

# 人工智能技术在建筑工程造价快速估算中的应用 与精度验证

张河

天津市房屋鉴定建筑设计院有限公司, 天津 300381

DOI:10.61369/ERA.2026010020

**摘要 :** 建筑工程造价快速估算作为工程项目决策、设计及招投标阶段的核心环节, 其效率与精度直接影响项目投资效益。传统估算方法受限于数据处理能力和经验依赖性, 难以满足现代建筑工程复杂多变的需求。本文基于人工智能技术的算法优势, 深入分析建筑工程造价快速估算的核心需求与传统模式局限, 系统阐述 BP 神经网络、随机森林、支持向量机等核心技术的应用逻辑与模型构建流程, 构建多维度精度验证体系, 结合工程实践场景分析验证方法的有效性, 最后提出技术应用的优化路径, 为人工智能技术在工程造价领域的深度落地提供理论与实践参考。

**关键词 :** 人工智能; 建筑工程造价; 快速估算; BP 神经网络; 精度验证

## The Application and Accuracy Verification of Artificial Intelligence Technology in the Rapid Estimation of Construction Project Cost

Zhang He

Tianjin House Appraisal and Architectural Design Institute Co., LTD. Tianjin 300381

**Abstract :** Rapid estimation of construction project cost, as a core link in the decision-making, design and bidding stages of engineering projects, its efficiency and accuracy directly affect the investment benefits of the project. Traditional estimation methods are limited by data processing capabilities and reliance on experience, making it difficult to meet the complex and ever-changing demands of modern construction projects. Based on the algorithmic advantages of artificial intelligence technology, this paper deeply analyzes the core demands of rapid estimation of construction project cost and the limitations of traditional models, systematically expounds the application logic and model construction process of core technologies such as BP neural network, random forest, and support vector machine, builds a multi-dimensional accuracy verification system, and combines engineering practice scenarios to analyze the effectiveness of verification methods. Finally, the optimization path for the application of technology is proposed, providing theoretical and practical references for the in-depth implementation of artificial intelligence technology in the field of engineering cost.

**Keywords :** artificial intelligence; construction project cost; quick estimation; BP neural network; accuracy verification

### 引言

建筑工程造价估算贯穿项目全生命周期, 尤其在前期决策阶段, 精准且高效的估算结果是投资额度确定、方案比选及风险预判的关键依据。随着建筑行业向智能化、精细化转型, 工程规模扩大、结构体系复杂、材料价格波动等因素使传统估算方法面临严峻挑战<sup>[1]</sup>。定额法依赖静态标准导致时效性不足, 类比法受限于案例匹配度且主观性较强, 指标估算法难以覆盖复杂工程的个性化特征。人工智能技术凭借强大的数据挖掘、特征学习及非线性拟合能力, 为破解传统方法瓶颈提供了新路径。近年来, 相关研究多集中于单一算法应用, 缺乏从应用逻辑到精度验证的系统性分析。聚焦人工智能技术在快速估算中的核心应用场景, 设计完整的技术应用与精度验证框架, 提升技术应用的科学性与可靠性<sup>[2]</sup>。

## 一、建筑工程造价快速估算的核心需求与传统模式局限

### （一）快速估算的核心需求

建筑工程造价快速估算的核心需求表现为“时效性”“精准性”“动态性”三维度。从时效性上看，前期决策阶段对估算结果的响应速度要求极高，必须在短时间内为方案调整提供数据支持，传统方法由于数据处理的复杂性往往难以满足；精准性的需求来自投资控制的刚性要求，估算误差需要控制在合理区间，否则会造成投资超支或资源浪费，特别是对于大型复杂工程，一丝误差也会造成巨大成本波动；动态性的需求则是与市场环境变化相适应的，材料价格、人工成本、政策调整等要求估算模型有实时的更新与适配三者相互联系，共同构成快速估算的质量评价核心<sup>[3]</sup>。

