

老旧建筑健康综合评估体系与安全性数值预测

张晓炜

新疆农业职业技术大学

DOI:10.12238/btr.v8i3.4707

[摘要] 现代城市发展进程中的大量建筑逐步进入老化阶段,这些建筑既记录着城市变迁轨迹,又积淀着深厚的人文价值。面对建筑老化带来的安全风险,建立系统化的评估方法和预警机制成为当务之急。从工程实践角度考虑,研究老旧建筑健康状态评估体系及安全性能预测方法具有重要的现实意义,有效推进建筑检测评估技术的优化升级,为城市可持续发展、保护历史文化遗产、维护群众切身利益奠定坚实基础。

[关键词] 老旧建筑; 健康综合评估; 安全性数值

中图分类号: F765 文献标识码: A

Comprehensive health assessment system and safety value prediction of old buildings

Xiaowei Zhang

Xinjiang Agricultural Vocational and Technical University

[Abstract] As modern cities develop, many buildings are gradually aging. These structures not only document the city's transformation but also embody rich cultural values. To address the safety risks posed by building aging, it is crucial to establish systematic evaluation methods and early warning systems. From an engineering perspective, researching the health assessment system and safety performance prediction methods for old buildings is of significant practical importance. This research can effectively promote the optimization and upgrading of building inspection and evaluation technologies, laying a solid foundation for urban sustainable development, the protection of historical and cultural heritage, and the safeguarding of public interests.

[Key words] old buildings; comprehensive health assessment; safety values

老旧建筑安全监管及维护是保障城市发展和民生安全的关键任务,持续深化评估技术创新应用,完善建筑健康评估及安全预测体系,才能实现建筑安全管理水平提升。

1 老旧建筑健康综合评估体系

1.1 评估指标体系

(1) 结构安全检测聚焦承重构件可靠性,检测范畴覆盖基础沉降监测、梁柱承载力检验及墙体开裂勘察,借助科学检测方法对建筑结构安全状况进行系统评估,保证风险及时识别^[1]。

(2) 使用功能评估体系侧重于建筑空间配置及设施设备运行状况分析,重点考察室内采光通风效果、电气系统可靠性及消防装置完整性,对保证居住者生活质量及人身安全具有重要意义。

(3) 耐久性检测着重分析建筑材料的老化特性,评估范围涵盖外墙涂料耐候表现、防水层可靠程度及混凝土构件耐久性等重要要素。结合定期监测及维护措施,达成建筑使用寿命延长及安全风险管控目标。

(4) 环境适应性评估着重考察建筑物与周边环境的匹配度,

重点检验建筑节能效果、环保达标情况及应对自然灾害的整体性能。评估内容包括隔热保温系统、排水网络及抗震防洪等防灾设施,对提升建筑可持续性及降低灾害风险具有重要作用。

1.2 评估方法与技术

(1) 针对建筑评估过程结构损伤及材料老化等难以精确量化的特征,模糊综合评价法建立起专业的定性指标量化机制^[2]。该方法通过科学的评估体系,对老旧建筑健康状况的准确判定。

(2) 基于灰色系统理论开发的灰色聚类分析方法,展现出处理小样本及信息不完整问题的独特优势。该技术能够有效应对老旧建筑评估过程监测数据缺失、历史资料不全等局限,通过有效利用现有信息完成建筑分类评估工作。

(3) 神经网络技术在老旧建筑评估中发挥显著作用,借助大规模历史数据训练,建立起建筑健康状态与评估参数间的非线性对应关系,有效提升评估效率。物理模型与统计模型等评估技术也具备独特优势,能够针对不同评估需求进行适配应用。

(4) 建筑安全评估采取多层次技术融合路径, 构建起完整的分析评价体系。具体实施过程, 以模糊综合评价确立各项指标基准值, 应用灰色聚类方法梳理建筑风险要素, 并通过神经网络技术开展预测性分析, 形成科学完备的维修加固指导方案。

2 老旧建筑安全性数值预测案例分析

2.1 项目概述

某市中心的XX大厦作为城区标志性建筑, 自80年代落成至今已近40年历史, 是城市文化遗存的重要组成部分, 这栋融合商务、商业及居住等复合功能的建筑, 目前正经历着结构老旧、材质劣化、设施落后等一系列老化问题, 既降低了建筑使用品质, 又威胁着使用安全。加速推进城市更新的今天, 由于牵涉众多相关方权益, XX大厦的健康状况评估与安全性能预测工作, 已然成为地方政府及社会各界密切关注的焦点议题。调查阶段对XX大厦展开了系统性考察, 收集整理了设计规划图纸、施工档案及维护记录等原始资料。通过与建筑管理部门、使用单位及技术专家开展深度访谈, 准确把握了建筑运营现状、安全风险及评估诉求。该阶段工作为模型构建与验证提供了可靠依据。XX大厦作为老旧建筑研究样本, 存在的各类问题极具代表性, 相关研究成果可用于解决个案问题, 还可为其他老旧建筑的评估预警提供借鉴。

