

文章编号: 2095-2163(2023)08-0161-04

中图分类号: TP391

文献标志码: A

基于 DeepFlux 算法的建筑施工脚手架间距检测

林鸿强¹, 陈文铿¹, 黄宏安¹, 陈国栋¹, 黄明炜², 俞文龙³, 林进浔², 熊海宁³

(1 福州大学 物理与信息工程学院, 福州 350108; 2 福建数博讯信息科技有限公司, 福州 350002;

3 中铁十七局集团第六工程有限公司, 福州 361009)

摘要: 在脚手架坍塌事故仍有发生的背景下, 为了避免传统的人工脚手架测量方法低效和高危的缺点, 因此采用计算机视觉对脚手架进行安全规范检测的方式。首先, 采用 DeepFlux 算法提取脚手架图片的骨架信息, 针对提取效果以及精度不能满足实际需求的问题, 将 DeepFlux 算法中的 VGG16 特征提取网络替换为 InceptionV3 网络, 有效地提高了骨架提取精度。其次, 根据提取到的骨架信息, 提出一种交点检测算法计算脚手架交点信息。最后, 根据交点信息计算得到脚手架杆间像素间距, 再采用标靶法换算成实际间距。测试实验结果表明, 在对脚手架进行检测的任务中, 计算脚手架参数的平均误差在 5% 左右, 满足脚手架检测的准确性, 能够做到代替人工测量实现脚手架的安全规范检测。

关键词: 脚手架; 间距检测; 骨架提取; 深度学习

Spacing detection of construction scaffolding based on DeepFlux algorithm

LIN Hongqiang¹, CHEN Wenkeng¹, HUANG Hong'an¹, CHEN Guodong¹, HUANG Mingwei²,YU Wenlong³, LIN Jinxun², XIONG Haining³

(1 College of Physics and Information Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China;

2 Shu BoXun Mdt Info. Tech. Ltd., Fuzhou 350002, China;

3 China Railway 17th Bureau Group No.6 Engineering Co., Ltd., Fuzhou 361009, China)

[Abstract] In the context of occasional scaffold collapse accidents, in order to avoid the inefficiency and high-risk drawbacks of traditional manual scaffold measurement methods, computer vision is used to detect scaffolds in a safe and standardized way. First, the DeepFlux algorithm is used to extract the skeleton information of scaffold pictures, and for the problem that the extraction effect as well as the accuracy cannot meet the actual demand, the VGG16 feature extraction network in the DeepFlux algorithm is replaced by the InceptionV3 network, which effectively improves the skeleton extraction accuracy. Secondly, according to the extracted skeleton information, an intersection detection algorithm is proposed to calculate the scaffold intersection information. Finally, the pixel spacing between scaffold poles is calculated based on the intersection point information, and converted to the actual spacing using the target marking method. The test experiment results show that the average error of calculating scaffold parameters in the task of testing scaffolds is about 5%, which satisfies the accuracy of scaffold testing and can achieve the safety specification testing of scaffolds instead of manual measurement.

[Key words] scaffolding; spacing detection; skeleton extraction; deep learning

0 引言

近几年, 国内建筑安全事故已成为关注热点。研究可知, 在施工现场的各种危险源中, 高空作业是一个高危环节, 脚手架的安装操作如果并不规范就可能导致高空坠落等伤亡事故, 因此施工安全管理必须高度重视这一风险的控制。根据脚手架搭设作

业安全要求^[1], 单排脚手架立杆间距、步距应在 1.5~1.8 m 之间、不应大于 2 m, 立杆横距应在 1.2~1.4 m 之间; 双排脚手架立杆间距、步距应在 1.5~1.8 m 之间、且不应大于 2 m, 立杆横距应在 1.05~1.5 m 之间。传统的脚手架检测方法是通过人工测量来进行的, 即需要人工攀爬脚手架, 利用杖尺、皮尺和卡尺等工具来完成测量。这种传统落后的测量

基金项目: 福建省科技计划引导性项目(2021H0013); 福建省科技型中小企业创新资金项目(2021C0019)。

作者简介: 林鸿强(1999-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机图形图像处理、深度学习; 陈国栋(1979-), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向: 计算机图形图像处理、深度学习、计算机仿真技术。