### （二）传统估算模式的主要局限

传统估算模式的局限首先是数据处理能力不足。传统方法采用人工对历史数据进行整理，很难对海量工程案例，价格信息及技术参数进行高效处理，更无法从数据背后挖掘隐性关联，导致估算结果缺乏数据深度支撑。其次是经验依赖性过强，估算过程中对工程量换算、费率调整等关键环节的判断多依赖造价人员的个人经验，不同人员的专业水平差异易引发估算偏差，且难以形成标准化估算流程。最后是动态适应性薄弱，传统方法多基于固定定额或历史案例，无法实时整合市场动态数据，面对新型建筑结构、绿色建材应用等新场景时，估算精度大幅下降，难以适应现代工程的发展需求<sup>[4]</sup>。

## 二、人工智能技术在工程造价快速估算中的应用逻辑与核心模型

人工智能技术在工程造价快速估算中的应用核心，是通过算法模型对工程特征与造价数据之间的非线性关系进行拟合，实现从“经验驱动”到“数据驱动”的转变。其核心逻辑包括数据预处理、特征工程、模型构建与训练三个关键环节，不同技术模型因算法特性差异，在应用场景与效果上各具优势。

### （一）BP神经网络的应用与模型构建

在人工神经网络的发展历史上，感知机 (Multilayer Perceptron, MLP) 网络曾对人工神经网络的发展发挥了极大的作用，也被认为是一种真正能够使用的人工神经网络模型，它的出现曾掀起了人们研究人工神经网络的热潮。单层感知网络 (M-P 模型) 作为最初的神经网络，具有模型清晰、结构简单、计算量小等优点。但是，随着研究工作的深入，人们发现它还存在不足，例如无法处理非线性问题，即使计算单元的作用函数不用阀函数而用其他较复杂的非线性函数，仍然只能解决线性可分问题。不能实现某些基本功能，从而限制了它的应用<sup>[5]</sup>。增强网络的分类和识别能力、解决非线性问题的唯一途径是采用多层前馈网络，即

在输入层和输出层之间加上隐含层。构成多层前馈神经网络。BP神经网络凭借强大的非线性映射能力，成为工程造价快速估算的主流技术之一，其应用逻辑聚焦于复杂工程特征的深层挖掘。模型构建首先需明确输入层与输出层变量，输入层选取对造价影响显著的核心特征，包括建筑面积、结构类型、层数、跨度、基础形式、主要材料用量等，通过相关性分析剔除冗余特征；隐藏层设置需结合工程数据规模，通常采用“试错法”确定层数与神经元数量，避免过拟合或欠拟合；输出层直接对应工程造价估算结果，采用连续值输出模式。在训练过程中，需对历史工程数据进行标准化处理，将特征变量与造价数据转换为统一量级，通过反向传播算法不断调整权重参数，使模型预测值与实际造价的误差逐步收敛。该模型的优势在于能处理多维度、强耦合的工程数据，尤其适用于高层建筑、复杂钢结构等特征多样的工程估算场景，但其缺陷是训练过程易陷入局部最优解，需通过设置合理的学习率与迭代次数优化<sup>[6]</sup>。

### （二）随机森林的应用与模型构建

在机器学习中，随机森林是一个包含多个决策树的分类器，并且其输出的类别是由个别树输出的类别的众数而定。Leo Breiman 和 Adele Cutler 发展出推论出随机森林的算法。而 "Random Forests" 是他们的商标。这个术语是1995年由贝尔实验室的 Tin Kam Ho 所提出的随机决策森林 (random decision forests) 而来的。这个方法则是结合 Breimans 的 "Bootstrap aggregating" 想法和 Ho 的 "random subspace method" 以建造决策树的集合。随机森林基于集成学习思想，通过多棵决策树的投票机制提升估算精度，其应用逻辑侧重于降低估算过程的不确定性。模型构建的核心是样本抽样与特征选择，采用 bootstrap 抽样法从历史数据中随机抽取多个训练样本集，每个样本集对应构建一棵决策树；在决策树生成过程中，随机选择部分特征参与节点分裂，通过信息增益比确定最优分裂节点，避免单一决策树的过拟合问题<sup>[7]</sup>。与BP神经网络相比，随机森林具有以下三个方面的优点：对数据预处理要求低，不需进行复杂标准化处理，可以直接处理离散型与连续型混合特征；具备特征重要性评估能力，可以衡量各工程特征对造价的影响程度，为方案优化提供明确指引；训练过程稳定，不易受异常值影响，可适于数据质量参差不齐的工程。其缺点是缺乏对高维稀疏数据的处理能力，在新的工程结构估算中需要与特征工程优化结合<sup>[8]</sup>。