2.2 数据收集与预处理

(1) 数据来源的确定。老旧建筑安全评估体系的构建以系统化数据采集为基础, 研究人员联合各方专业机构, 建立起多维度数据采集网络, 对建筑物基本属性信息的全面收录, 涵盖结构体系类别、投入使用年限及维护保养档案等关键要素^[3]。数据来源的拓展性体现在对学术研究机构公开数据及互联网建筑安全领域资源的整合应用, 保证了评估体系的科学性 with 数据样本的代表性。

(2) 数据预处理的方法选择。原始数据存在格式不统一、数据缺失、异常值等问题, 需要科学预处理。通过严格的数据清洗流程消除重复、无效及错误记录; 基于数据分布规律, 选择合适的填充方法修复缺失值, 包括均值填充、插值或机器学习方法; 应用归一化与标准化等转换技术规范数据格式; 结合特征提取、选择及构造等工程手段, 获取最具预测价值的特征组。

(3) 数据特征的提取与选用。特征选择对数值预测模型起着决定性作用。研究在充分调研现有成果及工程需求基础上, 建立了科学的特征指标系统。指标体系涉及建筑构造类别(包括砖混、框架等形式)、建筑使用周期(反映老化状况)、维护记录数据(体现养护情况)以及安全监测参数(含裂缝、变形等指标)。该特征体系使建筑固有属性与实时状态有机融合, 为准确评估老旧建筑安全性提供了可靠依据。

2.3 预测模型构建

(1) 基于深度学习理论设计模型架构, 采用循环神经网络及长短时记忆网络作为核心组件, 此类网络在时间序列数据分析领域具备天然优势, 可准确识别建筑安全性的时序变化规律^[4]。研究中整合了卷积神经网络技术, 强化模型对局部特征的识别能力。

表1 老旧建筑安全性数值特征向量

序号	特征名称	具体数据	数据类型	向量说明
1	结构类型	砖混结构	分类数据	建筑的结构形式为砖混结构
2	结构类型	框架结构	分类数据	建筑的结构形式为框架结构
3	使用年限	40 年	数值数据	建筑自建成至今的使用年数
4	历史维修次数	2 次	数值数据	建筑历史上的维修次数
5	最后一次维修年份	2010 年	数值数据	建筑最后一次进行维修的年份
6	裂缝宽度	0.3 厘米	数值数据	近期监测到的最大裂缝宽度
7	变形量	1.5 毫米	数值数据	近期监测到的建筑变形量

(2) 按照数据分析标准推进建模研究, 初期通过探索性分析方法, 深度解析老旧建筑安全性数据的分布特点、异常情况与关联规律, 为特征工程与模型训练提供决策支持; 后续开展系统化特征处理工作, 结合特征提取、甄选与变换等手段, 构建能够准确反映建筑安全状况的特征指标体系。

(3) 运用经过预处理的特征数据着手模型训练, 训练环节引入交叉验证机制评估模型表现, 通过反复调节超参数达到性能优化。训练期间实时追踪训练集与验证集的性能指标, 有效规避模型拟合偏差问题。

表2 老旧建筑安全性数值模型

应用阶段	具体方法	参数/指标	具体数值	说明
模型参数优化	网格搜索	参数组合数量	100	探索的参数组合总数
		并行计算核心数	8	用于并行评估的 CPU 核心数
	随机森林特征选择	特征重要性阈值	0.05	筛选特征的重要性阈值
		筛选后特征数量	15	筛选后的特征总数
模型验证	均方误差 (MSE)	MSE 值	0.025	预测值与实际值之间差异的平方平均值
	均方根误差 (RMSE)	RMSE 值	0.158	MSE 的平方根, 与原始数据同一量级
	平均绝对误差 (MAE)	MAE 值	0.115	预测值与实际值之间绝对差异的平均值
	准确率	Accuracy 值	0.94	模型预测正确的比例
	精确率	Precision 值	0.89	模型在预测正类时的准确性
	召回率	Recall 值	0.92	模型在识别正类时的完整性
	F1 分数	F1 Score 值	0.905	准确率和召回率的调和平均数

