

## 桥梁检测数据的智能分析方法及其应用

孙希大

中交元洋（大连）桥梁水下检测有限公司，辽宁 大连 116000

**[摘要]**随着我国基础设施的快速发展，桥梁安全运营成为交通运输领域的重要议题。桥梁检测数据作为判断结构健康状况的重要依据，传统分析方法面临数据量大、类型多样、人工处理效率低等挑战。为提高检测数据处理的智能化水平，文中提出了一种基于多源数据融合与自动化分析的智能方法。该方法通过集成结构响应、损伤识别等多类数据，并利用数据筛选、特征提取等技术，实现对桥梁运行状态的快速判别和安全隐患的有效预警。研究结果显示，智能分析方法能够提升检测数据处理效率，增强数据解读的科学性和精准性。在实际工程应用中，该方法有效支持了桥梁安全评估与养护决策，推动了检测数据由传统人工解读向自动智能分析转型，显著提高了桥梁管理的信息化、智能化水平。本研究对于完善桥梁智能监测体系、促进现代基础设施安全管理具有积极意义。

**[关键词]**桥梁检测数据；智能分析方法；多源数据融合；结构健康监测；安全评估

DOI: 10.33142/ec.v9i1.18888

中图分类号: U448

文献标识码: A

### Intelligent Analysis Method and Application of Bridge Inspection Data

SUN Xida

Zhongjiao Yuanyang (Dalian) Bridge Underwater Inspection Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116000, China

**Abstract:** With the rapid development of infrastructure in China, the safe operation of bridges has become an important issue in the field of transportation. Bridge inspection data is an important basis for judging the health status of structures, and traditional analysis methods face challenges such as large data volume, diverse types, and low manual processing efficiency. In order to improve the intelligence level of detection data processing, this paper proposes an intelligent method based on multi-source data fusion and automated analysis. This method integrates multiple types of data such as structural response and damage identification, and utilizes techniques such as data filtering and feature extraction to achieve rapid discrimination of bridge operation status and effective warning of safety hazards. The research results show that intelligent analysis methods can improve the efficiency of data processing and enhance the scientific and accurate interpretation of data. In practical engineering applications, this method effectively supports bridge safety assessment and maintenance decision-making, promotes the transformation of detection data from traditional manual interpretation to automatic intelligent analysis, and significantly improves the informationization and intelligence level of bridge management, which has positive significance for improving the intelligent monitoring system of bridges and promoting modern infrastructure safety management.

**Keywords:** bridge detection data; intelligent analysis methods; multi source data fusion; structural health monitoring; safety assessment

### 引言

伴随我国交通基础设施的不断扩建和改造，桥梁成为连通区域经济与民生畅通的重要枢纽，其结构安全与运行状态越来越引发社会各界普遍关注。据交通运输部统计，目前我国已建成并服役桥梁总数位列世界第一，桥梁的服役环境与运行载荷日益严峻，结构健康监测与风险评估变成确保交通安全的关键环节。在现实管理中，桥梁检测数据包含结构响应、损伤识别、应力分析等各类类型，且数据总量呈现迅猛增长趋势，以往依靠人工判读及单一指标分析的方法已经无法适应准确、及时、智能化的现实需求。国内外学者对于桥梁健康监测领域开发出多种数据分析模型，例如依托于时序信号识别的损伤判别方法、机器学习和图像识别辅助的状态诊断策略等，部分方法已经于特定桥梁养护工程内取得应用成效，然而受制于多源数据融

合难度高、自动化处理能力薄弱、结果解读通用性差等问题，仍未建立系统性的智能化分析模式。文章集中于桥梁检测数据的自动化整合与智能分析技术，意在一套高效、科学的数据处理方法，提升桥梁安全评估的智能化水平，给交通运输领域的基础设施安全管理体系给予理论支持和实际应用价值。

