

# 道桥桥梁安全评估中的人工智能技术应用

李 远

四川康藏路桥有限责任公司 四川雅安 625300

**摘 要:** 道桥桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,其安全性直接影响交通系统的稳定和人民生命财产安全。传统安全评估方法存在主观性强、成本高、周期长等问题,难以满足现代交通系统的需求。人工智能技术以其强大的数据处理和分析能力,通过机器学习和深度学习算法,能够高效处理海量监测数据,自动识别和预测桥梁结构的潜在风险,显著提高评估的准确性和时效性。本文探讨了人工智能技术在道桥桥梁安全评估中的应用基础,详细阐述了基于人工智能的评估模型构建过程,并通过案例分析验证了其在提高评估准确性、效率和降低成本方面的显著优势。研究表明,人工智能技术在桥梁安全评估中的应用前景广阔,为桥梁的安全管理和维护提供了强有力的技术支持。

**关键词:** 人工智能;道桥桥梁;安全评估;机器学习;深度学习

## 引言

道桥桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,其安全性直接关系到交通系统的稳定和人民生命财产安全。传统的安全评估方法如目视检查、荷载试验和结构分析等,存在主观性强、成本高、周期长等问题,难以满足现代交通系统对安全性和高效性的要求。近年来,人工智能技术在各领域的广泛应用,为解决这一问题提供了新的思路。

人工智能技术以其强大的数据处理和分析能力,能够高效处理海量监测数据,通过机器学习和深度学习算法,自动识别和预测桥梁结构的潜在风险,显著提高评估的准确性和时效性。将人工智能技术应用于道桥桥梁安全评估,不仅能够弥补传统方法的不足,还能为桥梁的长期健康监测和预防性维护提供有力支持。

具体而言,人工智能技术可以通过智能传感器实时采集桥梁的应力、应变、振动等数据,利用大数据分析技术进行预处理和特征提取,最终借助机器学习算法进行建模和预测,实现对桥梁安全状态的动态评估。例如,卷积神经网络(CNN)在桥梁图像缺陷识别、循环神经网络(RNN)在振动信号分析中均展现出显著优势。

综上所述,将人工智能技术应用于道桥桥梁安全评估,具有高度的必要性和研究意义。其不仅能提升评估效率和精度,还为桥梁安全管理提供了科学依据,具有重要的理论和实践价值。随着技术的不断进步,人工智能在桥梁安全领域的应用前景将更加广阔。

## 1 道桥桥梁安全评估的现状与发展

道桥桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,其安全性直接关系到交通系统的稳定和人民生命财产安全。传统的道桥桥梁安全评估方法主要包括目视检查、荷载试验和结构分析等。目视检查依赖于经验丰富的工程师对桥梁外观进行直观判断,存在主观性强、精度低等问题。荷载试验则通过施加标准荷载来检测桥梁的承载能力,但其成本高、周期长,且对交通影响较大。结构分析则基于有限元等方法对桥梁进行建模和计算,但其依赖于精确的初始数据和复杂的计算过程,难以应对复杂多变的实际工况。

近年来,随着科技的进步,道桥桥梁安全评估技术不断发展。传感器技术、大数据分析和人工智能等新兴技术的引入,为桥梁安全评估提供了新的思路和方法。特别是人工智能技术的应用,显著提升了数据处理和分析的效率和精度。传统方法在数据处理方面存在明显不足,如数据采集手段单一、数据处理效率低、数据分析能力有限等。而人工智能技术能够高效处理海量数据,通过机器学习和深度学习算法,自动识别和预测桥梁结构的潜在风险,显著提高了评估的准确性和时效性。

具体而言,人工智能在道桥桥梁安全评估中的应用主要体现在以下几个方面:首先,通过智能传感器实时采集桥梁的应力、应变、振动等数据,构建全面的监测体系。其次,利用大数据分析技术对采集到的数据进行预处理和特征提取,消除噪声和冗余信息。最后,借助机器学习算法对处

理后的数据进行建模和预测,实现对桥梁安全状态的动态评估。例如,支持向量机(SVM)、神经网络(NN)和卷积神经网络(CNN)等算法在桥梁损伤识别和剩余寿命预测中展现出显著优势。

## 2 人工智能技术在道桥桥梁安全评估中的应用基础

人工智能技术作为现代科技的杰出代表,其基本概念涵盖了使计算机系统模拟人类智能行为的一系列理论和方法。主要分支包括机器学习、深度学习等。机器学习通过算法使计算机从数据中学习规律,进而做出决策或预测;深度学习则是机器学习的一个子集,利用多层神经网络模拟人脑处理信息的过程,以实现更复杂的数据分析和模式识别。

