

融合 BIM 与人工智能的水利工程招投标造价辅助决策模型

宋静远

(阳谷县公共资源交易服务中心, 山东 聊城 252000)

摘要: 传统水利工程招投标造价管理存在信息不透明、计算易出错、决策缺乏科学支撑等显著问题, 难以适应现代水利工程建设的需求。而 BIM 与人工智能技术凭借各自的独特优势, 为解决这些问题提供了新思路。BIM 技术可实现工程信息的三维可视化与多专业协同共享, 人工智能技术则具备强大的数据处理与智能决策能力。通过构建水利工程 BIM 模型, 精准提取工程量、材料价格等关键信息, 再应用人工智能算法对这些信息进行深度分析处理, 可以生成科学合理的造价方案, 最终为决策者提供有力支持。

关键词: BIM; 人工智能; 水利工程; 招投标; 造价辅助决策模型

中图分类号: TV697 文献标识码: A

Auxiliary decision-making model for water conservancy project bidding and tendering cost integrating BIM and artificial intelligence

SONG Jingyuan

(Public Resources Trading Service Center of Yanggu County, Liaocheng, Shandong 252000, China)

Abstract: Traditional water conservancy engineering bidding cost management has significant problems such as information opacity, easy calculation errors, and lack of scientific support for decision-making, which are difficult to adapt to the complex needs of modern water conservancy engineering construction. BIM and artificial intelligence technology, with their unique advantages, provide new ideas for solving these problems. BIM technology can achieve three-dimensional visualization and multi-disciplinary collaborative sharing of engineering information, while artificial intelligence technology has powerful data processing and intelligent decision-making capabilities. By constructing a BIM model for water conservancy engineering, key information such as project quantity and material prices can be accurately extracted, and then deeply analyzed and processed using artificial intelligence algorithms to generate scientifically reasonable cost plans, ultimately providing strong support for decision-makers.

Key words: BIM, artificial intelligence, water conservancy engineering, bidding, cost assisted decision-making model

1 引言

作为国家基础设施建设的重要组成部分, 水利工程具有投资大、周期长、技术复杂等特点。在水利工程招投标过程中, 造价管理是关键环节之一, 直接关系到工程质量、进度和投资效益。然而, 传统水利工程招投标造价管理方法存在信息不透明、计算不准确、决策缺乏科学依据等问题, 难以满足现代水利工程建设的需求。随着信息技术的不断发展, BIM 和人工智能技术在建筑工程领域得到了广泛应用。通过建立三维数字化模型, BIM 技术实现了工程信息的集成和共享, 提高了工程管理的效率和精度。人工智能技术则具有强大的数据处

理和分析能力, 能够对海量数据进行挖掘和分析, 为决策提供科学依据。将 BIM 与人工智能技术融合应用于水利工程招投标造价管理, 有望解决传统方法存在的问题, 提高造价管理的效率和准确性。

2 水利工程招投标造价管理的现状与挑战

2.1 现状分析

当前, 水利工程招投标造价管理多依赖于传统的“二维图纸+人工计算”的方法。在工程前期阶段, 设计人员依据 CAD 等二维图纸编制工程量清单, 而造价人员则需要结合清单和人工收集的市场价格数据来计算项目总造价。然而, 这一流程存在诸多问题(信息流转效

率低、沟通协同不畅),导致工程信息不透明和不完整。由于二维图纸难以完整表达复杂结构和空间关系,易引发专业理解偏差及信息脱节问题,如设计信息的误读可能引发不必要的造价误判。此外,由于人工计算过程烦琐且易出错,无法全面考虑项目中的非线性变化、施工条件等实际因素,导致最终造价数据往往偏离实际。更为重要的是,当前造价管理模式缺乏与设计、施工环节的有效联动,使得管理决策更多依赖经验判断而非数据支持,难以科学评估多种造价方案的优劣,对项目全生命周期的成本控制造成较大制约。

