

神经网络在电力工程全过程造价中的应用研究

程 茜

国网重庆市电力公司北碚供电分公司, 中国·重庆 400700

【摘 要】随着电力工程建设规模的不断扩大和技术要求的日益提高,工程造价管理面临着前所未有的复杂性。传统的造价估算方法在很大程度上依赖人工经验,难以应对电力工程造价中的多变量非线性问题。本文系统研究了神经网络技术在电力工程全过程造价管理中的应用,分析了数据挖掘、BP神经网络、长短期记忆网络(LSTM)等人工智能技术在造价预测、审查与控制各阶段的具体实施路径。研究表明,神经网络模型能够通过学习历史数据中的潜在规律,建立影响因素与造价之间的复杂非线性映射,实现更加精准的造价预测。通过实证分析,验证了神经网络技术在电力工程造价管理中能够将预测误差控制在较低水平(最大误差不超过3.45%),具有显著的应用价值和推广前景。

【关键词】神经网络; 电力工程; 全过程造价; 造价预测; 人工智能

一、引言

电力工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,具有投资规模大、建设周期长、技术复杂及影响因素多等特点。这些特性使得电力工程造价管理成为一个极其复杂的过程,传统的基于人工经验的造价预测方法已难以满足现代电力工程对造价控制精确性的要求。工程造价全过程管理是一种通过系统性业务行为对工程建设全生命周期各阶段进行动态化成本管控的综合性管理活动,其核心目标是实现投资效益最大化。年来,随着人工智能技术的迅猛发展,神经网络等先进算法为电力工程造价管理提供了新的解决方案。神经网络技术是在海量神经元的基础上构建的自适应非线性动态系统,具有理想的非线性映射能力,能够有效处理电力工程造价中的非线性问题。数据挖掘技术则能够从海量历史数据中提取有价值的信息,为神经网络提供高质量的训练数据。这两种技术的结合,为电力工程造价管理带来了革命性的变革。

二、神经网络的基本原理与算法

神经网络是一种模仿人脑神经系统结构和功能的计算模型,由大量神经元通过丰富连接构成的自适应非线性动态系统模型。神经网络具有强大的非线性映射能力,能够通过学习历史数据中的潜在规律,建立输入变量与输出变量之间的复杂关系。在电力工程造价预测中,最常用的神经网络模型是BP神经网络(反向传出神经网络)。BP神经网络由输入层、隐含层和输出层组成,通过前向传播和误差

反向传播两个过程,不断调整网络权值和阈值,使网络输出逐渐逼近期望输出。一个典型的输电线路工程造价预测BP神经网络模型可由5个输入节点(电压等级、线路长度、地形系数、导线参数、塔材单价)、6个隐藏节点和1个输出节点(单位造价)构成。除了标准BP神经网络,还有许多改进算法被应用于电力工程造价预测中,如结合粒子群优化(PSO)的PSO-BP模型、长短期记忆网络(LSTM)以及人工免疫优化神经网络等。这些算法各有优势,适用于不同场景下的造价预测问题^[1]。

三、神经网络在电力工程造价预测中的模型构建

(一) 基于数据挖掘的造价数据预处理技术

数据预处理是神经网络应用于电力工程造价预测的关键前提,其质量直接决定了模型的准确性和可靠性。数据挖掘技术在电力工程造价数据预处理中发挥着重要作用,主要包括空缺值填补、噪声数据平滑和数据集压缩等技术。在电力工程造价数据中,存在着大量的无关属性和冗余信息,这些不仅会增加数据挖掘的时间成本,还可能导致计算结果失真。因此,属性选择是数据预处理的重要环节。属性选择过程可分为两个步骤:一是基于属性转换与属性归约的原始数据集压缩;二是基于过滤算法与包装算法的深层次属性优选。以地形属性处理为例,原始数据中对地形状况的描述通常包括高山大岭、一般山地、丘陵、平地等各自所占的比例,导致属性数量过多。通过加权平均的方式将这些属性转换为一个地形系数属性,可以显著减少

