

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.11.049

桥梁快速建模及病害识别技术应用研究

元 松,王晓佳
(上海市市政公路工程检测有限公司,上海市 201108)

摘 要: 利用无人机近景摄影测量技术采集桥梁表观多维度影像数据,再进行多点配准及自动纹理映射解析计算得到精确的纹理三维模型;同时建立深度学习神经网络模型对各种构件和病害图像进行特征提取和训练,开发出桥梁构件划分与自动识别软件;最后在可视化桥梁三维模型的基础上,应用桥梁表观病害识别系统自动识别出构件中的病害信息,识别准确率可以达到 75%以上,识别精度可以达到厘米级,从而实现了定量、快速、智能化的检测,大幅提高了桥梁检测评估效率。

关键词: 桥梁结构;无人机;近景摄影测量技术;多点配准及自动纹理映射;深度学习神经网络

中图分类号: U445.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-7716(2023)11-0207-04

0 引 言

桥梁外观往往反映了其结构的健康状况^[1]。近年来,我国对桥梁检测进行了大量研究,积累了许多经验,但仍然存在一定的问题,如:(1)落后的检测手段,较低的机动性;(2)昂贵的检测费用;(3)较高的作业危险系数;(4)不全面的检测范围;(5)低效率检测导致交通不便。

随着桥梁多种病害的突发,日常运营维护工作迫在眉睫。运用人工智能方法,夯实桥梁数字化运维基础,将有利于桥梁的维护,及时发现并有效修复病害,提高路桥养护效率,实现养护管理精细化、数字化和网格化。国内外虽然有采用摄影技术对桥梁进行建模的研究及应用,但还没实现在模型上进行构件自动划分和外观病害的自动识别输出。

本文基于 Lensphoto 近景摄影测量技术,对桥梁进行三维快速建模,并采用深度学习神经网络,对模型上的病害图像进行自动识别,以期实现定量、快速、自动化的检测,提高桥梁检测评估的效率。

1 基本原理

1.1 近景摄影测量技术

Lensphoto 近景摄影测量系统具有 3 大特点:(1)全新的多片影像立体匹配算法,具备自动空中三角测量及区域网平差、自动生成等值线、自动密集点

云生成、自动构网、建模、纹理映射等功能;(2)可处理旋转多基线摄影近景影像数据或者平行摄影近景影像数据;(3)相对测量精度达 1/10 000^[2]。

旋转多基线交向摄影示意图见图 1。

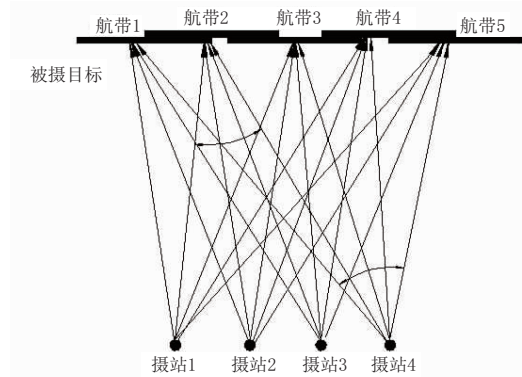


图 1 旋转多基线交向摄影示意图

由图 1 可知,通过 4 个摄站,每个摄站拍摄至少 3 张影像,即可覆盖整个被摄物体,按区域对所摄对象进行整体处理,经过自检校区域网平差,获取密集点云。

1.2 多点配准及自动纹理映射技术

多点配准映射技术流程见图 2。

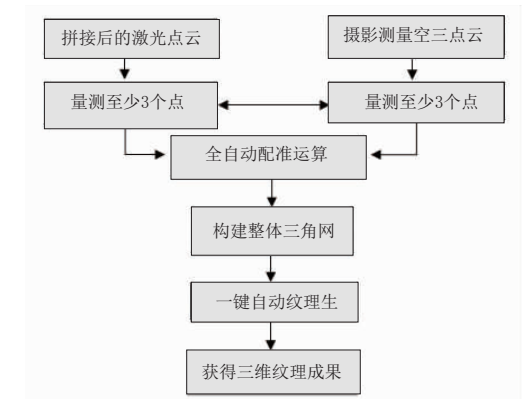


图 2 多点配准映射技术流程

收稿日期: 2022-12-14
基金项目: 上海市 2019 年度“科技创新行动计划”社会发展领域项目(19DZ1203002)
作者简介: 元松(1977—),男,博士,高级工程师,从事道路桥梁检测工作。

多点配准及自动纹理映射技术主要是通过计算影像在激光点云坐标系中的外方位元素,使激光点云与影像在几何上精密地联系在一起,实现影像与激光点云的配准,从而达到点云构网、三维建模与纹理映射全部自动化,生成具有高度逼真的三维模型^[3]。

