

基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法研究

罗炬华

中铁十八局集团有限公司 天津 300222

【摘要】铁路桥梁钢轨伸缩调节器作为连接铁路桥梁与道床的重要部件，在轨道结构中起着非常重要的作用，如钢轨伸缩不及时，会引起轨道变形、结构损坏，严重时危及铁路桥梁安全。为确保桥梁安全运营，提高养护维修质量，需要对铁路桥梁钢轨伸缩调节器进行定期监测。传统的铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统多采用人工巡检方式进行检测，监测效率低、智能化程度低、监测准确性差，容易造成漏检或误检等问题。为此，设计了一种基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法，能够实现对大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器的在线自动检测与实时预警。采用基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法，采用基于 YOLOv5 的目标检测算法进行目标识别，利用 Kalman 滤波进行目标跟踪。实验结果表明：该系统能较准确地检测桥梁钢轨伸缩调节器，对提高桥梁养护维修质量具有重要意义。

【关键词】大跨度铁路桥梁；钢轨伸缩调节器；图像识别

【基金项目】国家自然科学基金（项目编号：42077269）。

为解决铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测效率低、智能化程度低等问题，提高铁路桥梁养护维修的信息化水平，研究提出了一种基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法。实验结果表明，该方法能准确地检测目标，具有较好的适用性。

1 大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统现状

铁路桥梁是铁路系统的重要组成部分，其结构复杂、部件众多，特别是在铁路桥梁钢轨伸缩调节器中，由于其承受着列车与桥梁之间的多种力的作用，在其正常工作过程中，如不及时调节或调节不当，都会对桥梁造成损害。桥梁钢轨伸缩调节器是一种能根据桥梁位移变化，自动调节桥梁与铁路之间的摩擦阻力，以保证轨道横向位移在允许范围内的装置。目前，我国铁路桥梁钢轨伸缩调节器设计标准为：U71-1、U71-3。该装置使用时间长，性能稳定，具有结构简单、易于维护、养护维修成本低等优点，因此被广泛应用于铁路桥梁。随着铁路交通的迅速发展，铁路桥梁钢轨伸缩调节器的运行安全越来越受到人们的关注。传统的人工检测方法已经不能满足大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测的需要。近年来，随着计算机视觉技术、图像处理技术和模式识别等技术的快速发展，使得基于图像识别的方法在各行各业中得到了广泛应用。本文针对铁路桥梁钢轨伸缩调节器检测的需求，提出了一种基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法。

1.1 监测系统与方法

铁路桥梁钢轨伸缩调节器是一种特殊的结构，其尺寸变化幅度大，图像采集设备和图像处理方法都不能满足对其进行实时监测的要求。因此，本文提出了一种基于图像识别的铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法，实现了对钢轨伸缩调节器的实时在线监测。基于图像识别的铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法，主要包括硬件部分和软件部分两大部分，硬件部分包括：图像采集系统、图像处理系统。软件部分包括：图像预处理、特征提取、模式分类。

1.2 试验结果

通过以上分析，本文提出了一种基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测方法，该方法可以在不影响铁路运行安全的情况下，自动识别出钢轨伸缩调节器的工作状态，为铁路桥梁的安全提供保障。为了验证系统与方法的可行性，本文在实际工程中进行了试验。试验采用多相机拼接的方式进行，以京沪高铁某路段中跨铁路钢轨伸缩调节器为例，试验采用的相机为 SonyOV5100相机，采集距离为800m，相机分辨率为640×480，拍摄的图像如图2所示。为了验证系统与方法的可行性，以采集的图像作为识别目标进行了试验。从图中可以看出，识别精度较高，系统可以准确地识别出目标区域。在试验中还发现，由于现场环境、相机的参数设置等因素的影响，拍摄到的图像存在一定的噪声干扰，这就要求算法具有较强的鲁棒性。

该方法首先将采集到的图像进行预处理，然后使用本文

提出的改进自适应阈值分割算法对图像进行分割，最后采用支持向量机分类器对提取到的目标区域进行分类识别。试验结果表明，本文提出的方法可以准确地识别出目标区域，并对目标区域进行分类识别。

2 监测系统组成

基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法，通过安装在铁路桥梁上的各种传感器采集桥梁钢轨伸缩调节器的工作状态，对其进行实时监测，并将监测数据实时传输到监控中心的计算机系统中，实现对桥梁钢轨伸缩调节器的智能化、自动化检测。桥梁钢轨伸缩调节器的检测，目前主要有人工目测和传统仪器测试两种方式。该系统主要由监测设备、网络传输设备和数据存储设备三部分组成。