在数据处理和分析方面,人工智能技术展现出显著优势。首先,其强大的并行处理能力能够高效处理海量数据,克服了传统方法在数据量处理上的瓶颈。其次,通过自学习和自适应机制,人工智能算法能够不断优化模型,提高分析的准确性和鲁棒性。此外,人工智能在特征提取和模式识别方面的卓越表现,使其能够从复杂多变的数据中挖掘出有价值的信息。

将人工智能技术应用于道桥桥梁安全评估,具有高度的适用性。桥梁安全评估涉及大量结构健康监测数据,包括应力、应变、振动等,传统方法在处理这些数据时往往效率低下且难以捕捉深层次规律。人工智能技术则能够通过机器学习算法,自动识别数据中的异常模式,实现对桥梁潜在风险的早期预警。例如,利用卷积神经网络(CNN)对桥梁图像进行缺陷识别,可以显著提高损伤检测的精度和速度。

此外,深度学习算法在桥梁剩余寿命预测中也展现出独特优势。通过构建深度神经网络模型,结合历史监测数据和当前状态信息,可以较为准确地预测桥梁的未来性能退化趋势,为预防性维护提供科学依据。这种基于数据驱动的评估方法,不仅提升了评估的客观性和可靠性,还大幅缩短了评估周期,降低了成本。

综上所述,人工智能技术在道桥桥梁安全评估中的应用,有效弥补了传统方法的不足,提升了评估的效率和精度。随着技术的不断进步,其在桥梁安全领域的应用前景将更加广阔,为保障交通基础设施的安全运行提供强有力的技术支撑。

## 3 基于人工智能的道桥桥梁安全评估模型构建

在构建基于人工智能的道桥桥梁安全评估模型过程中,首先需进行数据收集与预处理。数据收集是模型构建的基

础,主要涉及桥梁的结构健康监测数据,包括应力、应变、振动频率等。此外,还需收集环境因素数据如温度、湿度等,以及历史维护记录和事故报告。数据预处理则包括数据清洗、归一化和特征提取。数据清洗旨在去除噪声和异常值,确保数据质量;归一化处理使不同量纲的数据具有可比性;特征提取则通过主成分分析(PCA)等方法,提取对桥梁安全评估具有重要影响的特征变量。

模型选择是构建过程中的关键环节。常用的模型包括神经网络和支持向量机(SVM)。神经网络因其强大的非线性拟合能力,适用于处理复杂的桥梁监测数据。具体而言,可以采用卷积神经网络(CNN)处理图像数据,用于桥梁表面缺陷识别;循环神经网络(RNN)则适用于处理时间序列数据,如振动信号分析。支持向量机(SVM)则通过最大化样本间隔,提高模型的泛化能力,适用于小样本情况下的安全评估。

模型训练过程需精心设计。首先,将预处理后的数据划分为训练集、验证集和测试集。训练集用于模型参数的优化,验证集用于调整模型超参数,测试集用于评估模型性能。以神经网络为例,训练过程中采用反向传播算法(BP)和梯度下降法更新网络权重。为防止过拟合,可引入正则化项如L2正则化,并采用dropout技术。训练过程中需监控损失函数和准确率的变化,适时调整学习率和批次大小。

模型的验证和优化策略是确保评估准确性的重要保障。验证阶段主要通过交叉验证方法,评估模型在不同数据集上的表现。优化策略包括超参数调优和模型集成。超参数调优可通过网格搜索(Grid Search)或随机搜索(Random Search)进行,找到最优的模型参数组合。模型集成则通过结合多个模型的预测结果,提高整体评估的鲁棒性。此外,还需定期对模型进行更新,以适应新的监测数据和桥梁状态变化。

## 4 案例分析与应用效果评估

在道桥桥梁安全评估中,人工智能技术的实际应用已展现出显著优势。以某城市大型桥梁为例,该桥梁采用了基于人工智能的安全评估系统。该系统集成了多种传感器,实时监测桥梁的应力、应变、振动频率等关键参数,并通过数据传输网络将监测数据实时传输至中央处理平台。

