

人工智能 AI 在水利工程造价预测中的应用及发展

胡思佳

身份证号: 450722199510243725

DOI:10.61369/WCEST.2025020016

摘 要： 本文围绕水利工程造价预测展开，阐述了全过程造价管理价值构成，介绍了 AI 技术体系构建原理及多种模型应用，包括混合模型、解析模型等，还涉及数据融合、规则引擎等方法，强调 AI 应用的重要性及局限，提出深化研究方向

关 键 词： 水利工程；造价预测；人工智能

Application and Development of Artificial Intelligence AI in Cost Forecasting of Water Conservancy Projects

Hu Sijia

ID: 450722199510243725

Abstract： This paper focuses on the cost prediction of water conservancy projects, explaining the value of full-process cost management. It introduces the principles of constructing AI technology systems and the application of various models, including hybrid and analytical models. The paper also covers methods such as data fusion and rule engines, emphasizing the importance and limitations of AI applications. It proposes directions for further research.

Keywords： water conservancy projects; cost prediction; artificial intelligence

引言

随着水利工程建设的不断发展，造价管理的重要性日益凸显。2021 年发布的《关于加强水利建设工程造价管理的通知》强调了提高造价管理科学性和准确性的重要性。在此背景下，工程量核定、材料价格波动应对、施工方案优化等传统造价管理核心要素持续受到关注。同时，人工智能技术的飞速发展也为水利工程造价管理带来了新的机遇。从人工智能技术体系构建原理，到多维 BIM 模型数据融合方法，再到混合模型开发以及施工图纸解析模型研发等多个方面，都为提高造价预测的精度和可靠性提供了可能，也为水利工程造价管理的创新发展奠定了基础。

一、水利工程造价管理与人工智能技术基础

（一）水利工程造价管理核心要素

全过程造价管理的价值构成涵盖多个方面。工程量核定是关键要素之一，准确核定工程量能确保造价计算的基础准确，避免因工程量计算错误导致造价偏差^[1]。材料价格波动对造价影响显著，材料费用在水利工程造价中占比较大，价格的波动直接关系到总成本的变化。施工方案优化同样重要，合理的施工方案可提高施工效率，减少不必要的成本支出，如通过优化施工顺序、选择合适的施工机械等方式，有效控制造价。这些核心要素相互关联，共同影响着水利工程造价的管理与控制。

（二）AI 技术体系构建原理

人工智能技术体系构建原理涉及多个方面。解析神经网络具有强大的非线性映射能力，通过多层神经元的连接和激活函数的作用，能够学习复杂的数据模式^[2]。其神经元之间的连接权重通

过训练不断调整，以实现输入数据的准确分类或预测。深度学习框架则提供了便捷的工具和算法库，加速神经网络的训练和部署过程。回归预测技术适用于建立工程造价与相关影响因素之间的定量关系，通过历史数据拟合出回归模型，进而对新的项目成本进行估算。时序分析技术则侧重于处理时间序列数据，对于具有时间依赖性的水利工程造价数据，能够挖掘其潜在的规律和周期性规律，从而提高成本估算的准确性^[3]。

二、BIM 与 AI 融合的造价动态控制体系

（一）多维 BIM 模型数据融合方法

研究几何参数与非几何属性的关联建模技术以及建立基于 IFC 标准的构件级成本数据库是多维 BIM 模型数据融合的重要方法。几何参数与非几何属性的关联建模技术能够挖掘两者之间的内在联系，为准确的造价分析提供基础。通过这种技术，可以更

好地理解 BIM 模型中各个构件的特性及其对造价的影响。基于 IFC 标准建立构件级成本数据库，能够实现数据的标准化和规范化。IFC 标准作为一种国际通用的建筑信息模型数据交换标准，为不同软件之间的数据交互提供了可能。利用该标准建立成本数据库，可以方便地整合和管理造价相关的数据，提高造价动态控制的效率和准确性^[3]。

（二）动态预测算法架构设计

开发结合 LSTM 与 XGBoost 的混合模型，旨在实现施工进度、资源价格等多变量耦合下的实时造价修正。LSTM 神经网络具有处理时间序列数据的优势，能够捕捉到数据中的长期依赖关系^[4]。而 XGBoost 是一种高效的梯度提升算法，在处理非线性关系和特征选择方面表现出色。通过将两者结合，可以充分利用各自的优点。在模型构建过程中，首先对施工进度、资源价格等相关变量进行数据收集和预处理，然后将处理后的数据分别输入到 LSTM 和 XGBoost 模块中进行训练和学习。最后，将两个模块的输出进行融合，得到实时的造价修正结果。这种混合模型能够更准确地反映多变量耦合对造价的影响，提高造价预测的精度和可靠性。

