

基于大数据的桥梁抗风及行车安全预警系统研究

崔桐¹, 张宇¹, 王瑞曦²

(1. 山东建筑大学交通工程学院, 山东 济南 250102; 2. 山东建筑大学, 山东 济南 250101)

摘要: 随着我国八纵八横高速铁路网的快速建设, 修建于峡谷、沙漠、海峡等大风区中的高速铁路桥梁及大跨度桥梁也日益增多。而在大风区, 横风是制约列车提速以及影响列车运行安全的主要因素, 传统的预警方法已难以满足现在人们的需求。随着互联网技术的高速发展, 开发高效、实时、简洁的桥梁抗风及行车安全的预警系统迫在眉睫。本文拟设计出一种基于大数据的桥梁抗风及行车安全预警系统。首先, 通过数据库技术收集天气情况作为数据基础, 运用 MATLAB 数值模拟分析技术及有限元软件 Midas 计算得到桥梁的动力响应; 然后, 利用数值模拟技术并再次结合数据库技术, 实时掌握车辆安全性指标与舒适性指标, 预测车辆动态安全性及桥梁的安全性; 最后, 将预测结果通过手机 APP、公众号、小程序或网页等形式进行网络实时发布, 便于人们及时掌握这些信息, 合理安排出行计划。

关键词: 桥梁抗风; 行车安全; 大数据; 预警系统

中图分类号: U446

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.32.023

近年来, 我国建成了多项举世瞩目的重大工程, 桥梁已成为中国建造的靓丽名片。然而, 在桥梁建设迅速发展的同时, 桥梁事故也屡有发生, 风是桥梁所受的主要威胁之一。强风作用通常会加剧车桥系统的振动, 持久的振动可能会引起桥梁结构的疲劳, 降低车辆的驾乘舒适性。风力过大甚至会导致行车安全事故, 经常出现因为风的作用导致车辆无法安全通过桥梁的情况, 严重影响到驾乘人员的生命和财产安全。

目前, 我国对车辆是否可以安全地在桥梁上行驶的预警并不完善, 主要通过人工在现场安装风速仪、加速度计等仪器对风特性及结构风致振动响应进行长期的观测, 从而获得风特性或者利用风洞试验获得风特性^[1]。但这两种方法既有可能过低的预估大风气候下的桥梁通行能力, 造成交通资源的浪费; 也有可能过高地评价桥上行车安全, 埋下交通安全隐患^[2]。

本研究拟以气象部门预测的天气情况(主要包括风速和风向)为数据基础, 将其输入数据库, 通过数值模拟得到脉动风速。采用有限元软件建立不同类型的桥梁模型; 并将其输入数据库, 计算得到风荷载; 从而计算出车辆和桥梁的动力响应以及车辆的安全性指标、舒适性指标。根据上述数据, 判断在未来一段时间内桥梁本身是否安全, 以及车辆是否需要减速行驶甚至停止运营, 以保证驾驶人员生命和财产安全。因此, 本研究成果可为桥梁交通管控和抗风预警提供理论参考。

1 预警系统的总体设计

1.1 预警系统架构

预警系统包括信息收集模块、信息处理模块、信息发布及

预警模块等四大模块。首先, 系统进行信息收集, 收集当地风特性、桥梁、车辆参数等信息。其次, 运用 Midas 软件建立各种类型的桥梁模型。通过采用 MATLAB 软件进行风场模拟, 获得所需的脉动风速导入 MIDAS 桥梁 MCT 文件中, 进而计算出桥梁的动力响应和车辆安全性指标。然后, 将收集的信息和计算所得的安全指标存于数据库, 用于实时掌握列车的安全性。最后, 利用 vue 和 bootstrap 集成的可视化平台进行信息发布以方便驾驶人员查看车辆详情; 同时, 相关主管部门也可以根据平台的预测信息采取有效的防范措施。

1.2 研究方法

结合气象数据、桥梁、车辆等参数, 利用 MATLAB 软件对车桥系统风荷载进行计算, 获得车辆和桥梁的静风力荷载和脉动风荷载^[3]; 从模拟结果中提取风场信息, 并将获得的风荷载导入 MIDAS 桥梁 MCT 文件中。

对采用 MATLAB 软件得到的风荷载进行“风-车-桥”耦合振动分析^[4], 选用车轮横向力、轮轨减载率、脱轨系数、倾覆系数等作为行车安全性的评价指标^[5]; 选用加速度和 Sperling 指标作为行车平稳性指标^[6], 并将不同风况下车辆的动力响应与桥梁本身结构抗风能力相结合, 得出车辆安全性指标。

