

# 建筑检测数据智能化分析与风险预警系统研究

秦玫兰

(广西万众工程检测有限公司)

【摘要】建筑行业中,传统的建筑检测方法存在数据处理效率低、精度差等问题,亟需智能化技术的支持。文章研究了基于大数据、人工智能及机器学习技术的建筑检测数据智能化分析与风险预警系统,探索其在提高建筑安全检测效率和精度方面的应用。同时对建筑检测数据进行智能分析,结合数据挖掘技术,有效发现潜在的安全隐患并进行精确预警,为建筑安全管理提供科学依据,也为智能化建筑管理提供了新的思路,具有重要的实践价值与应用前景。

【关键词】建筑检测;智能化分析;风险预警;大数据;人工智能;机器学习

中图分类号: TU855

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2026.02.048

## Research on Intelligent Analysis and Risk Early Warning System for Building Inspection Data

QIN Mei-lan

(Guangxi Wanzhong Engineering Inspection Co., Ltd.)

【Abstract】In the construction industry, traditional building inspection methods suffer from low data processing efficiency and poor accuracy, and there is an urgent need for the support of intelligent technologies. This study investigates an intelligent analysis and risk early warning system for building inspection data based on big data, artificial intelligence, and machine learning technologies, and explores its application in improving the efficiency and accuracy of building safety inspection. At the same time, it conducts intelligent analysis on building inspection data, and combines data mining technology to effectively discover potential safety hazards and provide precise early warnings. This approach not only offers a scientific basis for building safety management but also introduces new perspectives for intelligent building management, demonstrating significant practical value and application prospects.

【Keywords】building inspection; intelligent analysis; risk early warning; big data; artificial intelligence; machine learning

## 1 引言

随着建筑规模的扩大和结构复杂性的提升,传统建筑检测方法在数据处理效率、精度以及风险识别能力方面已难以满足现代建筑安全管理的需求<sup>[1]</sup>。基于大数据技术、人工智能算法及数据挖掘技术的智能化分析系统,为建筑检测数据的精准分析和动态风险评估提供了新的解决方案。本文研究了智能化分析与风险预警系统的构建与应用,围绕数据处理、风险评估及预警机制展开技术探索,为建筑安全智能化管理提供理论和技术依据。

## 2 建筑检测数据的采集与特点分析

### 2.1 建筑检测数据的来源与类型

建筑检测数据来源广泛且种类繁多,主要包括施工阶段数据、运营阶段数据以及特殊事件监测数据<sup>[2]</sup>。施工阶段数据指在建筑结构施工过程中,由各类检测仪器采集混凝土浇筑过程中的温度变化、钢筋应力分布以及桩基沉降信息的数据。运营阶段数

据主要指建筑物投入使用后,采取定期监测和长期观测获取桥梁荷载分布、建筑物整体变形、环境振动响应等信息<sup>[3]</sup>。特殊事件监测数据指在特殊情况下获取的数据,例如地震、风暴、火灾等极端条件下建筑结构的响应特性,这些数据通常用于风险评估和抗灾能力分析。数据类型也具有显著的多样性,包括时间序列数据、空间分布数据以及属性数据。

### 2.2 建筑检测数据的特点与挑战

建筑检测数据具有多维度、多源性以及动态性的显著特点,多维度表现在数据同时涵盖时间、空间和属性等多个层面,如一组完整的振动检测数据包含时间域的响应曲线、频率域的幅频分布以及各测点在空间上的坐标信息<sup>[4]</sup>。多源性体现在不同设备和方法的同时使用,如使用加速度传感器测量结构振动响应的动态数据,使用静力应变片获取变形曲线,结合环境监测站的数据评估外界条件的影响,这种来源数据使得整合和分析的复杂性大幅提高。动态性则表现为数据随着外界条件或内部结构状态的

变化而不断更新。上述特点为数据处理带来了数据格式不统一的挑战,导致融合分析需要耗费大量时间和计算资源;多维特性导致数据存储和可视化设计更加复杂;动态性要求高频采样与快速响应,但也增加了设备的损耗和存储压力<sup>[5]</sup>。