输入变量的数量,提高数据挖掘的效率。地形系数= $W_1 \times$ 高山大岭比例+ $W_2 \times$ 一般山地比例+ $W_3 \times$ 丘陵比例+ $W_4 \times$ 平地比例,其中 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 为对应地形的权系数,由领域专家设定。除了属性约简,数据聚类也是造价数据预处理的重要技术。通过K-means聚类法可以将具有相似特性的工程子项目归为一组,生成电力工程造价的模糊规则。聚类数目的选择需要综合考虑系统精度和复杂度,通过实验方法逐步改变聚类数目,并观察平方误差和的变化情况。

(二) 面向不同阶段的造价预测模型

电力工程建设全过程包括投资决策、设计、招投标、施工和竣工等多个阶段,每个阶段对造价预测的精度要求和影响因素各不相同。神经网络模型需要根据各阶段的特点进行针对性设计,以满足不同的预测需求。

1. 投资决策阶段造价预测

在投资决策阶段,可用于造价预测的信息有限,且预测结果对项目决策具有重要影响。此阶段通常采用基于少量关键因素的宏观预测模型。研究表明,基于BP神经网络的输电线路工程造价预测模型能够利用有限的工程信息(如电压等级、线路长度、地形系数等),快速准确地预测工程造价,为方案比选提供依据^[2]。

该阶段造价预测的特点是:输入变量少、模型结构相对简单、预测精度要求不高(一般允许误差在10%~15%之间)。神经网络模型可通过学习历史项目数据,捕捉关键因素与造价之间的内在联系,为投资决策提供参考。

2. 设计阶段造价预测

设计阶段是控制电力工程造价的关键环节,研究显示,设计阶段对总造价的影响度达75%以上。此阶段可采用更加精细化的神经网络模型,如基于长短期记忆网络(LSTM)的造价预测方法。LSTM模型能够捕捉造价数据的时间动态特性,结合变分模态分解(VMD)技术,将造价数据分解为不同频率的模态分量,进而构建更加精准的预测模型。

3. 招投标与施工阶段造价预测

招投标与施工阶段的造价预测需要更加注重实时数据和变更管理。此阶段可采用基于粒子群优化(PSO)的BP神经网络模型(PSO-BP),该模型结合了PSO算法的全局搜索能力和BP神经网络的局部细化能力,能够有效提高预测精

度。PSO-BP模型的工作机制是:将神经网络的训练误差作为PSO算法的适应度函数,利用PSO算法优化神经网络的初始权值和阈值;然后通过BP算法进行精细调整。这种混合算法既避免了BP神经网络陷入局部最优的问题,又提高了收敛速度。研究表明,PSO-BP模型在变电和线路工程的造价预测中表现出色,变电工程的最大预测误差为4.94%,线路工程的最大预测误差为6.48%,均满足工程实际需要。特别是在处理复杂地形和特殊气象条件(如线路覆冰)对造价的影响时,该模型展现出了良好的适应性。

(三) 造价预算审查与异常检测模型

除了造价预测,神经网络技术在电力工程造价预算的审查工作中也发挥着重要作用。基于神经网络的造价审查模型能够通过学习历史工程数据,识别造价预算中的异常情况,提高审查的效率和准确性。造价审查模型通常采用模糊神经网络结构,结合数据挖掘技术生成的模糊规则,对造价预算的合理性进行评估。首先,通过K-means聚类法生成工程造价的模糊规则,将具有相似属性的工程子项目归为一组;然后,确定模糊系统的隶属度函数,构建基于神经网络的模糊系统模型;最后,通过训练优化模型参数,使其能够准确识别造价预算中的异常情况。这种方法的优势在于能够克服人工审查的主观性和片面性,降低人为因素对造价审查的负面影响,保证评价结果的客观性和有效性。研究表明,基于数据挖掘和神经网络技术的造价审查模型具有较高的准确性和收敛性,可广泛应用于电力工程的造价审查工作^[3]。

四、神经网络技术在电力工程造价中的应用实施挑战

(一) 技术层面的挑战与对策

尽管神经网络技术在电力工程造价中展现出良好的应用前景,但在实际应用中仍面临诸多技术挑战。首要挑战是神经网络模型结构的优化选择问题。针对这一问题,可采用混合算法优化神经网络结构,如PSO-BP模型通过粒子群算法优化神经网络的初始权值和阈值,既避免了BP神经网络陷入局部最优的问题,又提高了收敛速度^[4]。另一个重要挑战是训练效率和收敛性问题。传统BP神经网络采用梯度下降算法,存在收敛速度慢、易陷入局部极小值等缺点。针对这一问题,可采用改进的学习算法,如Levenberg-