通讯作者: 陈国栋 Email: 1035366549@qq.com

收稿日期: 2022-05-12

方式不仅低效,而且在测量过程中也在很大程度上增加了测量人员的安全隐患,因此采用计算机视觉来实现脚手架的安全规范检测就具有非常重要的现实意义。

由于传统的骨架提取算法不能直接从自然图像中计算出物体的骨架信息,而且计算出来的骨架也不能满足单像素宽度和连通性的要求。针对上述问题,Wang 等学者^[2]提出了一种新颖的上下文 flux 来表示对象骨架,明确地表明了图像像素与其最接近的骨骼点之间的关系。还开发了 DeepFlux 算法,该算法可以准确有效地检测图像中对象的骨架信息。实验证明,该算法应用于脚手架的骨架提取可以达到非常好的效果,在此基础上继续对图像进行处理,最终能精确计算出脚手架杆间间距,在脚手架的安全检查中具有很高的使用价值。

1 骨架提取算法

1.1 DeepFlux 结构

DeepFlux 算法的网络遵循文献^[3]的全卷积结构,如图 1 所示。由图 1 可知,该结构主要由 3 个模块组成,分别是:一个用于提取三维特征图的主干网络;一个空洞空间卷积金字塔池化(ASPP)模块^[4],用于扩大感受野,同时避免过度下采样;以及一个多阶段特征融合模块。

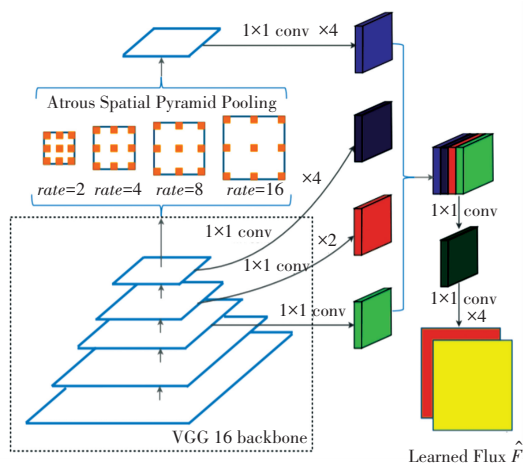


图 1 网络架构

Fig. 1 Network architecture

DeepFlux 算法采用 VGG16 作为骨干网络,使用空洞模块的原因是需要一个宽广的感受野;在提取骨架时,必须保证网络的感受野比输入图像中物体部分的最大内侧半径宽。VGG16 骨干网络的感受野是 196,对于大型对象来说不够宽。因此,采用 ASPP 来捕捉多尺度信息。具体来说,通过在骨干层的最后一

层加入 4 个具有 3×3 核、但具有不同空洞率(2、4、8、16)的平行空洞卷积层,而后沿通道维度进行连接。通过这种方式,获得了理论感受野大小为 708 的特征图,这对实验的图像来说是足够大的。

为了构建输入图像的多尺度表示,通过融合了 1×1 的核进行卷积后的来自 Conv3、Conv4、Conv5 和 ASPP 层的侧输出流的特征图。由于不同层次的特征图具有不同的空间分辨率,在对其进行连接前将相应的大小调整为 Conv3 的尺寸,然后在融合后的特征图上进行预测,再上采样到输入图像的维度。对于上采样,使用双线性插值的方法。网络的最终输出为一个双通道响应图,其中包含对图像中每个像素 p 的图像上下文 flux 的和坐标的预测。

1.2 算法改进

骨架提取算法初始的骨干网络是采用 VGG16 作为特征提取网络,试验结果不理想,不能对脚手架图像进行精确的骨架提取,而后续的计算误差很大程度上依赖于脚手架骨架提取的效果。因此在原有特征提取网络的基础上对算法结构进行优化,使用 InceptionV3、ResNet-50、Res2Net 等特征提取网络作为骨架提取算法的骨干网络进行训练。

2 训练策略

2.1 数据集与数据增强

数据增强^[5]是提升算法检测精度最有效的手段之一,随机性扰动或者抖动已获取的数据来获取更多的训练样本,这种数据增强方式简单且具有强大的功能。对增强后的数据进行标记,脚手架提取模型训练中的训练集和测试集的数量见表 1。

表 1 脚手架骨架提取数据集

Tab. 1 Scaffold skeleton data set

训练集	测试集	比例	总数
2 284	571	8:2	2 855

2.2 环境配置

本次实验在 Linux 的操作系统下完成,采用的 IDE 为 Pycharm,框架为 pytorch。硬件配置中,CPU 为 Inter Core I7-9700,GPU 为 NVIDIA GeForce GTX 2080TI 11 GB,内存大小为 16 GB。

