

基于大数据的公路桥梁检测技术及应用方法

杨 琨

江苏现代工程检测有限公司, 江苏 南京 210000

[摘要]随着城市交通需求的增加和公路桥梁老化问题的加剧,传统的检测方法已难以满足实时监测和有效管理的需求。本篇文章探讨了基于大数据技术的公路桥梁检测方法及其应用。大数据技术通过传感器网络、无人机和激光雷达等先进技术,实现了对桥梁结构的全面监测和数据实时分析。这些技术不仅提升了检测的效率和准确性,还能帮助预测可能的结构问题,为桥梁安全运行提供了新的解决方案。文章还分析了大数据技术在桥梁管理中的优势和前景,以及面临的挑战和可能的解决方法。

[关键词]大数据;公路桥梁;检测技术;应用方法

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13667

中图分类号: TP3

文献标识码: A

Highway Bridge Detection Technology and Application Method Based on Big Data

YANG Kun

Jiangsu Modern Engineering Testing Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: With the increase of urban traffic demand and the aggravation of the aging problem of highway bridges, traditional detection methods have been difficult to meet the needs of real-time monitoring and effective management. This paper discusses the highway bridge detection method based on big data technology and its application. Big data technology realizes comprehensive monitoring and real-time data analysis of bridge structures through advanced technologies such as sensor networks, unmanned aerial vehicles and lidar. These technologies not only improve the efficiency and accuracy of detection, but also help to predict possible structural problems and provide a new solution for the safe operation of bridges. The article also analyzes the advantages and prospects of big data technology in bridge management, as well as the challenges and possible solutions.

Keywords: big data; highway bridge; detection technology; application method

引言

随着城市化进程的加快和交通基础设施的持续发展,公路桥梁作为连接城市和地区的重要纽带,承载着日益增长的交通流量和负荷。然而,随着桥梁设施的老化和使用年限的增加,其结构安全性和运行可靠性成为社会关注的焦点。传统的桥梁检测方法主要依赖于人工巡检和定期的物理测量,存在着覆盖范围有限、数据获取不及时以及成本高昂的问题。为应对这些挑战,基于大数据技术的桥梁检测方法应运而生。大数据技术以其强大的数据处理和分析能力,能够从桥梁结构中获取海量、多源的实时数据,并通过高级数据分析和机器学习算法,实现对桥梁结构状态的精确评估和预测。通过综合利用传感器网络、无人机、激光雷达等先进技术,大数据不仅能够提升桥梁检测的效率和准确性,还能为桥梁的安全管理和维护提供科学依据和决策支持。本文旨在探讨基于大数据技术的公路桥梁检测方法及其应用,分析其在桥梁结构监测、数据处理和分析,以及实际应用中的优势和潜力。

1 大数据的特点

大数据具有几个显著的特点:首先是大量,它指的是数据规模庞大,通常以TB或PB为单位,数据量巨大到传统的数据处理工具难以应对;其次是高速,数据生成和处

理的速度非常快,要求能够实时或近实时地处理和分析数据;然后是多样性,这意味着数据来源和形式多种多样,包括结构化数据、半结构化数据和非结构化数据,如文本、图像、视频、传感器数据等;此外还有价值,通过对大数据的深入分析和挖掘,可以揭示潜在的、有价值的信息,为商业决策、科学研究、社会治理等提供强有力的支持;最后是真实性,即数据的准确性和可靠性,因为大数据中往往包含噪音和错误信息,需要有效的方法进行处理和校正,以确保数据分析的准确性和有效性。

2 基于大数据的桥梁检测技术

2.1 数据采集技术

基于大数据的桥梁检测技术的数据采集阶段是确保获取全面、准确数据的关键环节。传统的桥梁检测通常依赖于周期性的人工巡检和手动测量,这种方式存在覆盖范围有限、数据获取不及时以及成本较高等问题。随着传感器技术的进步和无人机、激光雷达等新兴技术的应用,桥梁的数据采集变得更加高效和精确。首先,传感器网络在桥梁结构上布置各类传感器,例如应变传感器、加速度计、温度传感器等,实时监测和记录桥梁结构的各种物理量。这些传感器能够持续不断地采集数据,反映桥梁的运行状态和结构健康。其次,无人机技术为桥梁检测带来了革命

