1]王章琼,赵歧林,徐晓雅,等.人工智能在建筑结构设计中的应用研究进展[J].科学技术与工程,2025,25(16):6598-6607.
- [2]黄立辉.基于人工智能的建筑结构设计技术[J].城市建设理论研究(电子版),2025(20):196-198.
- [3]曹刚.人工智能应用与建筑与城市设计中的研究[J].电子技术与软件工程,2022(23):78-82.

作者简介:刘锋(1992.12—),毕业院校:广西大学,所学专业:结构工程,当前就职单位:基准方中建筑设计股份有限公司南宁分公司,职务:结构工程师,职称级别:中级。