2.3 环境配置

为了更加客观地评价不同骨干网络提取结果的准确性,将在设置相同的网络参数、同一个数据集的前提下对不同骨干网络进行训练、测试,实验比对结果如图 2 所示。根据结果表明,将原算法的 VGG16 网络替换为 InceptionV3 网络能提高脚手架图像骨

架识别的精确度。

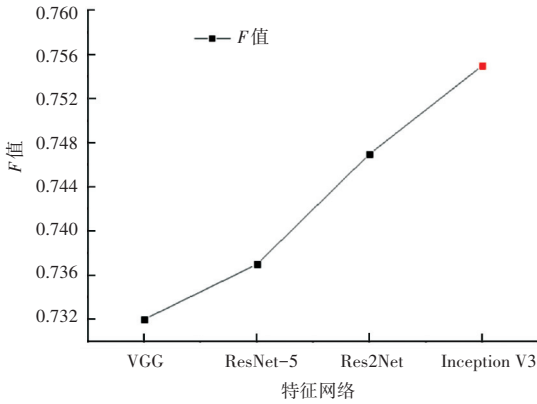


图 2 不同网络训练结果

Fig. 2 Results of different network training

3 实验与分析

3.1 骨架提取结果分析

经过实验比对,由图 2 可知,InceptionV3 特征网络在脚手架的骨架提取上相比起原算法中的 VGG16 等网络,具有更高的精度,因此,将采用改进后的网络对脚手架图片进行骨架提取。

对测试集脚手架的图像进行骨架识别,实验结果如图 3 所示,基本上还原了脚手架的骨架结构。但是识别的骨架并不都呈一条直线,有些部位会出现些许线段移位。因此,要对骨架提取的结果做进一步处理。

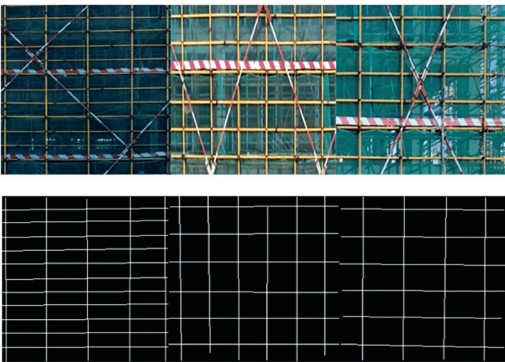


图 3 骨架提取效果

Fig. 3 Skeleton extraction effect

3.2 间距计算

在 3.1 节中根据改进后的骨架提取算法得到了脚手架骨架提取图,本小节针对脚手架骨架提取图像的特征提出了一种交点检测算法,采用计算交点间距的方式来得到脚手架间距像素值,而后再使用像素标定的方法得到脚手架的真实间距值。

3.2.1 交点计算

为了得到脚手架交点信息,首先要对图像进行

二值化处理,防止误识过多交点。其次,对图像进行膨胀腐蚀处理,接着计算每个像素的 4 邻域之和,将邻域之和大于 2 的像素点坐标保留。最后,删除重合点坐标,计算相邻交点的欧式距离,就得到了脚手架的像素间距值 d 。流程图如图 4 所示。

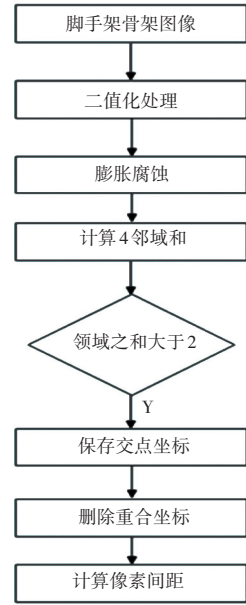


图 4 交点计算流程图

Fig. 4 Flow chart of intersection calculation

3.2.2 像素标定

计算出像素间距 d 后,接着采用标靶法将像素间距 d 转换为实际间距 D 。像素间距 d 与实际间距 D 是正比关系,比例系数为 k ,单位为 cm/pix 。假定图像拍摄过程中图像平面和参考的目标物之间尽量平行,经过多张图片实验,本次实验结果中 k 的取值为 $50 \text{ cm}/\text{pix}$,最终实验结果如图 5 所示,可以看出脚手架杆间间距相差不多,采用交点检测方法也很好地避免了些许线段移位的影响。