性的变化。无人机配备高分辨率摄像头和激光雷达，可以快速、灵活地获取桥梁的视觉数据和精确的三维模型。通过飞行任务规划和自动化控制，无人机能够覆盖复杂地形和难以达到的部位，为桥梁的外观检测和结构评估提供高质量的数据支持^[1]。另外，激光雷达技术能够实现对桥梁结构的精确测量，包括尺寸、形态和表面状况等方面。通过高精度的激光扫描，可以获取详细的结构信息，帮助工程师深入了解桥梁的几何特征和变形情况。最后，卫星遥感技术提供了广域、长周期的监测能力，通过卫星传感器获取大范围的桥梁健康监测数据。这种技术不受地理位置限制，能够实现对全球各地桥梁的远程监测和分析，为大范围的桥梁管理和维护提供了重要的数据支持。

2.2 数据存储与管理

基于大数据的桥梁检测技术中，数据存储与管理是至关重要的环节。大数据量、多样化和高速生成的特性要求有效的数据存储和高效的管理系统，以确保数据安全、可靠性和可用性。首先，针对大数据量的挑战，桥梁检测系统通常采用分布式存储架构，如 Hadoop 分布式文件系统（HDFS）或云存储解决方案。这些系统能够横向扩展存储能力，处理海量数据的同时保证数据的备份和容错能力。其次，多样化数据的存储需要灵活的数据模型和存储结构。结构化数据可以存储在传统的关系型数据库中，非结构化数据则可以利用 NoSQL 数据库或对象存储系统进行有效管理，以支持多种数据类型的存储和查询需求。此外，数据存储还需要考虑数据的时效性和访问性。实时数据可以存储在高速缓存或内存数据库中，以提供快速的数据访问和实时分析能力，而历史数据则可以存档或归档以节约存储成本，同时保证数据的长期保存和可查询性。最后，数据管理方面的挑战包括数据质量控制、数据安全和隐私保护。通过数据清洗、去重和标准化等数据质量管理技术，确保数据的准确性和一致性。同时，采用加密、访问控制和身份认证等安全措施，保护桥梁检测数据的机密性和完整性，符合法规和标准的要求。

2.3 数据分析与处理

首先，数据分析涵盖多个方面，包括统计分析、机器学习和深度学习等技术。统计分析可以帮助识别数据中的趋势和异常，为桥梁结构的性能评估提供基础。机器学习模型能够从大量数据中学习模式和规律，例如预测桥梁的未来行为和评估其结构的健康状态。而深度学习技术则可以处理复杂的非线性关系和大规模数据，提高对桥梁结构数据的理解和分析能力。其次，数据处理方面需要考虑数据清洗、转换和集成等步骤。数据清洗用于处理数据中的噪声和不完整性，确保分析过程中的数据质量。数据转换可以将原始数据转换成适合分析的格式和结构，例如进行特征工程来提取有效的特征。数据集成则涉及将来自不同数据源的数据整合在一起，以获取更全面和完整的视角。

此外，数据分析与处理还需要考虑计算资源和算法选择的问题。大数据环境下的数据处理需要高效的分布式计算平台和并行算法，以应对海量数据的复杂处理需求。同时，选择合适的算法和模型对于提高数据分析的准确性和效率至关重要，需要根据具体的桥梁检测任务和数据进行综合考量和优化。