1.3 YOLOv4 深度学习神经网络

YOLOv4 深度学习神经网络模型见图 3。

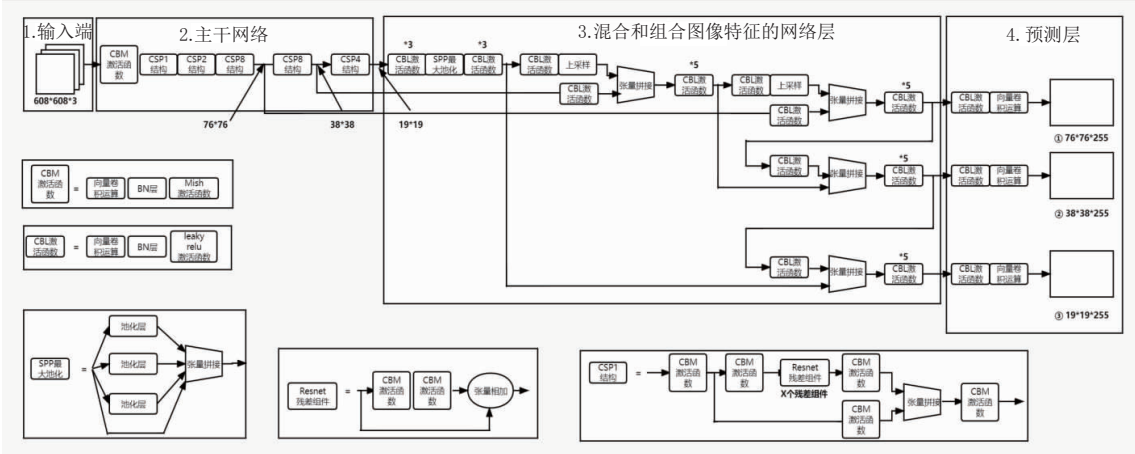


图 3 YOLOv4 深度学习神经网络模型

2 桥梁三维快速建模技术

根据 Lensphoto 获取桥梁表观图像和三维建模的方法,通过图像解析计算得到高精度点云,在此基础上通过自动纹理映射,得到高精度、目视化的桥梁三维模型,可直观应用于桥梁表观病害自动识别及桥梁技术状况评估。

2.1 无人机摄影平台

无人机摄影平台见图 4。



图 4 无人机摄影平台

无人机用于桥梁检测具有很多优势^[5],但由于当前无人机几乎没有向上拍摄的功能,为了实现对桥梁结构表观状况的全方位、全覆盖拍摄,需要在现有无人机的基础上增加云台和向上拍摄的相机。为了保证三维模型效果,需要确保检测部位在照片上无遗漏和无死角,以实现双目立体前方交会,并同步记录对应的 GPS 数据^[6]。

YOLOv4 模型结构由输入层、主干网络、混合和组合图像特征的网络层、预测层 4 部分组成^[4]。其中:CBM 由 Conv+Bn+Mish 这 3 个激活函数组成;CBL 由 Conv+Bn+Leaky_relu 这 3 个激活函数组成;CSPX 结构借鉴 CSPNet 网络结构,由卷积层和 X 个 Res_unit 残差单元张量拼接组成;SPP 采用 1×1、5×5、9×9、13×13 最大池化的方式,进行多尺度融合。

2.2 桥梁三维模型构件自动划分

2.2.1 方案设计

通过无人机对桥梁表观影像进行采集,运用 Lensphoto 近景摄影测量技术对所采集的影像进行高精度建模;再通过深度学习神经网络对桥梁各构件类型进行训练,提取桥梁的各种构件特征,实现对桥梁三维模型进行构件自动划分。桥梁构件划分流程见图 5。

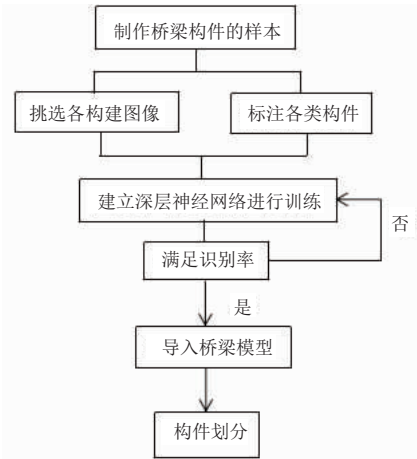


图 5 桥梁构件划分流程

2.2.2 桥梁构件样本标注

按桥梁部位将桥梁分为桥面系、上部结构和下部结构 3 部分。以梁式桥为例,桥面系按组成部分主要划分为桥面铺装、伸缩缝、防撞护栏等部件;上部结构按组成部分划分为主梁、湿接缝、横隔板、支座