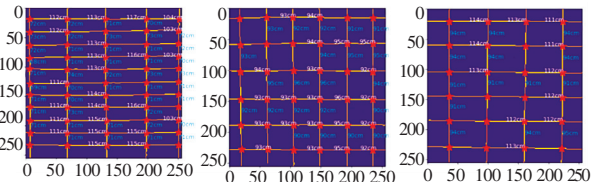


图 5 脚手架间距检测结果

Fig. 5 Inspection results of scaffolding spacing

3.2.3 效果与评价指标

为验证检测结果的准确性,将 500 张计算机预测的结果图片与对应的实际脚手架的长度进行误差分析,结果见表 2,计算出来的横杆、立杆与实际长度的误差在 5% 左右。

表2 计算误差分析

Tab. 2 Calculation error analysis

图片数量	横杆平均误差/%	立杆平均误差/%
500	5.6	4.2

4 结束语

通过将 DeepFlux 骨架提取算法中的特征提取网络替换为 InceptionV3,接着对脚手架骨架提取结果进行一系列图像处理,实现了通过脚手架图片来检测脚手架的安装规范。实验表明,采用骨架提取算法和进一步的图形处理来代替传统的脚手架人工检测方法是可行的,并且误差仅为5%左右,完全能够做到代替人工测量,实现脚手架的安全规范检测。虽然该实验已经基本完成了研究目标,但该实验图像是建立在拍摄图像与水平垂直的基础上,如果拍摄的图像较为倾斜,则脚手架的检测效果可能就会与实际不符。因此,为了对倾斜拍摄的脚手架图片进行后续安全规范检测,可以在图像预处理阶段对

(上接第160页)

(3)由表3可得出结论:接受过高等文化教育的成年男性,喜欢看动作/犯罪/喜剧/浪漫/神秘/科幻/惊悚片/戏剧的大多都会看犯罪剧。

建议:电影院或是电影公司可以针对此类人群,有计划地去拍摄或是播放电影。

表3 关联规则结果

Tab. 3 Association rule results

id	规则	support	confidence
1	39—34	0.667	0.925
2	32—34	0.688	0.914
3	11—34	0.624	0.906
4	21—34	0.720	0.893

4 结束语

本文提出了一种基于相似度的 Apriori 混合算法,在 Apriori 算法的基础上,添加了相似度,有针对性地对某一类人群进行关联规则挖掘。通过协同过

倾斜的图片进行倾斜校正处理^[6]。

参考文献

- [1] JGJ 130-2011. 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范[S]. 北京:中华人民共和国建设部,2011.
- [2] WANG Yukang, XU Yongchao, TSOGKAS S, et al. DeepFlux for skeletons in the wild[C]//32nd IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Long Beach, CA ;IEEE, 2019: 5282-5291.
- [3] LONG J, SHELHAMER E, DARRELL T, et al. Fully convolutional networks for semantic segmentation[C]// IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Boston, Massachusetts, USA;IEEE, 2015: 3431-3440.
- [4] CHEN L C, PAPANDEIOU G, KOKKINOS I, et al. DeepLab: Semantic image segmentation with deep convolutional nets, atrous convolution, and fully connected CRFs[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2018, 40(4): 834-848.
- [5] 徐涌霞. 基于深度学习的实验鼠行为识别关键技术研究[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2020, 38(02): 66-69.
- [6] 贺亦峰, 邹进贵, 翟若明. 基于灭点探测的建筑物立面倾斜校正算法[J]. 测绘通报, 2021(S2): 193-196,201.

滤算法中的相似度度量找到相似用户,再对相似用户进行关联规则挖掘,把相似度和 Apriori 算法结合起来得到更准确的关联规则,有助于商家更好地进行用户分析及推荐。实验结果得出改进算法平均置信度、平均支持度分别比原算法提高13%、25%,表明改进算法关联规则结果更准确。

参考文献

- [1] 杜永兴,高迪,李宝山,等. 改进 Apriori 算法在荒漠草原的应用[J]. 计算机工程与设计,2019,40(07):2082-2086,2093.
- [2] 何庆,刘亮. 一种改进的 Apriori 算法在精准扶贫中的应用研究[J]. 贵州大学学报(自然科学版),2019,36(06):46-52.
- [3] 郭凯,韩旻,王岩,等. 基于改进 Apriori 算法的直流闭锁受端断面越限调整策略[J]. 电力建设,2020,41(09):94-101.
- [4] 林陈. 基于兴趣度的关联规则挖掘算法的设计实现与应用[D]. 南京:南京信息工程大学,2017.
- [5] 顾卫杰,王晓峰. 基于改进 Apriori 算法的煤矿物联网规则系统研究[J]. 煤矿机械,2016,37(01):227-229.
- [6] 王泉翔. 基于相关兴趣度的关联规则挖掘[D]. 兰州:兰州交通大学,2013.