

人工智能技术在建筑工程造价估算中运用分析

王志能 陈敏帅

浙江省建投交通基础建设集团有限公司 浙江 杭州 310012

【摘要】：建筑工程造价估算是项目决策与成本管控的核心，传统方式效率低、精度不足、协同性差，难以适配行业数字化转型。结合建筑工程行业特点，本文阐述人工智能技术在造价估算中的应用原则，涵盖数据质量优先、模型动态优化、人机协同互补三大核心；构建标准化数据仓库，搭建智能迭代预测模型，开发人机协同作业平台，建立造价风险指标矩阵；分析应用成效，发现人工智能可提升数据治理效率，优化估算精度，改善项目协同管理水平。研究为建筑工程造价估算智能化升级提供理论参考与实践路径，助力行业实现成本管控与高效发展。

【关键词】：人工智能；建筑工程；造价估算；数据治理；人机协同

DOI:10.12417/2811-0528.26.11.057

引言

建筑行业数字化、智能化转型持续加速，传统经验与定额导向的造价估算方式，已难应对大型复杂项目的多源数据异构、价格频繁波动、设计多样变更等挑战，常出现估算偏差大、效率低、风险防控欠缺等问题，制约项目成本管控质量与决策科学性。人工智能技术具备强大的数据处理、模式识别与动态迭代能力，为造价估算提供全新解决方案。基于建筑工程造价估算实际需求，本文探讨其应用原则、具体策略及成效，破解传统估算痛点，推动造价估算从经验驱动转向数据驱动，为建筑工程成本管控提供高效精准的技术支撑，助力行业高质量发展。

1 人工智能技术在建筑工程造价估算中的应用原则

1.1 数据质量优先原则

建筑工程造价估算依托海量异构数据，涵盖历史项目清单报价、材料价格波动曲线、图纸构件参数及施工工艺标准，数据完整性、准确性与时效性直接决定人工智能模型预测精度。建筑工程数据时空属性显著，不同地域材料价格、不同时期定额标准差异明显，数据清洗环节若无法有效甄别与校准这类变量，会大幅削弱模型泛化能力，难适配多样化项目场景^[1]。原始数据中的缺失值、异常值与统计偏差，会直接导致模型输出错误预测结果，造价估算的人工智能应用中，需将数据质量置于首位，规范数据采集、清洗与校准流程，为模型运算提供可靠基础。

1.2 模型动态优化原则

建筑行业价格体系受市场供需、政策调控、技术革新等多重因素影响，呈现高频波动特征，钢材、水泥等大宗建材月度价格波动幅度可达5%，人工成本随区域劳动力供需与用工政策调整产生结构性变化。静态模型无法适配这类动态变化，长

期使用会导致预测偏差持续累积，大型长工期项目中甚至出现成本预测失效。装配式建筑、3D打印等新型建造工艺改变传统工料消耗模式，绿色建筑标准升级催生新成本构成要素，政策法规中增值税税率、劳保费用计提标准调整重构造价计算规则，静态模型难以自动响应这些变革。定期对模型进行迭代训练与参数校准，持续融入新的市场、技术与政策数据，才能保障造价估算结果的时效性与准确性。

1.3 人机协同互补原则

机器学习算法拥有强大的数据处理与模式识别能力，能高效分析海量历史造价数据，捕捉工程特征与成本变量间的非线性关系，却依赖预设规则与训练数据，难应对突发政策变动、区域性建材市场异常波动、新型工艺首次应用等超出经验范畴的特殊场景。造价工程师凭借长期行业认知、地缘经验与专业直觉，可识别地域施工难度、人文环境等数据无法体现的隐性风险，填补算法在情境理解上的空白^[2]。人机协同核心是优势互补，人工智能完成大规模数据处理与规律挖掘，人类工程师负责非常规因素判断与复杂情境解读，提升造价估算的准确性与可靠性。

2 人工智能技术在建筑工程造价估算中的应用策略

2.1 构建标准化数据仓库

建筑工程造价涉及的地质勘察数据、BIM设计图纸、建材价格信息、施工进度记录等多源数据易形成信息孤岛，引发分析误差，需搭建标准化数据仓库实现数据统一治理。数据划分为基础、地质、设计、建材、施工工艺、政策等八大类别，基础数据涵盖建筑面积、层数等核心指标，地质数据整合钻孔样本的土层分布与承载力参数，设计数据提取BIM模型中的构件信息，建材数据建立区域实时价格库，同步更新数百种建材市场价格，政策数据对接当地人工单价与费率标准。采用ETL技术完成数据清洗与整合，借助Python的Pandas库剔除空缺