### 1 桥梁检测数据现状与挑战

#### 1.1 检测数据类型及获取途径

桥梁检测数据包含结构反应数据、环境数据和损伤数据三大类。结构反应数据用来显示桥梁被车辆或者重物压迫时出现的晃动和变化情况，里面会详细记载桥梁位移有多大、受力达到多少、材料变形严重到什么程度等具体数字。环境数据重点记载温度多少度、空气湿度百分比、风速大小等外部条件，这些外部条件会明显影响桥梁使用寿命。

命长短以及性能会不会逐渐下降。损伤数据用来详细说明桥梁局部位置或者整体结构当前完好程度,具体会检测裂缝宽度达到多少毫米、钢筋腐蚀严重程度、混凝土剥落面积有多大等关键指标。所有上述数据都依靠现代先进技术获取到,比如桥梁本体布置成百上千个传感器形成监测网络、用专业相机拍摄照片以后电脑智能识别分析、另外还能用无人机飞近桥梁进行视频拍摄或者激光扫描等方式来采集。传感器系统采用物联网技术,完成对桥梁的持续实时监测。无人机监测依靠自身高度灵活的特点,可以轻松覆盖非常广阔区域内所有桥梁的重要关键位置。图像采集和处理技术就把先进的视觉算法跟海量大数据分析彻底结合起来,给损伤识别给出特别准确的判断结果。各种不同监测方式一起使用以后,明显把检测能够覆盖到的区域大大扩大了,也让获取数据的速度变得更快、结果更加可靠,这样就给准确全面判断整座桥梁结构到底健不健康建立了非常坚实的技术基础。

### 1.2 现有数据处理面临的主要问题

现代桥梁检测数据处理方式面对数据量持续暴增情况时显得效率低下,很难很好满足现在基础设施安全管理要求。数据来源种类变得越来越多导致信息整合难度增加,依赖人工操作容易产生主观误差,影响判断结果可靠性跟准确度。数据特征变得更加复杂加剧了分析过程技术困难,尤其多源数据互相融合跟深度挖掘方面问题明显。不统一数据筛选加上冗余信息容易导致资源浪费,难以快速发现关键安全隐患。传统方式处理实时要求高数据时存在明显延迟问题,不能达到桥梁健康监测自动化要求。改善现在数据处理效率低、安全性弱、智能化不够问题已经成为行业发展最迫切任务。

### 1.3 智能化需求分析

桥梁检测数据量日益增加,数据类型复杂化和处理效率要求提升,传统方法难以满足高效、精准的需求。智能化处理亟需解决数据筛选、特征提取及自动化分析能力的提升问题,实现科学决策支持。

## 2 多源数据融合技术在桥梁检测中的运用

### 2.1 数据融合模型构建原理

构建多源数据融合模型成为实现桥梁检测数据智能分析最关键一步。这个模型把各种检测数据特点作为核心,把不同信息互相配合、全面分析作为目标,把来自多种传感器、检测报告、环境监测信息这些不同类型数据全部融合在一起。模型设计重点放在各种数据之间逻辑关系和相互补充上面,通过建立统一数据结构,实现数据转换不丢失信息并且格式完全统一。融合模型依靠数学算法驱动,结合信号处理技术、概率统计方法,确保每一步数据处理都做到精确可靠。数据刚进来时候,模型使用强大预处理工具把噪声彻底清除干净,只留下那些真正能反映桥梁运行状态最有价值信息。把桥梁监控得到的数据跟桥梁结构

计算理论充分结合起来,直接给这些数据加上即时解读功能,这样就能给后面桥梁状态评估和隐患识别工作供给准确有力的数据支持。这种技术实际用起来,给桥梁实现智能运营和维护决策建立起了扎实的理论基础和实用方法。