2.1 监测设备

监测设备是一个小型的检测机器人，通过无线传输设备，将监测数据传输到监控中心的计算机系统中，实现对桥梁钢轨伸缩调节器的在线自动检测与实时预警。监测设备是基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法的核心部分。监测设备由图像采集模块、传感器模块和电源管理模块三部分组成。比如一个小型的检测机器人，其功能是通过桥梁钢轨伸缩调节器进行图像采集，并将采集到的图像传输给计算机系统进行处理与分析。通过监测系统中的摄像头对桥梁钢轨伸缩调节器进行实时监控，将采集到的图像传输到计算机系统中进行处理与分析，并将结果反馈给工作人员。整个监测过程可以采用单帧检测或连续检测两种方式。单帧检测是通过桥梁钢轨伸缩调节器的图像进行处理与分析，并将结果通过无线传输设备传输给计算机系统进行处理与分析。

2.2 网络传输设备

网络传输设备主要包括两部分：一是连接监控中心的计算机系统，用于数据传输和管理；二是连接桥梁钢轨伸缩调节器的无线传输设备，用于实时监测数据。网络传输设备是整个系统的核心，通过无线方式将监测数据发送到监控中心。在监控中心安装一台服务器，主要用于对桥梁钢轨伸缩调节器的图像进行存储和管理，并通过网络连接各个监测设备与服务器进行数据交互。在桥梁钢轨伸缩调节器的图像中存储有大量的数据信息，包括钢轨伸缩调节器的工作状态、运行速度、钢轨温度等参数。为了提高系统的检测效率和准确性，减少网络传输负担，将数据通过无线方式发送到服务器中。

2.3 数据存储设备

数据存储设备是整个系统的核心，主要用于对采集到的

图像信息进行存储。在本系统中采用了嵌入式 Linux操作系统，可以同时支持多个摄像头的数据采集。为保证采集到的图像信息能够长期保存，通过服务器进行图像数据存储，并通过无线方式将图像信息发送到服务器。为保证系统检测的准确性和有效性，系统采用了基于深度学习的目标检测算法，利用 Kalman滤波器对桥梁钢轨伸缩调节器的图像进行实时处理。对于单帧检测，系统采用单帧检测算法；对于连续检测，系统采用目标跟踪算法。

3 监测系统关键技术研究

基于YOLOv5的钢轨伸缩调节器目标检测算法研究：该方法利用YOLOv5目标检测算法进行目标检测，在YOLOv5目标检测算法中，通过K-means聚类将图像划分为多个小区域，并对每个小区域进行图像预处理，然后采用基于YOLOv5的目标检测算法进行检测。Kalman滤波的钢轨伸缩调节器目标跟踪：该方法利用 Kalman滤波对钢轨伸缩调节器目标进行跟踪，利用获取的目标数据信息对预测出来的目标位置进行更新，对跟踪误差进行分析并计算误差均值和方差，根据误差均值和方差调整模型参数。

4 基于YOLOv5的钢轨伸缩调节器目标检测算法

在大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统中，监测对象主要是钢轨伸缩调节器的表面，为了实现监测对象的识别和检测，需要利用目标检测算法对目标进行识别和检测，从而为后续的数据分析提供基础。YOLOv5目标检测算法是一种基于卷积神经网络（Convolutional Neural Networks, CNN）的目标检测算法，YOLOv5网络由四个组成部分组成：特征提取网络、检测网络、损失函数和锚框生成网络。特征提取网络通过卷积神经网络对图像进行处理，从而得到图像中的目标物体的位置信息；检测网络通过反向传播算法对检测到的目标物体进行预测，从而确定目标物体的类别；损失函数是通过量化损失值来衡量目标物体的分类正确率。

5 Kalman滤波的钢轨伸缩调节器目标跟踪

钢轨伸缩调节器的正常工作状态和非正常状态是由轨道结构、桥梁结构以及列车等外界因素共同影响而成，其中，轨道结构对钢轨伸缩调节器的正常工作状态影响较大，而桥梁结构和列车等外界因素对钢轨伸缩调节器的非正常工作状态影响较大。因此，在钢轨伸缩调节器的工作过程中，必须实时对轨道结构、桥梁结构以及列车等外界因素进行监测。