### 2.3 数据质量与准确性的影响因素分析

建筑检测数据的质量和准确性受到外部环境和技术因素的共同影响,其中外部环境因素包括温度波动、湿度变化、风速影响以及电磁干扰等。环境温度中的湿度和水汽渗入可能损坏敏感的电子元件,尤其是长期布设在室外的设备,其数据采集的稳定性面临较大威胁。风速的变化不仅影响结构本身的响应特性,还可能采取振动或冲击影响传感器的测量精度,尤其是在风荷载作用下的振动信号中会掺杂环境噪声。技术因素主要涉及传感器精度、设备性能、数据传输过程中的信号衰减以及存储方法的适用性,其中应变片和加速度计的安裝位置及校准精度直接决定了测量数据的可信度。数据传输过程中,由于信号干扰或丢包现象可能导致部分数据不完整或出现偏差。

## 3 智能化分析技术在建筑检测数据处理中的应用

### 3.1 大数据技术在建筑检测数据处理中的作用

建筑检测数据包括时间序列、空间分布以及多源属性数据,这些数据量庞大且结构复杂。大数据技术采用分布式存储架构,采取Hadoop、Spark等大数据框架能够实现对高维、多源、异构数据的高效存储和快速处理。例如,针对桥梁结构的健康监测系统,大数据框架可采取MapReduce算法对数据进行分布式计算,并实时生成关键结构状态的变化曲线。

数据存储过程中,利用列式数据库如HBase或分布式文件系统,实现对时间序列数据的高效管理,并减少数据存储空间需求,以及提高大规模数据查询的响应速度。在数据检索阶段,采用基于索引的快速检索技术,可以快速定位并提取关键节点的历史数据。此外,针对多源数据的整合分析,大数据技术采取基于ETL流程的数据清洗、转换与加载操作,实现了多源异构数据的标准化处理,尤其是在高层建筑健康监测中,整合地震波监测数据、风荷载作用下的结构变形数据以及环境温湿度数据,采取大数

据分析平台构建多维度的风险评估模型,为结构安全性提供定量化评价依据。

### 3.2 人工智能与机器学习算法在数据分析中的功能

对于结构振动信号中的频率特征,采用1D-CNN可以自动提取主频信息和振幅分布,实现复杂环境下的信号特征优化表示。此外,支持向量机(SVM)算法在混凝土强度等级的快速分类中,SVM采取核函数映射实现了多维特征空间的优化分离。

在异常检测方面,基于时间序列的长短期记忆网络(LSTM)可以有效预测结构健康状态的时间趋势,尤其是在地下隧道的应变监测中,LSTM能够基于历史数据预测未来特定时刻的应变变化,识别可能超出安全阈值的异常情况。趋势预测任务中,结合多任务学习框架的深度学习模型可以处理多个数据维度,并在高层建筑的风振响应分析中,模型采取融合环境风速、建筑物振幅以及历史震动数据,完成对建筑物振幅变化趋势的准确预测。

### 3.3 数据挖掘技术的优势与实现方式

钢结构桥梁的疲劳裂纹分析中,利用Apriori算法能够发现温度变化、交通荷载和裂纹扩展速率之间的关联关系,并采用频繁模式挖掘技术,可以采取对历史数据的统计分析提取高风险节点分布规律,为关键部位的维护和监控提供科学依据。聚类分析方面,基于密度的聚类算法(DBSCAN)能够识别建筑结构健康监测中的异常分布点。建筑沉降监测数据中,DBSCAN采取对密度分布的计算,能够有效区分正常沉降点和异常沉降点,为进一步的结构评估提供重要参考。在分类任务中,决策树算法结合增量学习策略可实现对实时更新数据的动态分类,尤其是在大坝监测中,根据水位数据、渗流量数据以及应力变化数据建立决策树模型,对可能的渗漏区域进行精准分类。

## 4 建筑安全风险的智能预警模型构建

### 4.1 建筑安全风险分析与预测机制

数据输入环节,系统通常采集结构应变、振动、位移、温度等多维数据,结合外部环境参数如风荷载、地震波等信息,构建高维数据矩阵,用于风险评估模型的训练。采取构建风险特征空间,采用贝叶斯网络或条件随机场模型进行概率风险分析,能够

有效量化不同条件下建筑安全状态的变化趋势。桥梁监测中,基于递归神经网络(RNN)构建的时间序列模型能够分析历史应变数据的变化规律,并结合当前环境变量预测未来可能出现的风险状态。实际应用中,高层建筑结构监测采取风险预测机制可以评估风荷载作用下的最大振幅位置及其持续时间,为建筑物防风设计提供优化依据