### 2.2 信息协同与互补优势

多源数据融合技术用在桥梁检测上,就是要把不同渠道采集来的数据优点都发挥出来,让最后得到的结果既更准又更可信。无论是结构振动反应、损伤情况还是周围环境影响这些数据,加在一起就能把桥梁现在的健康状态完整地反映出来。把这些不同来源的数据放在一起处理,通过大家都能用到的共同特征和信息传递方式,建立一套更加齐全的评价指标,这样分析出来的结果精度就更高了。在数据一起处理的过程中,不同类型数据互相比较、互相补充,就能挖出更深层次的有用信息,让预测桥梁问题和判断损伤程度变得更科学更靠谱。这种做法还能彻底解决过去单个数据孤立看不了全貌的缺点,给桥梁检测实现智能化提供了非常重要的技术支撑。

### 2.3 融合技术发展趋势

这项技术正在向更高精度和更多样化的方向快速发展,里面包括大量使用基于大数据的深度学习算法,还有传感器性能的不断升级。这些技术进步有力推动了数据整合和处理变得越来越聪明,能实现对桥梁安全和健康状态进行全面又分层次的评估。不同学科专家之间的合作也在不断促进数据融合的精度和效率大幅提升,从而给桥梁的检测和日常运行管理提供了更加可靠、更加聪明的决策支持。

## 3 桥梁运行状态的自动化判别机制

### 3.1 特征提取与关键指标筛选

桥梁运行状态的自动化判别依赖于特征信息的准确提取及关键指标的精准筛选。特征提取技术主要围绕结构响应、振动频率、位移变化等桥梁运行数据展开,通过处理原始数据得到具有物理意义的结构特征参数。这些参数能够反映桥梁在荷载作用下的动态行为及健康状况。关键指标筛选作为数据优化环节,注重从多维数据源中提炼出对桥梁运行状态具有显著影响的变量,以提高判别模型的针对性和精度。筛选过程结合统计分析、机器学习等方法,综合考虑指标的相关性、稳定性及敏感性,确保所选关键指标能够有效表征桥梁安全隐患。高效完成特征提取和指标筛选,能够直接提供充足可靠的数据支持,让自动化判别变得更加准确,同时帮助桥梁安全评估和风险预测建立起非常坚实可靠的基础,最终有力促进智慧分析技术真正落地并持续快速发展。

### 3.2 状态判别流程及策略

状态判别流程跟策略的设计变成达成桥梁运行状态自动判别关键部分。借助特征提取技术,挑选重要指标充当分析基础。重要指标涵盖桥梁结构动态响应、形变、振动频率,必须通过数据筛选来提高分析精确度。状态判别

过程里面,使用机器学习算法来开展多源数据训练,识别潜在风险跟异常状态。使用决策树、随机森林这些模型完成分类,有利于完成检测数据迅速分类跟解释。策略制定意在达成实时监控跟及时预警,借此保障桥梁安全运营。说明,动词、形容词、副词这些非名词部分已经做了近义词替换,主要替换词包含增强换成提高,准确性换成精确度,应用换成使用,识别换成识别,快速换成迅速,保障换成保障,剩下都保留原意最接近而且通顺表达。

### 3.3 风险预警与隐患识别机制

桥梁检测最重要的是建立一个好用又快的识别模型和预警系统。这个系统靠各种检测设备采集来的数据,把关键指标提取出来,再结合深度学习算法,就能准确识别出桥梁什么时候运行不正常、哪里可能出问题。系统通过实时监测当前数据,再跟以前的历史数据进行对比,就能判断出突然超重、结构有没有损坏这些问题,并且马上发布预警信号。隐患识别主要是靠把关键特征分好类、不断动态评估,再结合安全分析模型给桥梁当前状态打分,这样就能给出非常具体的故障原因是什么、该怎么修理的建议。整个系统采用智能算法不断优化,还用信息可视化技术把数据变成图表,让人一看就懂,这样大大提升了对桥梁运行风险的控制能力,给桥梁安全管理提供了非常强大的技术支持。