2.2 挑战分析

随着水利工程规模的不断扩大和技术复杂度的日益提升,招投标阶段的造价管理面临前所未有的挑战。首先,水利工程通常涵盖水工建筑、土建和机电安装等专业,涉及部门众多且环节复杂,对跨专业的协同作业与数据共享提出了更高的要求。传统造价管理方式在专业集成下显得力不从心,难以满足现代水利工程的整体协调和信息透明需求。其次,新材料、新技术和新工艺层出不穷,导致原有造价数据体系更新滞后。缺乏对复杂施工环境下成本变动因素的动态反映,使得造价管理难以与实际施工成本保持同步。再者,市场竞争日益激烈,投标企业在压力之下通常选择压低报价,以提高中标概率。这种策略在短期内可能奏效,但易引发后期的增补工程、成本失控等问题,甚至可能影响到工程的整体质量和安全。此外,在缺乏智能化工具辅助的情况下,造价人员难以快速响应政策、规范和材料价格的变化,导致对全过程成本控制的支持能力受到限制。因此,亟需引入数字化和智能化手段,重塑造价管理体系,以应对日益复杂的工程环境和市场要求^[1]。

3 BIM与人工智能技术在水利工程中的应用优势

3.1 BIM技术的应用优势

BIM技术在水利工程招投标造价管理中的应用显著提升了设计与造价环节的数字化和智能化水平。首先,BIM通过三维可视化建模,将传统的二维图纸转化为立体建筑模型,使得工程的结构布局、构造节点和材料搭配等信息一目了然,便于各方进行设计沟通与优化,从而显著降低设计误差和理解偏差。其次,BIM技术具备强大的协同能力,能够支持水利、土建、机电等专业在同一模型中协同工作,实现设计信息的实时共享与修改,有效减少了专业间的冲突。此外,BIM模型中嵌入了有关构件的尺寸、材质、数量等数据,能够通过相关软件自动提取工程量清单,减少人工计算误差,提高工程量统计的准确性与效率。在造价管理中,BIM的应用使得成本预测、方案对比和进度控制等过程更为科学与可控,从而促进招投标过程的公开化、透明化和标准化^[2]。

3.2 人工智能技术的应用优势

人工智能技术在水利工程招投标造价管理中的引入,为造价分析与决策支持提供了智能化解决方案。人工智能具备强大的数据处理能力,能够快速分析结构化与非结构化数据(包括历史工程数据、市场价格波动以及政策调整信息等),挖掘隐藏的规律与趋势,为造价评估提供坚实的数据基础。通过机器学习算法,人工智能能够构建智能造价预测模型,对不同设计方案或施工条件下的造价进行模拟预测,提高报价的合理性与竞争力。在决策支持方面,人工智能结合大数据分析知识与图谱技术,能够辅助决策者进行多方案比选、风险评估及资源优化,大幅提升了招投标工作的科学性和精度。同时,人工智能系统具备自适应学习功能,能够根据新数据持续优化其模型,从而提高预测和判断的准确性与稳定性。随着人工智能与BIM、GIS等系统的融合,未来的水利工程招投标管理将实现更高效、智能与可持续发展。

4 融合BIM与人工智能的水利工程招投标造价辅助决策模型设计

4.1 模型设计思路

本模型旨在通过BIM与人工智能的有机结合,推动水利工程招投标造价管理的数字化与智能化。设计思路基于“数据驱动+模型预测+决策支持”架构,具体步骤涵盖BIM建模、信息提取、算法分析与智能决策。

在设计初期,首先构建一个涵盖几何形状、结构关系和构件属性的三维BIM模型,为后续分析提供基础数据。该模型不仅包含构件的数量、尺寸和材质等核心信息,还包括施工工艺、设备使用及工期安排等辅助数据。为了实现数据的高效利用,可通过定制的API接口或BIM平台自带插件提取模型中的关键数据,如工程量清单、主要构件列表、材料种类及参考市场价等。同时,基于人工智能算法(如机器学习或深度学习)对提取出的数据进行建模与分析。例如,训练一个造价预测模型,以识别影响造价波动的主要因素:

$$C = \sum_{i=1}^n q_i \cdot p_i + \epsilon \quad (1)$$

其中, C 为总造价; q_i 表示第 i 个构件的工程量; p_i 为单价; ϵ 表示误差项或未预见的成本。

通过算法生成多种造价方案,并借助可视化平台对其进行比较、筛选与优化,能够提升招投标过程的科学性和透明度。

4.2 模型架构组成

为实现BIM与人工智能在水利工程招投标造价管理中的深度融合,本模型设计了5大功能模块:BIM模型构建模块、信息提取模块、人工智能算法模块、决策支持模块及数据存储与管理模块。

(1) BIM 模型构建模块:借助 Revit, Bentley 等建模工具,根据水利工程的结构特征建立完整的 BIM 模型,包括三维几何信息、构件属性、材料数据及施工逻辑等。模型中每个构件均包含 ID 编号,便于数据追踪和匹配。