等部件;下部结构按组成部分划分为桥墩、桥台、墩台基础等部件^[7]。

为了对上述构件进行自动识别划分,首先应对各类构件图像进行标注,标注数量不少于2 000张;再将这些标注完成的影像导入深度学习神经网络进行训练,提取各类构件的特征信息。

桥梁构件标记见图6。



图6 桥梁构件标记

2.2.3 三维建模实体应用

将无人机所拍摄的影像信息导入识别系统中,选择建模方式,点击“开始处理”,建立所拍摄桥梁的三维模型,同时模型数据在病害检测和构件划分界面进行显示;点击“构件识别”,即可进行构件的自动识别和划分;最后是成果输出。以上海市颞桥镇北横泾斜拉桥为例,其建模效果见图7。

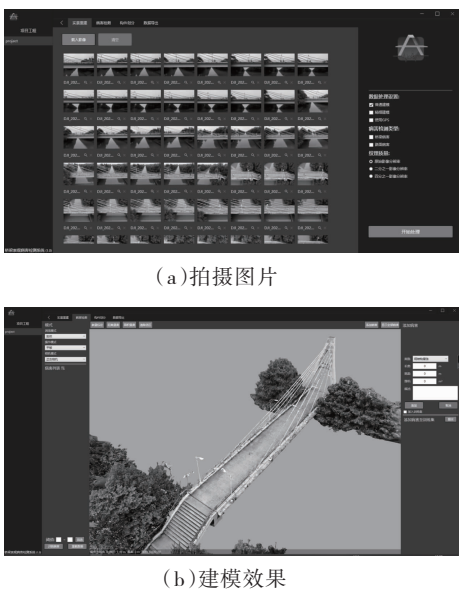


图7 上海市颞桥镇北横泾桥三维模型

3 桥梁表观病害自动识别技术

3.1 方案设计

桥梁表观病害检测系统设计方案见图8。

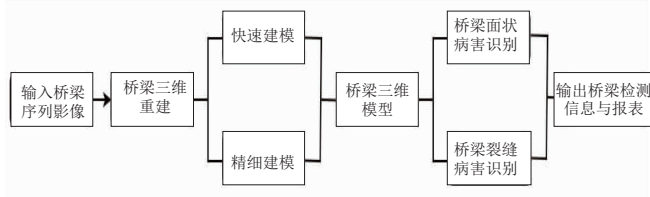


图8 桥梁表观病害检测系统设计方案

桥梁表观病害自动识别系统由图像导入、三维重建、构件和病害识别、成果输出4大模块组成。

3.2 桥梁病害的样本

根据桥梁结构,将桥梁表观病害分为混凝土结构病害、钢结构病害、桥面铺装病害3大类。其中:(1)混凝土结构病害主要包括:裂缝、蜂窝麻面、剥落掉角、空洞孔洞、钢筋裸露锈蚀等;(2)钢结构病害主要包括:涂层起皮剥落、钢结构锈蚀等;(3)桥面铺装病害主要包括:沥青路面铺装层裂缝、坑槽等。

桥梁结构病害类别标注见图9。

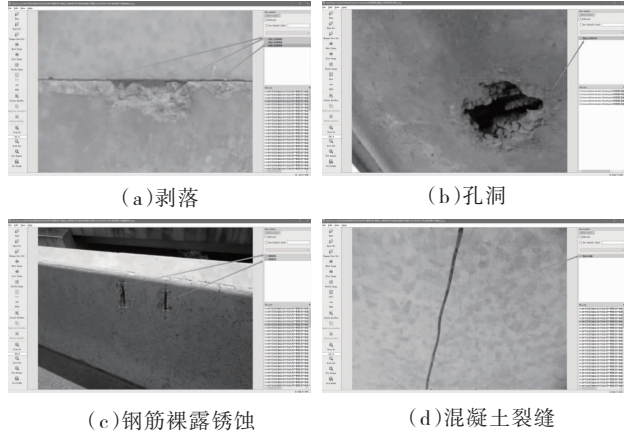


图9 桥梁结构病害类别标注

图像标注与训练样本选择:为减小干扰因素影响,首先应对训练图像中的病害信息进行分类标注和命名^[8],每类病害图像标注数量不少于2 000张。

3.3 病害识别准确率

从总体样本中选取80%为训练集,对各类病害进行特征提取、训练和识别后,选取剩余20%病害样本为验证集,以检验识别模型的准确率。表1为各类病害识别准确率。

由表1可知,各类病害的识别准确率可以达到70%以上,基本满足工程需求。为方便工程应用,同样以上海市颞桥镇北横泾斜拉桥为例,其病害图像识别结果和数据导出如图10所示。经过现场检测,病害识别类型和大小基本符合实际,识别精度可达厘米级。

