

Research on Detection Method of Bridge Structure Based on UAV Non-contact Vision Technology

Zhengkun Feng Guoyi Liu Peicheng Shen Zhuocheng Lu Yi Su

Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu, 210037, China

Abstract

The regular inspection of the bridge structure is of great significance to the normal use of the bridge in its life cycle. In order to solve the problem of high cost and low return brought by manpower in the traditional bridge detection, and to realize the more economical and fast detection of the bridge, this paper summarizes and reviews the technical points of the current UAV non-contact vision technology applied to bridge structure, summarizes the technical requirements of UAV in route planning, data collection, result analysis and evaluation, and puts forward the prospect of the future development of the technology, which can provide help for the follow-up research of the method.

Keywords

bridge structure; UAV; non-contact vision technology; structure detection; image processing

桥梁结构基于无人机非接触式视觉技术的检测方法研究

冯正坤 刘国懿 沈沛诚 卢卓成 苏毅

南京林业大学, 中国·江苏·南京 210037

摘要

对桥梁结构进行定期检测对桥梁在其生命周期内能够正常使用有着重要的意义。为解决传统桥梁检测中由于人工等带来的高成本、低回报的问题,实现对桥梁的更加经济、快速的检测,论文对目前无人机非接触式视觉技术应用于桥梁结构时的技术要点进行了总结与回顾,对无人机的路线规划、数据采集、结果分析评估等方面的技术要求进行了综述,对该技术的未来发展提出了展望,可对该方法的后续研究提供帮助。

关键词

桥梁结构; 无人机; 非接触式视觉技术; 结构检测; 图像处理

1 引言

桥梁是交通运输系统的重要组成部分,为了维持桥梁结构的健康工作状态需要对桥梁进行定期检测。传统上的桥梁结构检测是依靠专业的技术人员亲临现场,利用某种检测方法对结构病害的外在表现进行检测,例如用裂缝刻度尺和放大镜量测裂缝宽度是最常用混凝土表面裂缝测量方法;或是利用传感器与评价系统对结构进行实时的监测,如布置光纤传感器对桥梁的动力特性等进行数据采集等^[1]。如今人工结构检测难度不断提高,而为大量桥梁结构专门建立监测系统成本过高。因此,寻找一种高效、安全可靠、低成本的检测方式,对结构检测评估、制定加固方案有着积极的意义。

目前,无人机在结构检测方面已有了较多的应用。以旋翼无人机为例,其具有操作简单、环境适应能力强等优点,

尤其适用于人工难以检测的场合。然而,目前基于无人机非接触式视觉技术的检测方法技术新、经验少,技术不系统,较难开展进一步研究。论文以无人机路线规划、数据采集、分析评估为技术路线对这种检测技术进行总结与回顾,旨在为无人机应用于结构的无损检测提供新思路与新启发。

2 无人机检测路线规划

桥梁结构作为现代交通的生命线工程,其规模可达数千米,这就对检测用无人机的持续工作能力提出了较高的要求。无人机的检测需要向着智能化、自动化的方向发展,应快速确定桥梁需要检测的重要部位,进行合理快速的路线规划。

2.1 结构重要部位的确定

为提高检测效率,首要的任务就是确定桥梁结构重要的

待测部位。一般重要部位可利用力学分析、计算机模拟或根据规范方法来确定。《三维混凝土结构“优先开裂”裂缝开展全过程分析》^[2]对混凝土梁裂缝开展全过程仿真分析,即基于有限元方法的“优先开裂”准则的混凝土开裂迭代流程。该方法通过对每个开裂点逐次进行应力释放、刚度修正,并通过刚度矩阵局部修正方法计算开裂后结构总体刚度矩阵,进行结构位移、应力重分布。该迭代策略结合弥散裂缝模型可实现混凝土开裂精细化数值仿真。通过这样的方法,可以实现快速判别危险点的位置。《公路桥涵养护规范》^[3]中则详细规定了推荐的桥梁各部权重及综合评定方法,可作为判断重要部位的依据。

2.2 室外自动巡航

无人机自主巡线是快速完成检测作业的重要保障,需结合检测作业环境辅以传感器监测进行自动巡航路线规划。《A flexible reference point-based multi-objective evolutionary algorithm: An application to the UAV route planning problem》^[4]研究了无人机在连续地形中移动的多目标航线规划问题,提出一种基于偏好的多目标进化算法,以实现总距离最小化,这种方法可以适用于待测点较多而且会根据检测要求发生改变的情况,利用这种算法有助于无人机在确定检测部位后快速进行路线的规划。

3 无人机的数据采集与分析

实现无人机结构检测,要求无人机能在调查过程中准确地获取图像并且能够对图像进行简单的处理以获得关键数据,并由计算机根据原始数据完成破坏情况的智能判别。

3.1 无人机飞行姿态稳定性控制

为获取清晰准确的图像,无人机应具有扰动抑制能力。目前主要有两类扰动抑制方法。第一类是基于系统动态模型的控制方法;第二类是采用闭环控制策略来抑制扰动的基于扰动观测器(简称DOB)控制方法。《基于加速度反馈增强的旋翼无人机抗风抗扰控制》^[5]提出了一种使用加速度反馈数据进行控制的方法,利用状态传感器获得无人机的扰动(包括外力扰动以及内部扰动)基本信息,推算扰动和系统之间的关系,以此实现扰动抑制。

3.2 数据的采集

传统上的无人机都是靠搭载的吊舱里的摄像机进行图像数据采集的。随着计算机处理能力的提高,倾斜摄影技术^[6]得到了更加广泛的应用,这种图像采集技术可以对无人机在倾斜角度下拍摄得到的畸变照片进行矫正以满足后续图像处理的要求,能够帮助在某些结构发生严重倾斜的情况下快速准确地获取信息。