利用数据库掌握车辆的安全性, 数据处理的流程如图 2 所示。导出数据处理过程中各层次中得到的初步结论, 即可直观地了解桥梁状况的变化趋势。

对于正常的序列, 统计一定时间内的最大值、最小值、平均值、标准方差等统计学属性。单一的值并不能反映桥梁的

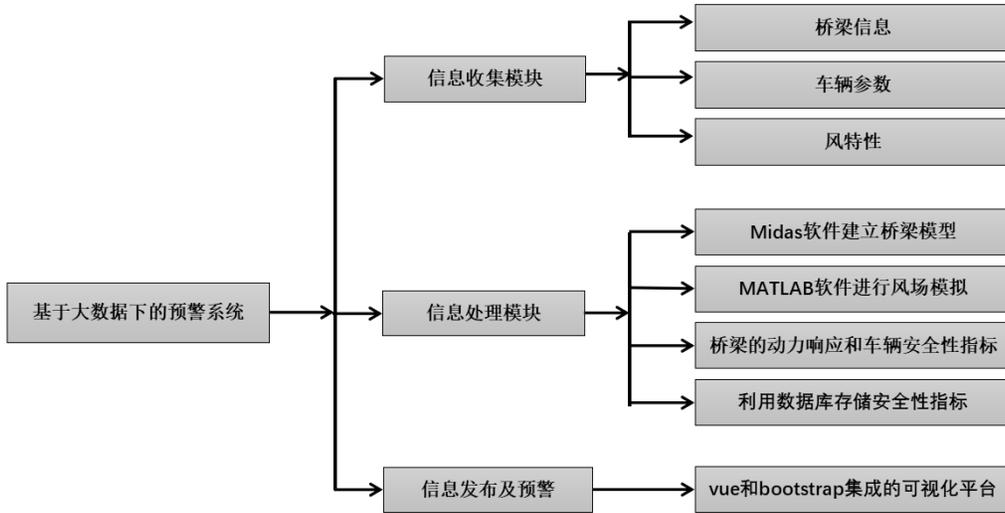


图1 基于大数据的预警系统

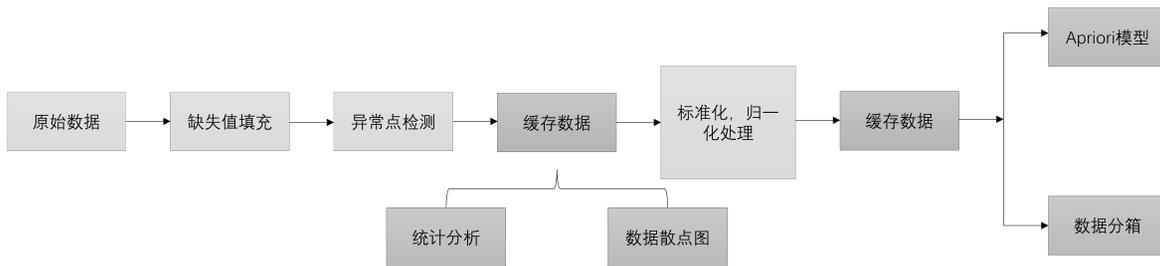


图2 数据处理流程图

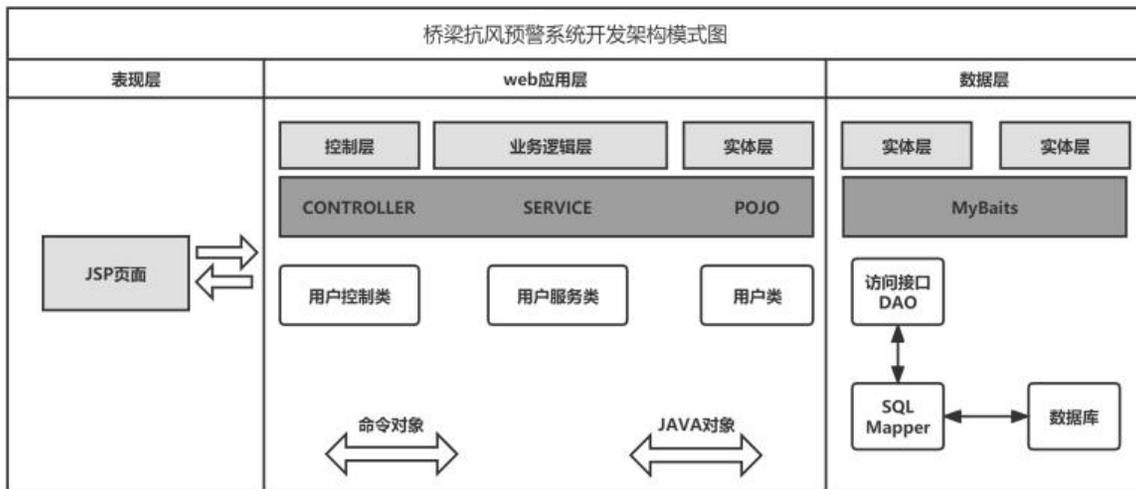


图3 桥梁抗风预警系统开发架构模式图

结构状态，因此，通过分析一段时间范围最大值、最小值、平均值、标准差的变化趋势，并对局部数据变化趋势进行分析，可以部分反映桥梁的结构变化状况。异常数据值的展现，对于查找桥梁对应的结构并及时处理问题有着重要的作用。以正常监测值为基础，对异常数据值或异常序列进行识别，得出初步的结论，从而得到桥梁参数的波动规律，发现参数之间的相互隐含规律。