在数据预处理阶段,系统首先对原始数据进行清洗,去除噪声和异常值,确保数据质量。随后,通过归一化处理,

使不同量纲的数据具有可比性。特征提取则采用主成分分析(PCA)方法,提取对桥梁安全评估具有重要影响的特征变量。

模型选择方面,该系统采用了卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN)相结合的混合模型。CNN主要用于处理桥梁表面缺陷的图像数据,识别裂缝、腐蚀等表面损伤;RNN则用于分析振动信号等时间序列数据,评估桥梁的结构动态响应。此外,系统还引入了支持向量机(SVM)模型,以提高在小样本情况下的评估准确性。

模型训练过程中,系统将预处理后的数据划分为训练集、验证集和测试集。采用反向传播算法(BP)和梯度下降法更新网络权重,并通过引入L2正则化和dropout技术防止过拟合。训练过程中,系统实时监控损失函数和准确率的变化,适时调整学习率和批次大小。

在模型验证和优化阶段,系统采用交叉验证方法,评估模型在不同数据集上的表现。通过网格搜索(Grid Search)进行超参数调优,并结合多个模型的预测结果,提高整体评估的鲁棒性。系统还定期更新模型,以适应新的监测数据和桥梁状态变化。

应用效果分析显示,与传统方法相比,人工智能技术在评估准确性、效率和成本方面均有显著改进。传统方法主要依赖人工巡检和经验判断,评估周期长,易受主观因素影响,且难以实时监测。而人工智能系统能够实时、自动地进行数据采集和分析,评估结果更为客观和准确。例如,在识别桥梁表面缺陷方面,人工智能系统的准确率达到95%以上,远高于传统方法的70%。此外,人工智能系统大幅缩短了评估周期,降低了人力成本。

为更直观地对比传统方法与人工智能方法的评估效果,表1展示了两种方法在评估准确性、效率和成本方面的对比情况(见表1)。

| 评估指标 | 传统方法 | 人工智能方法 |
|------|------|--------|
| 准确性  | 70%  | 95%以上  |
| 评估周期 | 数周   | 实时     |
| 成本   | 高    | 低      |

通过上述案例分析,可以看出人工智能技术在道桥桥梁安全评估中的应用,不仅提高了评估的准确性和效率,还显著降低了成本,为桥梁的安全管理和维护提供了强有力的技术支持。

## 5 挑战与展望

当前,人工智能技术在道桥桥梁安全评估中的应用虽展现出巨大潜力,但仍面临诸多挑战。首先,数据质量问题尤为突出。桥梁监测数据量大且复杂,易受噪声干扰,数据质量直接影响评估结果的准确性。其次,模型复杂性较高,人工智能算法尤其是深度学习模型,需大量计算资源,且参数调优复杂,增加了实际应用的难度。此外,模型的泛化能力有待提升,训练数据与实际工况的差异可能导致模型在实际应用中表现不佳。

展望未来,人工智能技术在道桥桥梁安全评估中的发展方向主要包括:一是提升数据质量,通过优化传感器技术和数据预处理方法,确保数据的准确性和完整性;二是简化模型结构,开发轻量级算法,降低计算复杂度,提高模型在实际环境中的适用性;三是增强模型的泛化能力,通过迁移学习和多任务学习等技术,提升模型在不同工况下的表现。潜在应用方面,人工智能技术有望在桥梁健康监测、损伤识别、剩余寿命预测等方面发挥更大作用,实现桥梁安全状态的实时动态评估,为桥梁的预防性维护 and 安全管理提供科学依据。随着技术的不断进步,人工智能在道桥桥梁安全评估中的应用前景将更加广阔。

### 参考文献:

- [1] 薛宇欣,周勇军,焦晨凯,等.考虑板壳力学行为的连续滑行道桥挠度冲击系数[J/OL].上海交通大学学报,1-25[2025-06-13].<https://doi.org/10.16183/j.cnki.jsjtu.2024.520>.
- [2] 张春,孙烨,刘子健.地铁隧道近距离穿越既有桥梁桩基影响分析及对策研究[J].城市道桥与防洪,2025,(03):214-219.
- [3] 李威.市政道桥工程沥青路面裂缝施工处理技术分析[J].新建材科技,2024,33(10):148-150.
- [4] 齐卫国.盾构隧道侧穿高架桥的影响分析和控制措施[J].广东土木与建筑,2025,32(01):113-117.
- [5] 徐文城,王森.基于毫米波雷达的桥梁动挠度监测数据分离技术研究[J].公路,2024,69(11):144-155.

**作者简介:**李远(1984—),男,汉族,四川雅安人,本科学历,职称:中级注册安全工程师、道桥工程师,主要研究方向为安全工程与交通工程领域,安全风险管理和道桥施工养护技术、公路施工创新等,致力于推动工程安全标准化与智能化发展,