2.4 数据可视化

首先，数据可视化通过图表、图形、地图等形式将大数据转化为可视化信息，使得复杂的数据关系和趋势一目了然。例如，使用时间序列图展示桥梁结构传感器数据的变化趋势，通过热力图展示桥梁不同部位的温度分布情况，或者利用地图展示不同桥梁的健康评估结果和维护需求，都能够帮助用户快速理解数据背后的故事和趋势。其次，数据可视化不仅限于静态图表，还可以采用交互式可视化技术，如动态图表、可拖动的时间轴和数据筛选器等，使用户能够根据需要自由探索和分析数据。这种交互式的方式能够提升用户对数据的参与感和理解深度，支持更高效的决策制定过程^[2]。此外，数据可视化还有助于跨部门和团队之间的沟通和合作。通过共享直观的可视化报告和仪表盘，不同部门和利益相关者可以在相同的数据基础上进行讨论和决策，从而促进跨功能团队的协作和信息共享。

3 公路桥梁检测的现状与挑战

公路桥梁检测在现代社会中面临着诸多现状与挑战。随着公路桥梁的日益老化和交通负荷的增加，保障桥梁结构的安全性和可靠性成为当务之急。然而，传统的检测方法主要依赖于定期巡检和手动测量，这种方式存在着覆盖范围有限、数据获取不及时以及成本较高的问题。桥梁结构复杂性和地理分布广泛性使得全面实时监测难以实现，进一步加大了检测的挑战。此外，桥梁检测还面临着技术手段更新换代不及时、监测数据处理与分析效率不足，以及数据安全和隐私保护等多重挑战。这些问题不仅需要技术创新和先进工具的应用，还需跨学科的合作和系统性的解决方案，以提高桥梁检测的准确性和效率，确保公路桥梁的安全运行，促进社会的可持续发展。

4 基于大数据技术的桥梁检测系统架构

4.1 系统总体设计

基于大数据技术的桥梁检测系统架构的系统总体设计是确保系统能够有效、高效地实现桥梁结构的全面监测和健康评估的关键。该系统的设计考虑到多方面因素，包括数据采集、存储、处理、分析和应用等环节的整合和优化。在系统总体设计阶段，需要明确确定数据源和传感器网络的部署策略，确保可以实时、准确地获取桥梁结构的各种物理参数和运行数据。同时，需要设计灵活的数据存储架构，支持大规模数据的存储和管理，并考虑数据安全性与隐私保护的需求。在数据处理和分析方面，系统总体设计应包括高效的数据处理算法和模型选择，以及可视化

技术的应用,以便工程师和决策者能够直观地理解和分析桥梁结构的状态和趋势。

4.2 数据采集层设计

基于大数据技术的桥梁检测系统架构中,数据采集层设计是确保系统能够全面获取和整合桥梁结构运行数据的重要组成部分。该层面的设计涵盖了多种先进技术的应用,如传感器网络、无人机、激光雷达和卫星遥感等。传感器网络通过在桥梁结构上安装各类传感器,实时监测和记录诸如振动、应力、应变、温度和湿度等物理参数,为桥梁结构的健康状态提供详尽的数据支持。无人机技术能够快速、高效地获取桥梁的视觉数据和三维模型,特别适用于检测难以接触或高处的区域。激光雷达则提供精确的结构测量数据,帮助工程师深入了解桥梁的几何特征和变形情况。而卫星遥感技术则能够提供大范围、长周期的监测数据,为跨地区桥梁的综合管理提供支持。

4.3 数据处理层设计

基于大数据技术的桥梁检测系统架构中,数据处理层设计是确保从海量、多源数据中提取有用信息的关键环节。在这一层面,系统需要处理来自传感器网络、无人机、激光雷达和卫星遥感等多种数据源的数据流。首先,数据处理层需要设计高效的数据清洗和预处理流程,以去除数据中的噪声、填补缺失值,并将数据转换成适合分析的格式。其次,针对不同类型的数据,需要选择合适的处理算法和模型,如统计分析、机器学习或深度学习模型,以提取数据中的关键特征和趋势。同时,数据处理层还需要考虑并行计算和分布式处理技术,以应对大数据量和高并发的处理需求,确保系统能够在实时性和效率上达到优化。最后,设计合适的数据存储策略和访问接口,以支持后续数据分析和可视化的需求,为工程师和决策者提供直观、实时的桥梁健康状态评估。