(2) 信息提取模块:通过 BIM API(如 Revit API 或 IFC 解析器)或自定义插件,从模型中提取工程量、材料名称、单价、施工工艺等数据,并将数据转换为结构化格式供算法分析使用。

(3) 人工智能算法模块:对提取出的信息进行数据挖掘和预测建模,包括分类、回归、聚类等操作,用于评估造价方案的合理性、风险值等指标。例如,使用支持向量回归(SVR)预测单项费用变化趋势:

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^n \alpha_i K(x_i, x) + b \quad (2)$$

其中, \hat{y} 是预测结果; x_i 为输入特征; α_i 为权重; $K(x_i, x)$ 为核函数; b 为偏差项。

(4) 决策支持模块:集成可视化工具(如 Power BI, Tableau)或自研报表系统,直观展示不同造价方案的对比结果,帮助管理者做出科学决策。

(5) 数据存储与管理模块:负责存储所有中间与最终数据(包括原始 BIM 文件、提取后的结构化数据、训练模型及结果文件),保证数据一致性和安全性。

4.3 关键技术实现

4.3.1 BIM 模型的构建与信息提取

在本模型中, BIM 建模采用 Revit 平台完成构建。针对水利工程中的典型构件(如泵站、输水管线、水闸等),预先搭建标准构件族,并依据项目具体需求对其属性参数进行调整,涵盖材质(如钢筋混凝土、PVC 等)、工艺流程(如明挖或顶管等)。模型构建完成后,通过 Revit API 调用构件属性信息,实现数据的自动化提取。信息提取后需进行数据预处理,具体步骤包括异常值检测、缺失值填充、单位统一(如将立方米转换为升等)。数据标准化处理可采用以下归一化公式:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (3)$$

其中, x 为原始值; x' 为归一化后的值,便于后续算法输入统一格式。

4.3.2 人工智能算法的选择与应用

本系统采用分层算法组合方式,以提高造价预测的精度和效率。第一层使用机器学习算法进行初步建模,

选择随机森林(Random Forest)和 SVR 等算法,用来预测构件的单位造价以及总工程造价。第二层引入深度学习模型,其中卷积神经网络(CNN)用于识别 BIM 图形特征,递归神经网络(RNN)或长短时记忆网络(LSTM)用于处理施工进度等时序数据。例如,使用历史工程数据训练一个 LSTM 网络,从而预测材料价格走势:

$$h_t = \sigma(W_{hh}h_{t-1} + W_{xh}x_t + b_h) \quad (4)$$

其中, h_t 为当前隐藏状态; x_t 为当前输入; W_{hh}, W_{xh} 为权重矩阵; σ 为激活函数; b_h 为偏置项。

4.3.3 数据融合与决策支持

数据融合通过关联多个信息源(如 BIM 提取数据、市场数据和历史项目数据)进行特征合成与建模,最终形成完整的造价评估模型。该模型不仅包含直接费用,还涵盖间接费用和风险费用等成本。为提高决策的科学性和效率,决策支持模块提供了一个交互式平台,使用户能够实时查看不同参数变化对工程造价的影响。这一平台通过图形报表、方案比选模型和专家评审系统等方式帮助决策者识别并分析投标方案的优劣。

5 结束语

本文提出了一种融合 BIM 与人工智能的水利工程招投标造价辅助决策模型,通过实际案例验证了该模型的有效性和实用性。结果表明,该模型能够显著提高水利工程招投标造价管理的效率和准确性,为决策者提供科学、合理的决策依据。未来,随着 BIM 和人工智能技术的不断发展与完善,本模型将具有更广阔的应用前景。例如,进一步优化模型的算法和架构,提高模型的性能和可靠性;将模型应用于更多的水利工程领域,如河道治理、灌溉工程等;将模型与其他信息技术相结合,实现水利工程招投标造价管理的智能化和自动化。

参考文献:

- [1] 李艳君. 水利工程招投标造价控制[J]. 百科论坛电子杂志, 2018(2): 183.
- [2] 王春伟, 孙玉慧, 张勇, 等. BIM 技术在水利工程造价及管理中的应用现状及展望[J]. 黑龙江水利科技, 2021, 49(7): 161-164.

作者简介:

宋静远(1991—), 本科, 工程师, 研究方向: 水利工程管理。