4 图像的分析与评估方法

4.1 尺寸测量方法

裂缝是混凝土结构破坏的直接表现形式之一,结构的安全性受裂缝的长度、宽度、分布情况影响较大。有关如何利用无人机以及图像识别技术进行裂缝尺寸的测量,可总结出一种目前应用较为广泛的测试方法,在已获得原始图像的情况下,裂缝尺寸的计算应分为图像预处理和尺寸测量两个部分进行:首先对采集到的图像通过一种基于改进的SFC结合法的图像处理方法进行处理,利用Canny^[7]算子完成裂缝边缘特征的确定,接着通过阈值分割的方式裂缝图像转化为只有黑白两色的二值图像。然后利用图像数值化的方法^[8],将处理后的裂缝轮廓二值图像上的每一个像素点进行位置标定,便可获得任意两点之间的像素个数,通过与实际参照物的大小比对就可以计算出某特定方向上的裂缝尺寸。

4.2 图像分析方法

当完成尺寸计算后,就需要对测得结果进行分析以及进行结构安全性评估。根据裂缝进行判断与评估主要分为两种模式:其一为根据裂缝的尺寸判断结构构件的技术状况;即根据《公路桥涵养护规范》中规定的不同形式的桥梁裂缝宽度容许值以及根据对应的技术状况评定标准,将无人机测得的裂缝宽度值与规范的规定进行比对便可以得到相关的评估结果。其二为根据裂缝的分布模式判断结构构件的破坏模式。随着计算机技术的发展,有关利用计算机进行裂缝模式的识别与对比的研究也正在开展。例如,2017年,加拿大的曼尼托巴大学的Young-Jin Cha教授与麻省理工的Oral Buyukozturk教授利用卷积神经网络进行裂缝识别^[9],使用了四万张裂缝照片进行卷积神经网络训练,实现了了98%的准确率。表明使用卷积神经网络进行裂缝识别相较于传统的Canny和Sobel边缘检测算法相比具有更高的准确性,对环境的变化也具有更好的鲁棒性,适用于复杂多变的工程环境。

4.3 无人机针对桥梁支座病害的检测方法

桥梁支座的病害是对桥梁使用影响较大的病害之一,桥梁长期受到偏心荷载、水平荷载的作用或者受到地震、冲击等偶然荷载作用都有可能发生支座位移或者制作损坏。随着计算机技术与人工智能技术的发展,由人工智能进行支座破坏情况的判断准确率已经接近甚至超过人类。因此,利用图像识别技术与卷积算法进行支座的检测已经具有了相当的实用性。

《基于图像处理的桥梁支座病害自动识别关键技术研究》^[10]提出了一种基于图像识别的桥梁支座检测方法,针对桥梁支座图像的特点,指出在保证桥梁支座的病害特征在图像处理不改变的前提下,可运用图像处理的手段实现训练数据库的扩增,并进行深度卷积神经网络的训练,采用迁移学习技术提高了神经网络的识别精度。基于卷积神经网络和无人机图像识别的桥梁支座病害自动识别技术有希望通过学科交叉结合形成一种更具优势的桥梁支座检测方法,使桥梁支座的检测更加高效。

5 结论与展望

综上所述,论文对无人机非接触式视觉在桥梁结构检测中技术要点进行了综述。概括为:无人机检测路线规划、数据采集、结果分析评估,并将之整理为明确的技术路线,旨在通过对现有技术分析和总结为后续的研究指出可能存在的问题和研究方向。经过分析,目前无人机非接触式视觉在桥梁结构检测领域还存在以下关键问题需展开深入的研究:

(1) 无人机检测可利用5G技术实现长距离操作、图像实时云端存储、实时处理等功能,但目前还鲜有此方面的研究。

(2) 目前无人机仅能借助图像进行检测,应配置辅助操

作工具进行其他检测内容,使其检测功能更完善。

(3) 还需研发二次开发的商业软件或编写并行有限元程序自动判断各种结构的检测重点部位。

参考文献

- [1] 张宇峰,李贤琪.桥梁结构健康监测与状态评估[M].上海:上海科学技术出版社,2018:13-42.
- [2] 王潘绣,赵海涛,宣卫红等.三维混凝土结构“优先开裂”裂缝开展全过程分析[J].建筑结构,2016(15):85-90.
- [3] 中华人民共和国交通部.公路桥涵养护规范:JTGH11—2004[S].北京:人民交通出版社,2004:12-13.
- [4] Dasdemir E, Köksalan M, Öztürk D T, et al. A flexible reference point-based multi-objective evolutionary algorithm: An application to the UAV route planning problem[J]. Computers & Operations Research, 2020(114), 104811.
- [5] 代波,何玉庆,谷丰等.基于加速度反馈增强的旋翼无人机抗风扰控制[J].机器人,2019:1-10.
- [6] 荆帅军.基于无人机倾斜影像的建筑物震害提取研究[D].北京:中国地震局地震预测研究所,2019:1-9.
- [7] 郭宝立.试论基于无人机采集图像的建筑物表面裂缝检测方法[J].居舍,2019(18):173.
- [8] Yao Yao, Shue-Ting Ellen Tung, Branko Glisic. Crack detection and characterization techniques — An overview[J]. Structural Control and Health Monitoring, 2014, 21(12):1387-1413.
- [9] Cha Y-J, Choi W, Büyüköztürk O. Deep Learning-Based Crack Damage Detection Using Convolutional Neural Networks[J]. Comput Civ Infrastruct Eng [Internet]. 2017;32(5):361-78.
- [10] 崔弥达.基于图像处理的桥梁支座病害自动识别关键技术研究[D].南京:东南大学,2018:29-65.