4.4 应用层设计

首先,应用层设计涵盖了多个方面的需求,包括实时监控、预测分析、异常检测和维修优化等。通过实时监控功能,系统能够即时反馈桥梁结构的运行状态和健康状况,帮助工程师和监管部门及时发现潜在问题并采取相应措施。预测分析则利用历史数据和机器学习模型,预测桥梁未来的结构行为和可能出现的故障,为预防性维护提供科学依据^[3]。其次,异常检测功能能够自动识别桥梁结构中的异常事件和突发状况,如突发的振动频率变化或应力超过预设阈值,及时发出警报并推送通知,帮助相关人员迅速响应和处理。维修优化功能则基于实时监测和分析结果,优化维修计划和资源分配,提高维修效率和降低成本。最后,应用层设计还应考虑用户界面的设计和用户体验,确保系统操作简便直观,用户可以轻松地访问和理解系统提供的数据和结果。同时,应用层的设计还需要与其他信息

系统和管理平台进行集成,实现数据共享和业务流程的协同,为全面的桥梁管理提供支持。

5 优势与前景

基于大数据技术的桥梁检测系统具有显著的优势和广阔的前景。首先,大数据技术能够实现对桥梁结构和运行数据的全面监测和实时分析,比传统方法更为高效和准确。通过大数据分析,可以及时发现桥梁结构中的潜在问题和异常情况,有助于预测性维护和减少意外事故的发生,提升桥梁运行的安全性和可靠性。其次,大数据技术提供了多源数据的整合和分析能力,包括传感器数据、无人机图像、卫星遥感等多种数据来源。这些数据能够为工程师和管理者提供全方位的桥梁健康状态评估,帮助优化维护策略和资源分配,从而降低维护成本和延长桥梁使用寿命。此外,随着人工智能和机器学习技术的发展,大数据在桥梁检测领域的应用前景更为广阔^[4]。通过深度学习算法和模型训练,系统可以不断优化数据分析的精度和速度,实现更智能化的桥梁管理和预测性维护。未来,随着物联网技术和云计算平台的进一步成熟,大数据技术在桥梁监测中的应用将更加普及和深入,为建设更安全、更可持续的城市交通基础设施贡献力量。

6 结语

在当前快速城市化和日益增长的交通负荷下,公路桥梁的安全性和可靠性成为了重要关注点。传统的检测方法面临效率低下和成本高昂的挑战,因此需要新的技术来提升桥梁管理的水平。本文探讨了基于大数据技术的公路桥梁检测方法及其应用。大数据技术通过实时监控和多源数据分析,能够及时发现潜在问题,并支持桥梁安全的长期运行。尽管面临一些技术和实施上的挑战,大数据技术的发展为提升桥梁管理效率和安全性提供了新的路径和可能性。未来,随着技术的进一步成熟和应用的深入,大数据技术将在公路桥梁管理中发挥更加重要的作用,为城市交通基础设施的可持续发展做出积极贡献。

[参考文献]

- [1]杜宝鲁.基于大数据的公路桥梁检测技术及应用方法[J].中国高新科技,2024(1):48-49.
 - [2]李嘉楠.基于大数据技术的公路桥梁全寿命周期管理[J].交通世界,2022(12):127-128.
 - [3]姜涛.基于大数据的智能交通[J].交通世界,2018(20):5-6.
 - [4]王身宁,孙发军,赵文秀,等.公路桥梁智能监测探究[J].工程技术研究,2019,4(18):100-101.
- 作者简介:杨琨(1987.12—),男,毕业院校:南京交通职业技术学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:江苏现代工程检测有限公司,职务:桥隧检测师,职称级别:中级。