失率无效字段，通过 k 近邻算法填充剩余缺失值，为智能模型提供标准化、高质量的训练样本。

2.2 搭建智能迭代预测模型

工期内建材价格波动、设计变更频发，需搭建具备实时迭代能力的智能预测模型。选用 XGBoost 算法构建核心模型，依托同类项目历史数据开展特征工程，提取建筑面积、层数、基础类型等关键特征，对非数值型特征进行独热编码与数据标准化，按比例划分训练集、验证集与测试集，通过交叉验证优化参数。建立实时迭代机制，绑定建材价格波动与设计变更信息，触发阈值后自动完成模型增量训练，引入集成学习策略，将 XGBoost 与长短期记忆网络、随机森林模型加权融合，动态调整各模型权重，提升模型应对市场波动与设计变更的预测稳定性（见图 1）。

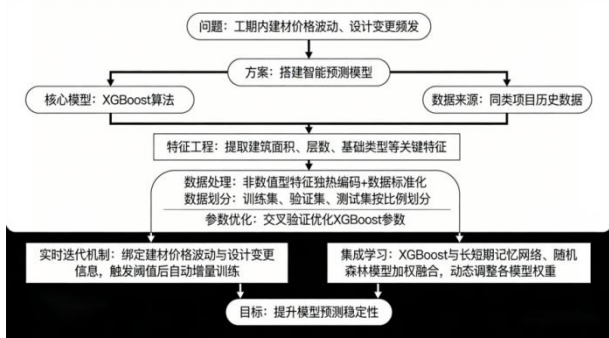


图 2 搭建智能迭代预测模型

2.3 开发人机协同作业平台

实现人工智能模型输出与工程师经验融合，满足多专业团队协同作业需求，需开发统一的人机协同作业平台。平台以 Vue.js 与 SpringCloud 框架搭建，采用浏览器/服务器结构，设置数据可视化、模型交互、协同审批、知识管理四大核心模块，通过 ECharts 展示成本构成与进度偏差，实现异常预警，支持工程师手动调整模型参数，借助 SHAP 值查看特征贡献度，集成电子签章与三级审批流程，提升变更处理效率，利用词频-逆文档频率算法实现历史案例快速检索。平台部署于私有云环境，配置精细化角色权限，保障数据安全与协同流畅。

参考文献：

- [1] 周强.人工智能在建筑工程项目管理中的应用探讨[J].城市建设,2025,(26):50-52.
- [2] 范思祥.智能化技术在建筑工程设计中的创新应用研究[J].中国房地产业,2025,(32):138-141.
- [3] 郑国和.人工智能技术赋能建筑工程管理策略探究[J].新城建科技,2025,34(10):178-180.

3 人工智能技术在建筑工程造价估算中的应用成效

3.1 数据治理效率显著提升

标准化数据仓库构建彻底解决多源异构数据统一治理难题，ETL 技术清洗整合后，项目数据完整度较初始水平大幅提升。地质勘察数据与 BIM 构件信息结构化整合，支撑基础工程、幕墙系统等细分模块成本测算。采用 Hadoop 分布式存储框架承载全周期项目数据，借助 MapReduce 并行计算技术，大幅压缩数据查询响应时间，保障模型实时迭代的数据时效性，实现造价数据从分散、无序到集中、规范的高效管理，为后续智能运算筑牢数据根基。

3.2 造价估算精度有效优化

智能迭代预测模型的动态优化机制，大幅提升造价估算的适应性与精准度。核心模型结合集成学习策略，初始测试误差控制在较低水平，每日增量训练机制快速响应设计变更与材料价格波动，将整体预测误差稳定在合理区间。细分工程成本预测误差进一步降低，相较于传统估算方式，能精准捕捉成本变量的动态变化与非线性关系，避免人工估算的经验偏差与滞后性，让造价估算从经验判断转向数据驱动，提升估算结果的可信度。

3.3 项目协同管理水平改善

人机协同作业平台重塑造价管理协同模式，数据可视化模块直观呈现成本构成，提升管理层决策效率^[3]。模型交互模块实现算法输出与人工经验深度融合，工程师可凭专业判断优化模型参数与成本方案。协同审批模块大幅缩短设计变更周期，跨部门协作效率明显提升。知识管理模块的案例检索功能，替代传统市场调研，缩短同类造价方案的确定耗时。

4 结语

人工智能技术在建筑工程造价估算中的应用，是行业数字化转型的必然趋势，破解传统估算模式中数据治理难、估算精度低、协同效率差等核心痛点。本文明确的三大应用原则为技术落地提供方向指引，提出的三大应用策略构建全流程智能化估算体系，应用成效显示其可实现数据治理、估算精度与协同管理的全面提升。技术应用需兼顾行业特殊性，持续优化数据标准化水平与模型适配能力，深化人机协同融合。