三、AI 在核心业务环节的应用方法

（一）工程量智能计算系统

1. 图像识别计量技术

研发基于 Mask R - CNN 的施工图纸解析模型，能够对钢筋混凝土等复杂结构进行自动算量。Mask R - CNN 是一种先进的深度学习模型，它通过卷积神经网络对图像进行特征提取，能够准确识别施工图纸中的各种构件和结构。对于钢筋混凝土结构，该模型可以识别出钢筋的数量、直径、长度以及混凝土的体积等关键信息，从而实现自动算量。这一技术的应用大大提高了工程造价计算的效率和准确性，减少了人工计算的误差和工作量。同时，随着技术的不断发展，模型的性能还可以不断优化，以适应更加复杂的施工图纸和工程结构。^[5]

2. 语义化规则引擎

语义化规则引擎是工程量智能计算系统的关键部分。通过构建包含 2300+ 条水利工程计量规范的知识图谱^[6]，为系统提供了全面且准确的行业标准知识。在实际应用中，语义化规则引擎能够解析工程相关文本信息，将其与知识图谱中的规范进行匹配和关联。这样，系统在进行工程量计算时，能够依据这些标准规则进行准确的运算和判断。例如，对于不同类型的水利工程结构和施工工艺，引擎可以准确识别并应用相应的计量规范，确保算法输出符合行业标准，从而提高工程造价预测的准确性和可靠性。

（二）造价预测优化模型

1. 多源数据融合预测

整合历史工程数据、物料市场行情、气象水文信息构建预测数据集是多源数据融合预测的关键。历史工程数据能反映过往项目的造价情况及规律，为预测提供基础参考^[7]。物料市场行情数据可帮助了解材料价格波动对造价的影响。气象水文信息对于水

利工程至关重要，其会影响工程的施工难度、周期等，进而影响造价。通过合理的数据采集、清洗和预处理方法，将这些不同来源的数据整合到一起，形成一个全面的预测数据集。利用先进的数据分析技术和算法，挖掘数据集中的潜在关系和模式，从而实现对水利工程造价更为准确的预测。

2. 参数敏感性分析模型

应用 SHAP 值解析技术，通过计算各特征的 SHAP 值，量化其对造价预测结果的贡献度。该技术基于合作博弈理论，将预测结果视为各特征的贡献之和，能够解释复杂模型的输出。例如，在水利工程造价预测中，不同的工程特征如工程规模、地质条件、材料价格等对造价的影响程度不同。通过 SHAP 值解析技术，可以明确各个特征的重要性排序，从而在模型构建和优化过程中，重点关注关键影响因素，提高模型的准确性和可靠性。同时，也有助于造价工程师更好地理解造价形成机制，为造价控制提供科学依据^[8]。

四、典型工程应用与验证分析

（一）混凝土坝工程应用

1. 大体积混凝土温控成本预测

在混凝土坝工程应用中，大体积混凝土温控成本预测至关重要。通过构建温度场 - 应力场耦合的造价模型来实现温控措施费用的动态优化。该模型考虑了混凝土坝在不同施工阶段和环境条件下的温度变化以及由此产生的应力情况。它能够模拟混凝土的水化热过程，预测温度峰值及其出现的时间和位置，进而确定合理的温控措施，如冷却水管的布置、通水时间和流量等。同时，根据不同温控方案对应的应力状态，评估其对混凝土结构安全性的影响，最终实现对温控措施费用的准确预测和动态优化，为混凝土坝工程的造价控制提供科学依据^[9]。

2. 智能浇筑方案优化

开发基于强化学习的浇筑路径规划系统应用于混凝土坝工程浇筑方案优化中。该系统通过对浇筑过程中各类因素的学习和分析，智能规划出最优浇筑路径。在实际应用中，此系统有效减少了不必要的机械移动和等待时间，提高了浇筑效率。同时，由于机械运行更加合理高效，降低了机械损耗和燃料消耗等成本，经实际测算，机械成本降低了 12.7%^[10]。这一成果体现了智能浇筑方案优化在混凝土坝工程中的显著优势，为水利工程建设中的成本控制和提升提供了有力支持。