表 1 各类病害识别准确率

序号	病害类型	识别准确率 /%
1	钢结构锈蚀	74.99
2	涂层剥落起皮	75.66
3	混凝土剥落掉角	75.33
4	混凝土蜂窝麻面	75.22
5	钢筋锈蚀	79.13
6	混凝土裂缝	76.59
7	混凝土空洞孔洞	73.71
8	混凝土有水印的渗水面	72.79
平均值		75.43



(a)建模和识别

A	B	C	D	E	F
构件编号	病害类型	数量	病害描述	照片编号	
护栏-1	有水印的渗水面	9处	长度: 0.78m 宽度: 1.53m	210619170208_0029_V.JPG	
			长度: 0.84m 宽度: 1.89m	210619170204_0043_V.JPG	
			长度: 0.78m 宽度: 0.84m	210619171515_0298_V.JPG	
			长度: 0.51m 宽度: 0.66m	210619171634_0302_V.JPG	
			长度: 0.90m 宽度: 1.15m	210619171600_0310_V.JPG	
			长度: 1.02m 宽度: 1.71m	210619170208_0045_V.JPG	
			长度: 1.48m 宽度: 1.33m	210619171604_0312_V.JPG	
			长度: 0.58m 宽度: 0.79m	210619171634_0318_V.JPG	
护栏-2	有水印的渗水面	10处	长度: 0.71m 宽度: 0.77m	210619171634_0318_V.JPG	
			长度: 0.70m 宽度: 1.09m	210619171634_0318_V.JPG	
			长度: 0.86m 宽度: 1.34m	210619171634_0318_V.JPG	
			长度: 1.02m 宽度: 1.71m	210619170208_0045_V.JPG	
			长度: 0.84m 宽度: 1.63m	210619170202_0047_V.JPG	
			长度: 0.73m 宽度: 1.26m	210619170310_0051_V.JPG	
			长度: 0.92m 宽度: 1.19m	210619170310_0051_V.JPG	
			长度: 1.26m 宽度: 1.39m	210619170314_0053_V.JPG	
拉索	钢结构锈蚀	3处	长度: 1.26m 宽度: 2.31m	210619170052_0085_V.JPG	
			长度: 1.88m 宽度: 1.31m	210619170104_0011_V.JPG	
			长度: 0.69m 宽度: 1.76m	210619170204_0027_V.JPG	
			长度: 0.12m 宽度: 0.16m	210619171634_0318_V.JPG	
			长度: 0.13m 宽度: 0.11m	210619171634_0318_V.JPG	
			长度: 0.08m 宽度: 0.12m	210619170208_0045_V.JPG	

(b)病害导出结果

图 10 上海市颞桥镇北横泾桥病害自动识别结果

4 结 语

将近景摄影测量技术用于桥梁检测行业,实现了无人机影像数据的快速实景建模,提高了后期三维模型的生成效率,可构建高精度、高清晰的纹理模型;同时运用深度学习神经网络方法对采集的桥梁构件进行训练,开发出自动识别划分软件;最后在可视化桥梁表观三维模型的基础上,实现桥梁结构病害图像的自动识别和定量评价。

目前,桥梁结构病害特征图像样本数量有限,随着数据库的不断增加,其识别精度也会逐步提高,基于深度学习神经网络的桥梁三维快速建模及病害自动识别技术势必会得到更加广泛可靠的应用。

参考文献:

[1] 张俊平.桥梁检测与维修加固[M].北京:人民交通出版社,2011.
[2] 元松.沥青路面病害自动识别技术研究[J].上海公路,2021,163(4):16-18.
[3] 柯涛,张祖勋,张剑清.旋转多基线数字近景摄影测量[J].武汉大学学报(信息科学版),2009,34(1):48-51.
[4] 吴岸城.神经网络与深度学习[M].北京:电子工业出版社,2016.
[5] 王琪,李军,李文军.GPS/INS 辅助航空摄影测量原理及应用研究[J].中国标准化,2019(14):193-194.
[6] 方留杨,陈华斌,吴晓南,等.基于无人机三维建模技术的桥梁检测方法研究[J].中外公路,2019,39(1):109-112.
[7] JTG/T H21—2011,公路桥梁技术状况评定标准[S].北京:人民交通出版社,2004.
[8] 阮秋靖.数字图像处理学[M].北京:电子工业出版社,2013.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com