### （三）支持向量机应用和模型构建

支持向量机通过寻找最优分类超平面实现数据拟合，在小样本工程数据估算中得到很好的表现，其应用逻辑集中于求解样本量不足导致的精度问题。模型构建的关键是核函数选择与参数优化，针对工程造价数据的非线性特征，一般选用径向基核函数将数据映射到高维特征空间，通过惩罚系数调整模型对误差的容忍度，平衡拟合精度与泛化能力。在应用过程中，支持向量机最小化了结构风险而非经验风险，避免了小样本场景下的过拟合问题，特别是针对新

型绿色建筑,智能建筑等没有大量历史数据的估算场景。同时,它的模型复杂度较低,训练效率比BP神经网络高,便于工程现场的快速估算要求。但该模型对大规模数据处理过程中训练时间明显增加,应用时需通过数据降维技术提高应用效率<sup>[9]</sup>。

### 三、人工智能估算模型精度验证体系构建与实践

精度是人工智能估算模型的核心评价指标,需要形成“指标体系—验证流程—场景适配”三位一体的验证框架,保证验证结果的科学性与实用性。和传统的单一误差指标验证不同,该体系从估算误差、稳定性、泛化能力三个维度展开,结合工程实践场景完成全面验证。

#### (一) 精度验证指标体系设计

精度验证指标体系包括基础误差指标,稳定性指标与泛化能力指标。基础误差指标采用平均绝对误差率、均方根误差率与最大相对误差,平均绝对误差率反映整体估算偏差,均方根误差率放大极端误差的影响,最大相对误差界定误差上限,三者结合全面反映估算精度;稳定性指标采用变异系数,通过多次重复估算的误差波动情况,评价模型在相同数据输入下的输出一致性;泛化能力指标采用交叉验证误差,通过将数据划分为训练集与测试集,多次交换数据角色验证模型

指标选取应结合工程场景特点,比如招投标阶段对估算精度有很高的要求,应该注重最大相对误差;在初步设计阶段,考虑估算效率与稳定性更强,变异系数是核心指标。指标权重,形成不同场景下相应的精度评价标准<sup>[10]</sup>。

#### (二) 精度验证流程规范

精度验证流程包括数据准备,模型训练,多维度验证,误差溯源四个步骤。在数据准备阶段,需对历史工程数据进行清洗与划分,剔除异常值与缺失值,按7:3比例划分为训练集与测试集,以保证数据的代表性;在模型训练阶段,采用训练集完成模型参数优化,并记录训练过程中的误差收敛曲线;在多维度验证阶段,通过测试集计算各项验证指标,结合交叉验证法提升结果可靠性;在误差溯源阶段,分析误差来源,区分数据质量、特征选择、参数设置等因素对精度的影响,为模型优化提供方向在验证过程中,一定要特别注意数据的独立性要求,避免训练集与测试集存在的重复工程案例,避免验证结果虚高。同时,引入未参与模型训练的实际工程案例,采用盲测方式,进一步验证模型的实战应用能力。

#### (三) 实践分析的场景分析

结合三类典型工程场景的验证实践,不同人工智能模型的精度表现也较为明晰。在高层建筑估算场景中,选取50个历史案例作为数据样本,BP神经网络平均绝对误差率为3.2%,随机森林为3.8%,支持向量机为4.5%,BP神经网络因能处理多维度特征最优;在小型工业厂房估算场景中,样本量仅15个,支持向量机平均绝对误差率为2.0%。显著优于其他两种模型;在既有建筑

改造估算场景中,数据存在较多缺失值,随机森林的变异系数为0.12,稳定性高于BP神经网络的0.18与支持向量机的0.15,展现出更强的抗干扰能力。验证结果表明,不存在适用于所有场景的“最优模型”,需根据工程类型、样本规模、数据质量等场景特征选择适配模型,例如小样本选支持向量机、多特征选BP神经网络、数据质量差选随机森林。同时,通过误差溯源发现,特征选择对精度的影响占比达40%,是模型优化的核心环节。