2 实现预警系统软件

2.1 搭建软件开发环境

本系统采用软件开发生命周期的方法，采用自顶向下、逐步求精的结构化的软件设计方法，基于数据分析的 Apriori 挖掘关联规则算法^[7]、C4.5 决策树算法和随机森林算法^[8] 搭建了 vue 和 bootstrap 集成的可视化平台。驾驶人员可通过手机 APP、网页、公众号、小程序等数字图像的形式查看车辆详情，可以

有效地减少空间和时间的限制。再者，相关主管部门可以根据平台预测的信息采取有效的防范措施。

2.2 软件架构原理

采用数据库管理方式对资料进行归纳和管理。数据库根据桥梁信息属性统一进行存储，以实现桥梁信息查询的便捷性，从而快速实现桥梁信息的定位、收集及统计功能。借助数据库，完成涉及信息的采集、处理、反馈等一整套流程，实现对车辆安全的监控与识别。同时，结合人工数据补充，按照交通大数据开发与应用体系框架，对收集到的车辆数据筛选、处理、分析。

软件系统采用三层结构，分别是表现层、WEB应用层和数据层。表现层是JSP页面，在浏览器中运行，是MVC的View。WEB应用层的控制层是MVC的Controller，业务逻辑层是MVC的Service，实体层是MVC的POJO。数据层由MyBaits数据库开发框架组成。

3 桥梁预警系统特性

(1) 数据模拟风的特性，具有效率高、可重复性、消耗成本低、方便开展、不受气象条件和地形条件等因素干扰等优点。

(2) 数据库应用。大数据车辆安全系统为实现桥梁安全维护资料的全面性、完整性，以及为桥梁维护管理的便捷性提供良好的平台。实现动态数据库存储方式，具有更方便查询信息、准确性高、易于维护、存储容量大等优点。

(3) 可视化平台应用。采用APP、公众号、网站、网页等服务器发布预警信息，用户可以通过客户端实时访问服务器，及时了解信息详情；同时，为用户提供了可视化、友好界面、安全快速、全面的服务功能。此外，可视化平台应用也为桥梁管理人员提供了快捷查询的功能，多角度、多方位、多层次地提供车辆安全对比信息，为车辆安全快速、准确及有效的决策提供高质量的服务。由此可见，该应用实现了预警信息普遍性与实时性，有效地减少空间和时间的限制。

4 结语

综上所述，本文提出了一套基于大数据的桥梁抗风及行车安全预警系统，对我国目前使用的在大风作用下车辆是否能在桥梁上安全行驶的预警系统进行了优化设计，并分析了依靠数据库技术实现预测车辆安全性的信息化、便捷性、智能性、时效性、统一规范等内容；为不同级别、不同地区的管理用户对线路级、路网级车辆提供了便捷的智能化管理平台，形成一种

新的桥梁安全维护的合作模式和革新方式，为保障我国的交通安全提供了帮助，对预防交通事故的发生，以及保障驾驶员的生命财产安全有着十分重要的意义和实际应用价值。

参考文献：

[1] Sharma Pramod Kumar, Gautam Atul, Warudkar Vilas, Ahmed Siraj, Bhagoria J.L. Analysis of wind characteristics parameters with the application of lidar and mast[J]. Wind Energy. 2020-11-18.

[2] 韩智超. 侧风环境下高大桥梁行车安全及预警系统研究[D]. 山东：山东交通学院，2019.

[3] 刘文洋，张文福. 三维空间相关风场的计算机模拟及MATLAB程序实现[J]. 空间结构，2008，14(02)：14-17.

[4] Han Wanshui, Liu Xiaodong, Guo Xuelian, Chen Shizhi, Yang Gan, Liu Huanju Research status and prospect of wind-vehicle-bridge coupling vibration system[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2022-02-05.

[5] Yang Yongzheng, Du Zhigang, Jiao Fangtong, Pan Fuquan Analysis of EEG Characteristics of Drivers and Driving Safety in Undersea Tunnel[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021-09-17.

[6] Huang Caihong, Zeng Jing Comparison of the Maxwell model and a simplified physical model for a railway yaw damper in damping characteristics and vehicle stability assessment[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail ; and Rapid Transit. 2022-03-01.

[7] 刘华婷，郭仁祥，姜浩. 关联规则挖掘Apriori算法的研究与改进[J]. 计算机应用与软件，2009，26(01)：146-149.

[8] 徐鹏，林森. 基于C4.5决策树的流量分类方法[J]. 软件学报，2009，(10)：2692-2704.

作者简介：崔桐(2002-)，男，吉林吉林人，山东建筑大学本科在读，主要从事道路桥梁与渡河工程研究；张宇(2001-)，男，山东泰安人，山东建筑大学本科在读，主要从事道路桥梁与渡河工程研究；王瑞曦(2002-)，女，山东泰安人，山东建筑大学本科在读，主要从事数据科学与大数据技术研究。

基金项目：2022年山东省大学生创新创业训练计划项目。