Kalman滤波是一种能够对目标进行动态预测的滤波器，它在使用时只需采集目标在时间上的数据信息，而不需要像其他算法那样必须采集系统内所有的测量数据，具有速

度快、精度高以及计算量小等特点。在钢轨伸缩调节器正常工作状态和非正常工作状态下都可以使用 Kalman滤波对其进行跟踪。

5.1 监控图像处理

基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法,通过视频监控图像处理技术对监控图像进行处理,利用YOLOv5目标检测算法实现对钢轨伸缩调节器的检测。首先,通过改进的YOLOv5目标检测算法进行钢轨伸缩调节器的目标检测,将图像进行分割,根据检测结果建立目标数据库;其次,利用基于YOLOv5目标检测算法的目标提取技术完成对钢轨伸缩调节器的识别,将识别出的钢轨伸缩调节器作为输入数据,利用 Kalman滤波算法完成钢轨伸缩调节器的跟踪。通过实验证明,该系统能较准确地检测钢轨伸缩调节器,对提高铁路桥梁养护维修的信息化水平具有重要意义。

5.2 目标检测

利用视频监控图像处理技术对钢轨伸缩调节器的位置进行识别,是基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统的重要组成部分。利用基于YOLOv5目标检测算法进行钢轨伸缩调节器的目标检测,对提高系统检测的准确度具有重要意义。YOLOv5目标检测算法的输入是监控图像,输出是目标检测结果,所以该算法的目标是识别出钢轨伸缩调节器的位置,其算法流程。首先,将监控图像分成大小为 1×1 大小的三个小块,然后对每一个小块进行去噪处理。采用自适应阈值分割算法对图像进行分割,并在每个小块上提取图像中的目标。根据提取的目标,对图片进行标记,标记为YOLOv5网络识别出的目标位置。利用YOLOv5算法对监控图像中的钢轨伸缩调节器进行检测。首先从每个小块中选取目标候选框;其次根据小块中目标候选框的坐标信息将每个候选框的坐标信息输入到YOLOv5算法中,计算出目标检测框和目标位置;最后输出结果。最终输出的结果是图像中是否有钢轨伸缩调节器以及其在图像中的位置信息。其中YOLOv5算法的激活函数是 sigmoid函数。

5.3 目标跟踪

当钢轨伸缩调节器被检测出后,会出现目标丢失的情况,因此,需要对其进行跟踪。为了提高跟踪的准确性,可以采用卡尔曼滤波算法,利用系统提供的测量值与已知值进行比较,从而实现对目标的跟踪。通常情况下,目标在跟踪过程中会产生漂移现象,因此需要对目标进行校正。常用的目标校正方法包括颜色校正和几何校正。颜色校正通过改变图像中物体的颜色信息来进行目标的校正;几何校正则是利用计算机算法将图像中目标位置与真

实位置进行比较,以判断是否需要尺寸调整。该系统中采用 Kalman滤波算法对钢轨伸缩调节器进行跟踪。采用 Kalman滤波算法对钢轨伸缩调节器进行跟踪时,将检测结果作为输入数据,同时采用卡尔曼滤波算法对其进行跟踪。卡尔曼滤波算法能克服噪声影响和数据更新带来的误差,实现对钢轨伸缩调节器的自动跟踪。

6 结论

基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法,采用基于YOLOv5的目标检测算法进行目标识别,利用 Kalman滤波进行目标跟踪,将所提出的算法应用于大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测中。实验结果表明,采用本文提出的方法能够较为准确地检测出大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器,检测效果优于传统方法。随着物联网、云计算等技术的快速发展,基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法将为桥梁养护维修提供更为高效、准确的技术支持。本论文中所提出的算法在实际应用中也存在一定局限性,如检测结果受天气影响较大,因此还需进一步研究适合于铁路桥梁钢轨伸缩调节器的检测算法。

7 结束语

近年来,我国铁路桥梁建设取得了长足发展,铁路桥梁的数量和跨度也在不断增加,桥梁结构的状态监测是保障其安全运营的关键技术之一。基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法,提出了一种基于YOLOv5的目标检测算法,利用 Kalman滤波进行目标跟踪,通过实验验证了该方法的有效性;提出了一种基于图像识别的大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器监测系统与方法,利用图像识别技术实现大跨度铁路桥梁钢轨伸缩调节器状态实时监测,为大跨度铁路桥梁的养护维修提供技术支持。

参考文献:

- [1]程嘉昊. 基于视频的钢轨伸缩调节器位移变化实时检测方法研究[D]. 浙江大学, 2022.
- [2]刘有桥. 基于图像处理的轨道位移监测系统研究[J]. 计算机应用与软件, 2019.
- [3]梅琴. 高速铁路大跨度桥梁钢轨伸缩调节器区轨道结构健康监测系统设计及应用[J]. 铁路计算机应用, 2020.
- [4]龚豪. 基于图像识别的钢轨断轨远程监测系统技术研究[D]. 西南交通大学, 2020.

作者简介:

罗炬华(1981—),男,在职硕士在读,土木工程专业高级工程师,研究方向:高铁工程建设管理、风险防控及定额研究。