（二）导流工程成本控制

1. 汛期施工预案生成

在导流工程成本控制及汛期施工预案生成方面，应用时间序列预测技术可有效提升决策科学性。通过对历史数据的分析，预测水位变化趋势，从而动态调整围堰高程。例如，在汛期来临前，依据预测的水位峰值合理确定围堰的加高数值，既能保证施工安全，又避免了过度建设导致的成本增加。同时，根据材料需求的时间序列变化，精准储备材料。如预测到某一阶段施工强度大，提前储备足够的建筑材料，避免因材料短缺导致工期延误带

来的成本上升。这样的应用方式在多个水利工程中得到验证，有效控制了导流工程成本，保障了汛期施工的顺利进行。

2. 风险成本评估模型

融合蒙特卡洛模拟与贝叶斯网络，对极端天气引发的成本偏差进行量化，从而构建风险成本评估模型。蒙特卡洛模拟可通过随机抽样模拟多种可能的天气情况及其对导流工程成本的影响，产生大量模拟结果。贝叶斯网络则能基于已有的工程数据和专家知识，建立变量之间的概率关系，用于分析不同因素对成本偏差的影响程度及相互关系。将两者结合，能够更准确地评估极端天气下导流工程的风险成本。这种方法不仅考虑了天气的随机性，还结合了工程实际情况，为导流工程成本控制提供了科学依据，有助于合理安排预算，降低因极端天气带来的成本风险。

（三）系统应用效能评估

1. 预测精度验证

基于14个已完工程数据进行交叉验证，以评估系统的预测精度。通过对这些工程数据的分析处理，将预测结果与实际总造价进行对比。验证结果显示总造价误差率 $\leq 3.2\%$ ，这表明该人工智能系统在水利工程造价预测方面具有较高的准确性。该误差率在可接受范围内，能够为水利工程的造价估算提供可靠的参考。同时，这也证明了系统所采用的算法和模型的有效性，以及数据处理和特征提取的合理性。此高精度的预测结果为系统在实际工程中的应用奠定了坚实基础，进一步推动了人工智能在水利工程造价预测领域的发展。

2. 人机协同效率分析

在典型工程应用中，对水利工程造价预测进行了验证分析。系统应用效能评估表明，AI在该领域展现出良好性能。就人机协同效率分析而言，通过对比实验发现显著成果。在有AI辅助的情况下，造价师的工作效率大幅提升，达到了2.8倍。这主要得益于AI强大的数据处理和分析能力，它能够快速处理大量的工程数据，为造价师提供准确的参考信息。同时，造价师凭借自身的专业知识和经验，对AI的结果进行进一步的判断和调整，二者相辅相成，实现了高效的协同工作，从而在水利工程造价预测中取得了更好的效果，为工程的顺利开展提供了有力保障。

五、总结

人工智能AI在水利工程造价预测中具有重要应用及发展前景。研究表明，AI技术能有效提升预测精度和时效性，其通过构建BIM-AI融合平台，达成工程数据全要素整合与动态控制。这为水利工程造价管理带来了新的方法和手段。然而，目前的应用仍存在一定的局限性。未来需要在多个方面深化研究，例如加强流域级造价知识库建设，这有助于积累更多数据和经验，提高造价预测的准确性；同时推进多智能体协同决策研究，使决策更加科学合理。通过这些努力，有望推动AI技术在水工成本管理中实现普适化应用，从而更好地服务于水利工程建设。

参考文献

- [1] 方贞燕. 人工智能(AI)技术在甲状腺结节超声诊断应用中的评价[D]. 福建医科大学, 2021.
- [2] 王德美. 基于数据挖掘的住宅工程造价预测研究[D]. 烟台大学, 2021.
- [3] 刘梦瑶. 基于数据挖掘的建筑工程造价预测与偏差风险评估[D]. 华东交通大学, 2023.
- [4] 陈俞彤. 银行营业网点装饰工程造价预测研究[D]. 苏州科技大学, 2021.
- [5] 范淑倩. 基于Stacking融合的高层住宅工程造价预测研究[D]. 烟台大学, 2022.
- [6] 张利忠. 人工智能在水利工程管理中的应用探讨[J]. 科教导刊-电子版(上旬), 2021(5): 287-288.
- [7] 丁万峰. 人工智能在水利工程管理中的应用[J]. 新农业, 2022(24): 97.
- [8] 刘爽. 机器学习在预测公路工程造价中的应用分析[J]. 黑龙江科学, 2022, 13(14): 28-31.
- [9] 吴菲. 人工智能(AI)在商务日语教学中的应用探析[J]. 科技视界, 2023(5): 133-136.
- [10] 田闯. 人工智能(AI)在高校收费工作中的应用[J]. 经济研究导刊, 2021(16): 102-104.