(4) 通过一系列严格测试程序, 对模型性能进行了科学评估,

除基础评价指标外还验证了模型在实际场景中的泛化能力和运行稳定性。横向对比分析显示,该模型在老旧建筑安全性预测领域展现出卓越的性能表现,可为建筑安全管理实践提供可靠的数据支持。

2.4模型参数优化与验证

预测模型调优阶段实施了系统化优化方案,应用网格搜索算法全面扫描参数域,辅以并行计算手段提升参数优选效率^[5]。特征工程环节,基于随机森林原理构建特征重要性评价体系,通过多重决策树分析筛选核心特征,既简化了模型结构,又提高了安全因素识别能力。性能评估过程建立了双层验证机制,通过均方误差(MSE)、均方根误差(RMSE)和平均绝对误差(MAE)等指标量化预测准确度;并结合准确率、精确率、召回率和F1分数等参数,综合评价安全等级判别效果。

2.5评估与预测结果分析

表3 XX大厦安全性能评估与预测结果

项目	具体内容	数值数据	说明
建筑基 本信息	建成年份	1984 年	XX 大厦落成时间
	建筑年龄	40 年	自建成至今的年数
	建筑功能	商务、商业、居住	建筑的复合功能
调查阶 段工作	收集的原始资料数量	300 份	包括设计规划图纸、施工档案及维护记录
	深度访谈次数	20 次	与建筑管理部门、使用单位及技术专家的访谈次数
	运营现状问题识别数量	15 项	识别的建筑运营现状问题总数
	安全风险点识别数量	10 处	识别的安全风险点总数
	评估诉求明确数量	5 项	明确的评估诉求总数
预测系 统应用	识别的潜在风险区域数量	20 处	识别的潜在风险区域总数
	预测系统运行稳定性	99%	预测系统运行的稳定率
成果 应用	提供的养护方案数量	15 套	基于预测成果制定的养护方案总数
	为管理部门提供的建议数量	10 条	提供给管理部门的安全监管建议总数

老旧建筑评估体系实践验证阶段,开展了深入的案例分析工作^[6]。基于既定评估标准,对建筑物进行了多维度检测与评价。评估内容覆盖建筑结构安全性能、使用功能状态、环境适应能力等核心要素,准确反映建筑整体健康水平。通过引入模糊

综合评价技术与灰色聚类分析方法,保证了评估工作的客观准确性,最终得出了量化的建筑健康评分,为预测分析提供了重要依据。老旧建筑安全预测体系,数据获取与整理构成了基础性工作环节。通过整合建筑实时监测记录、行业规范参数以及专业评估意见等多维度信息,筛选提炼出对建筑安全状态具有显著指示作用的核心指标,为构建预测系统奠定了坚实基础。鉴于老旧建筑安全性能呈现出的复杂非线性特征,采取了先进的机器学习技术开展建模分析。经过反复测试与优化,最终确立了预测精度优异且运行稳定的数值分析模型,该预测系统应用于实际案例分析,准确把握了建筑结构安全性的演变规律,有效识别了潜在风险区域。预测成果为建筑养护方案制定提供了可靠依据,同时也为相关管理部门完善老旧建筑安全监管体系提供了重要参考。

3 结语

针对老旧建筑安全管理需求,本文构建了健康状态评估系统与安全性预测模型。通过实际工程案例检验,评估系统显示出较强的适用性,能够精确反映建筑物健康状态;预测模型则实现了对安全性变化趋势的准确把握,为建筑维护管理工作奠定了理论基础。

[参考文献]

[1]秦志浩,李志强,李永辉.城镇老旧小区建筑结构检测及安全性评价分析[J].科技创新与生产力,2024,45(03):57-60.

[2]王轶宏.老旧建筑健康智能监测评估体系与安全性数值预测研究[D].长安大学,2023.

[3]王宇豪.基于贝叶斯网络的老旧小区建筑结构安全评估与风险预警模型研究[D].华南理工大学,2023.

[4]魏丽平,高红,赵永江,等.基于熵权未确知测度的老旧小区改造工程施工安全风险评估[J].河北建筑工程学院学报,2023,41(01):156-162+181.

[5]李杭杭.老旧建筑安全分析研究与探讨[J].甘肃科技纵横,2023,52(01):59-62.

[6]巫昊.城市既有公共建筑改造潜力综合评价及功能重塑研究[D].重庆交通大学,2020.

作者简介:

张晓炜(1991--),女,汉族,新疆昌吉人,硕士,讲师,现工作单位新疆农业职业技术大学,研究方向:土木工程。