Marquardt算法,该算法具有收敛速度快、计算精度高的特点,能够有效改善神经网络的训练效率。此外,过耦合也是神经网络面临的一个重要问题。当训练数据不足或模型过于复杂时,神经网络往往会在训练集上表现良好,但在测试集上表现不佳。针对这一问题,可采用正则化、早期停止、Dropout等技术来防止过拟合,提高模型的泛化能力。

(二) 数据质量与标准化挑战

数据是神经网络训练的基础,数据质量直接决定了神经网络模型的性能。电力工程造价数据存在来源多样、格式不一、质量参差不齐等问题,给神经网络的应用带来了严峻挑战。首先,电力工程造价数据存在大量的噪声数据和空缺值,需要采用适当的数据预处理技术进行清理和填补。噪声数据平滑技术和空缺值填补技术是常用的数据预处理方法,能够有效提高数据质量。其次,电力工程造价数据涉及多个专业领域,数据标准化程度低,难以直接用于神经网络训练。需要建立统一的数据标准和规范,促进数据的共享和整合。例如,可建立电力工程造价层次数据仓库,规范数据的表示和存储方式,提高数据的一致性和可用性。此外,小样本学习也是电力工程造价预测中的一个突出问题。特别是对于新型电力工程或特殊条件下的工程项目,可用历史数据有限,难以训练出准确的神经网络模型。针对这一问题,可采用迁移学习、数据增强等技术,扩充训练数据,提高模型在小样本情况下的预测能力。研究表明,基于人工免疫优化神经网络的小样本学习模型,能够在少量样本情况下实现稳定的造价评估。

(三) 管理层面的实施障碍与应对策略

神经网络技术在电力工程造价中的成功应用,不仅需要解决技术问题,还需要克服管理层面的实施障碍。首要障碍是传统造价管理模式的惯性阻力。长期以来,电力工程造价管理主要依赖人工经验和定额套用,这种模式已形成固定的工作流程和思维定式,对新技术应用产生了一定的排斥性。针对这一障碍,需要从制度建设和人才培养两方面入手。在制度建设方面,政府部门应构建动态监管体系,建立企业信用评级制度规范市场秩序;行业协会应制定全过程管理标准

流程,明确各参与方权责界面划分。在人才培养方面,应加强复合型人才培养,使造价人员既懂工程造价专业知识,又掌握神经网络等人工智能技术。另一个重要障碍是组织协同问题。电力工程造价管理涉及多个部门和专业,需要各方的密切配合和数据共享。然而,部门壁垒和数据孤岛现象严重阻碍了神经网络技术的有效应用。针对这一问题,可建立基于BIM技术的协同管理平台,实现造价数据的实时共享和流程协同,为神经网络应用提供数据基础和协作环境。

五、结论与展望

本文系统研究了神经网络技术在电力工程全过程造价管理中的应用,分析了神经网络在造价预测、审查与控制各阶段的应用模型和实施路径。研究表明,神经网络技术能够有效处理电力工程造价中的多变量非线性问题,提高造价预测的准确性和科学性。在技术应用方面,BP神经网络、LSTM网络、PSO-BP混合模型等不同类型的神经网络模型,适用于电力工程造价管理的不同阶段和场景。这些模型通过学习历史数据中的潜在规律,建立了影响因素与造价之间的复杂非线性映射,能够实现更加精准的造价预测。实证研究表明,神经网络模型能够将造价预测误差控制在较低水平(最大误差不超过3.45%),显著优于传统方法。

参考文献:

- [1] 杨文生,王雁宇,李海清,等.基于BP神经网络的电力工程异常数据识别技术研究[J].电子设计工程,2021,29(07):157-160+165.
- [2] 迟晓婷.基于BP神经网络的电力工程造价模型研究[J].建材与装饰,2017,(09):127-128.
- [3] 杨文生,叶宝玉,周文奇,等.基于深度神经网络的电力工程数据聚类模型设计[J].电子设计工程,2022,30(22):136-139+144.
- [4] 刘乃新.数据挖掘和神经网络技术在电力工程造价领域的运用[J].电气技术与经济,2024,(02):253-256.

作者简介:

程茜(1986.2-),女,汉,重庆巴南人,硕士,工程师,经济师,研究方向:工程造价管理。