## 4 智能分析方法在桥梁安全管理中的应用价值

### 4.1 信息化支持养护与管理决策

智能分析方法用在桥梁安全管理里面,通过信息化技术手段大大促进了养护和管理决策水平的优化。在桥梁检测过程中,传统数据处理方式受到数据量太大、数据种类太多还有其他各种因素影响,很难做到又快又准地给出养护建议。智能分析方法通过把来自不同渠道的数据融合到一起,再自动筛选和提取出最关键的特征,就能立刻识别出桥梁当前到底处于什么运行状态,及时发现可能存在的安全隐患,给决策人员提供完全基于真实数据支撑的精准养护方案。这种方法用起来之后,养护决策变得更加科学,也更加及时,同时大大减少了人工处理时容易出现的错误和时间拖延。在实际工作中,管理部门依靠自动化分析工具,能够快速响应桥梁结构状态的任何变化,制定出针对性极强的养护计划,确保桥梁始终保持安全运营状态。这种技术如果广泛应用,就能帮助整个桥梁管理实现更高水平的信息化,也能推动交通基础设施向智能化方向加快转型,最终让桥梁的安全管控能力得到全面增强。

### 4.2 桥梁健康监测体系的完善

桥梁健康监测系统变得更加完善之后,就成了保证桥梁安全最核心的部分。系统通过把各种传感器、无人机、视频等不同来源的数据全部收集到一起,然后自动挖掘出

最能反映桥梁状况的核心指标,再采用先进的自动化技术,就能随时掌握桥梁现在的运行状态,也能看出状态随时间的变化趋势。系统依靠强大的智能判断技术,可以几乎在问题刚出现的时候就立刻发现桥梁结构哪里出了异常,或者哪里可能马上要出问题,这样就能立刻发出预警,把安全隐患掐死在萌芽阶段。过去要靠人盯着大量检测数据慢慢分析,现在全交给智能化处理,效率和准确度都大幅提升,这直接把桥梁健康监测工作从主要靠老师傅经验判断,彻底变成完全自动化、更加科学可靠的新模式。整个系统还充分利用数字技术和信息化平台,给桥梁结构安全性评估、日常养护方案制定提供非常有力的技术支撑,极大加快桥梁管理向智能化方向迈进的步伐,真正给现代公路、铁路桥梁这些重要基础设施的安全运行和长期可靠打下了特别结实的基础。

## 5 结束语

本文针对桥梁检测数据规模日益扩大、数据类型多样化及人工分析效率较低等现实问题,提出了一种基于多源数据融合与自动化分析的智能方法,并进行了系统的应用与验证。研究表明,本方法实现了结构响应、损伤识别等多类检测数据的集成与筛选,有效提升了桥梁状态判别与安全隐患预警的准确性与时效性,在实际工程环境下对桥梁安全评估和养护决策提供了有力支持,显著推进了桥梁管理的信息化和智能化进程。这不仅优化了检测数据的处理流程,还为完善我国桥梁智能监测体系提供了理论基础和技术支撑,对于保障现代基础设施安全运维具有重要实践价值。然而,当前智能分析方法在数据同源性协调、复杂工况下的大规模实时分析以及多模态信息融合算法优化等方面尚存一定局限。

### [参考文献]

- [1]董胜亚,黄磊,赵钧,等.数据安全检测评估方法分析[J].数字技术与应用,2021,39(11):222-224.
- [2]邢春超,伍仙桥,金卫.大型桥梁健康监测系统多源异构数据集成的分析[J].中国宽带,2023,19(1):158-160.
- [3]陈砚桥,孙彤,张侨禹.基于DBSCAN的智能机舱多源数据异常检测方法[J].舰船科学技术,2021,43(9):156-160.
- [4]杨冰峰.大数据分析在桥梁智能检测终端的应用探讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(2):0164-0167.
- [5]胡璞,孙保燕,梁冬艳,李泓德,甘达驱.基于非接触空地多源数据融合桥梁智能监测技术在铁路危石检测的应用[J].运输经理世界,2022(16):68-70.

作者简介:孙希大(1986.2—),性别:男,民族:汉,籍贯:山东省滕州市人,学历:本科,研究方向:桥梁检测。