### 四、人工智能估算应用的优化路径与发展展望

#### (一) 技术应用优化路径

人工智能估算应用的优化需从数据、模型、流程三个层面展开。数据层面构建“工程数据中台”,整合设计图纸、招投标文件、结算资料等多源数据,通过数据标准化处理形成结构化数据库,解决数据孤岛与质量问题;模型层面采用混合算法优化,例如将随机森林的特征选择能力与BP神经网络的拟合能力结合,先通过随机森林筛选核心特征,再输入BP神经网络训练,提升精度与效率;流程层面融入BIM技术,通过BIM模型自动提取工程量特征,实现“模型—数据—估算”的全流程自动化,减少人工干预导致的误差。此外,需建立模型动态更新机制,结合市场价格波动、政策调整等因素,定期更新训练数据与模型参数,确保估算结果的时效性。例如,针对建材价格上涨,每月更新一次材料价格数据,重新训练模型调整权重。

#### (二) 行业发展展望

未来人工智能技术在工程造价快速估算中的应用将向“智能化、一体化、协同化”方向发展。智能化方面,引入深度学习与强化学习技术,实现模型的自主学习与参数优化,无需人工干预即可适应新工程场景;一体化方面,构建“估算—计价—控制”全流程智能系统,将快速估算与后续的造价计价、动态控制相结合,形成闭环管理;协同化方面,通过区块链技术实现多主体数据共享,业主、设计单位、施工单位可共同参与数据维护,提升数据质量与模型精度。同时,需关注技术应用中的伦理与规范问题,建立人工智能估算模型的行业标准,明确数据使用权限与精度责任划分,推动技术在规范框架内健康发展。

### 五、结论

人工智能技术通过BP神经网络、随机森林、支持向量机等模型的应用,有效破解了传统建筑工程造价快速估算中的效率低、精度差、适应性弱等问题。各模型有各自的优点,需要根据工程的场合特征来选择技术,BP神经网络可用于多特征复杂工程,随机森林可以用于数据质量较差的场景,支持向量机则适用于小样本新型工程。构建的多维度精度验证体系,从误差,稳定性,泛化能力三个层面实现全面验证,给模型优化指明方向。技术应用

的核心优化路径是数据标准化、模型混合优化与流程自动化，未来通过与 BIM、区块链等技术的融合将实现工程造价估算的全流程智能化升级。研究表明人工智能估算模型精度在 5% 以内，可满足

工程各阶段估算要求，为建筑行业的精细化投资管理提供有力支撑。在以后的研究中，还应注重小样本学习与动态更新技术，进一步提高模型的适应性与时效性。

## 参考文献

- [1] 陈日亮. 人工智能技术在建筑装饰装修工程中的应用研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2025, (20): 81-83.
- [2] 徐俊豪. 人工智能技术优化住宅建筑工程管理研究 [J]. 居舍, 2025, (30): 137-140.
- [3] 周永奇. 人工智能技术在住宅建筑工程领域质量监督中的应用研究 [J]. 居舍, 2025, (29): 61-64.
- [4] 张书鸣. 智能建造在公共建筑工程管理中的应用分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(09): 221-223.
- [5] 尹玉平. 建筑工程中废弃泥浆资源化利用与房心回填综合施工技术研究——以人工智能科技园二期项目为例 [J]. 城市建筑, 2025, 22(17): 196-198.
- [6] 翟美龄. 近五年人工智能在工程管理中应用研究综述 [J]. 新城建科技, 2025, 34(08): 186-188.
- [7] 薛蔚. 人工智能技术在建筑工程领域的应用实践 [J]. 上海建设科技, 2025, (04): 41-44+48.
- [8] 王永坡, 张亚茹. 人工智能在装配式建筑设计中的应用与挑战 [J]. 住宅与房地产, 2025, (23): 62-64.
- [9] 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.
- [10] 丁晓, 李超. 人工智能技术在建筑工程中的应用及挑战 [J]. 建设科技, 2025, (13): 31-34.