4.2 智能预警模型的设计与实现

智能预警模型的设计主要包括数据处理模块、风险评估模块和预警触发模块三部分。数据处理模块采取多传感器融合技术对原始数据进行预处理,包括去噪、归一化以及特征提取。如振动信号可采用小波变换对噪声信号进行分解,保留主频成分并消除背景噪声。特征提取采用PCA(主成分分析)技术对高维数据进行降维,保留对风险评估具有关键影响的特征变量。

风险评估模块基于深度学习模型和强化学习技术的结合,采用多任务学习框架同时评估多个风险维度。在具体实现中,模型以卷积神经网络(CNN)提取空间特征,以LSTM网络提取时间特征,并采取注意力机制对关键风险指标赋予更高权重。在地下室地基沉降的评估中,采取提取沉降数据的时间序列变化规律,结合环境湿度和材料强度的相关性分析,可以构建完整的风险评估矩阵。

阈值的设定基于历史数据的统计分析 with 风险等级划分,尤其是在桥梁拉索监测中,根据拉索应力的历史变化范围,动态调整应力预警阈值,保证预警系统能够捕捉到异常变化。实际部署时,预警信息可采用热力图标示高风险区域,并生成风险趋势曲线。

5 风险评估与预警系统的精确性与可靠性

为验证风险评估与预警系统的精确性与可靠性,实验选取了一座位于高交通流量区域的双塔斜拉桥作为研究对象,该桥梁设有包括塔顶拉索、桥面梁体和桥墩基础在内的50个监测点。数据来源于桥梁健康监测系统,涵盖桥面荷载、拉索应力、塔身倾斜度及振动信号等多维数据,采样频率为100Hz,且实验持续时间为72小时。实验采用小波去噪技术减少环境噪声干扰,提取影响桥梁健康状态的关键特征变量。处理后的数据输入至风险评估模型,模型结构基于卷积神经网络(CNN)和长短期记忆网

络(LSTM)的结合,前者用于提取空间特征,后者用于捕捉时间序列的动态特性。模型输出为每个监测点的风险评分,评分依据风险等级进行分级并用于预警判定。系统部署后,实时数据流输入模拟实际工况,且预警阈值依据实验前设定,采取动态调整保证在多变量联合变化时实现实时预警。为进一步评估数据的长期可靠性,实验将所有数据采取区块链技术存储,并模拟分布式计算架构下的高负载条件运行。具体实验结果如表1所示。

表1 实验数据

| 测试指标    | 实验结果 | 行业标准 | 偏差值   |
|---------|------|------|-------|
| 异常捕捉率/% | 98.4 | ≥95  | 3.4   |
| 误报率/%   | 0.8  | ≤1.5 | -0.7  |
| 响应时间/s  | 2.3  | ≤5   | -2.7  |
| 数据丢包率/% | 0.02 | ≤0.1 | -0.08 |

从表中可知,异常捕捉率为98.4%,高出行业标准3.4个百分点,说明系统能够精准识别建筑安全风险。误报率为0.8%,比行业要求低0.7个百分点,提升了预警的可信度。响应时间仅为2.3s,比行业标准缩短了2.7s,充分满足了实时性要求。数据丢包率为0.02%,低于行业上限0.1%,表明数据传输的稳定性和可靠性较高。

6 结语

智能化分析与风险预警系统在建筑安全管理中的应用具有重要意义,能够在数据处理精度和效率上大幅提升传统方法的不足。大数据技术和人工智能算法的引入,对建筑检测数据进行实时、精准地分析,识别潜在的安全隐患并进行提前预警。随着技术的不断进步和应用场景的不断扩展,智能化建筑安全管理系统将会有更加广泛的应用前景。

参考文献

[1] 张洋. 建筑智能化系统检测工作的现状与建议分析[J]. 大众标准化, 2024 (3): 166-168.  
[2] 王迪. 基于自动检测技术在智能建筑工程中的应用分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024 (10): 140-142.  
[3] 李根. 智能传感器在建筑安全性数字化检测中的应用与优化[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024 (8): 146-148.  
[4] 武俊红. 多尺度3D智慧城市建筑智能检测方法创新研究[J]. 粘接, 2024, 51 (4): 177-180.  
[5] 周颖, 孟诗乔, 孔庆钊, 等. 建筑结构损伤智能检测与响应智能预测研究综述[J]. 建筑结构学报, 2024, 45 (6): 107-132.