

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2021.04.015

基于角点检测的焊缝图像 ROI 优化提取算法

于铁军¹, 刘立峰¹, 邢彦锋², 蒋世谊²

(1. 上海和达汽车配件有限公司, 上海 201799; 2. 上海工程技术大学 机械与汽车工程学院, 上海 201600)

摘要:为了解决焊缝表面缺陷检测中使用点云数据过于庞大而导致检测时间过长的的问题,课题组针对 Moravec 角点检测算法进行优化,使用优化后的角点检测算法对激光中心线进行特征点提取并确定感兴趣区域(region of interest, ROI)。经过实验表明:优化后的角点检测算法能够有效避免伪角点的出现,提高了鲁棒性,同时经过 ROI 提取后的焊缝点云数据量减少了 71.14%。该方法能够有效解决计算基于点云的焊缝表面缺陷检测数据量过大的问题。

关键词:实时检测; Moravec 算法; 角点检测; ROI 提取

中图分类号: TG441; TH164 文献标志码: A 文章编号: 1005-2895(2021)04-0080-04

Optimized ROI Extraction Algorithm for Weld Image Based on Corner Detection

YU Tiejun¹, LIU Lifeng¹, XING Yanfeng², JIANG Shiyi²

(1. Shanghai Heda Auto Parts Co., Ltd., Shanghai 201799, China;

2. School of Mechanical and Automotive Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201600, China)

Abstract: In order to solve the problem that the point cloud data used in the weld surface defect detection is too large and the detection time is often too long, the Moravec corner detection algorithm was optimized and the optimized algorithm was used to extract feature points of the laser center line and determine the ROI. The experimental results show that the optimized corner detection algorithm can effectively avoid the appearance of false corner and improve the robustness. At the same time, the amount of weld point cloud data extracted by ROI can be reduced by 71.14%. This method can effectively solve the problem that the amount of weld surface defect detection data based on point cloud is too large.

Keywords: real-time detection; Moravec algorithm; corner detection; ROI(region of interest) extraction

焊缝质量检测作为焊接工艺中必不可少的一环,一直受到广大研究者的关注。现如今的自动化焊缝质量检测工艺包含基于焊缝图像的焊缝质量检测以及基于点云的焊缝质量检测^[1-3]。其中由于焊接过程噪声大等原因,基于图像的焊缝质量检测鲁棒性不高,但基于点云的焊缝质量检测由于点云数据庞大,往往计算量过大导致计算时间长^[4]。针对这个问题,有必要对焊缝点云数据进行 ROI 区域的处理,提取出包含特征的数据区域,从而减少数据量来缩短计算时间。

在机器视觉应用广泛的今天,ROI 提取技术在机器视觉,尤其是特征提取上的应用十分广泛^[5-7]。文献[8]中刘琼等利用 Haar-Like 特征对双阈值分割法进行改进,以此来进行车载热成像行人检测的 ROI 提

取,与传统算法相比,召回率提高 49%,并且提取速度快。文献[9]中陈典典等提出了一种基于 Harris 角点检测和聚类算法的掌纹图像 ROI 区域提取算法,并验证了准确性。

在焊缝点云质量检测的过程中,点云数据主要由带有激光的焊缝图像提取得到,因此理想的 ROI 区域提取算法的目标在于寻找激光图像中的角点。

Moravec 角点检测算法用二值化图像寻找角点。文献[10]中宋俊芳等对 Moravec 算法进行改进,用于检测运动目标的角点,满足了交通场景中对行人检测的要求。文献[11]中王博杨等研究了使用 Moravec 算法寻找角点,将多目视频图像融合成同一图像的应用。从上述文献中可以看出 Moravec 角点检测算法是一种

收稿日期:2020-09-29;修回日期:2021-03-10

第一作者简介:于铁军(1978),山东青岛人,硕士,主要研究方向为质量检测、智能夹具设计。E-mail:378934900@qq.com

非常适用于简单场景的角点检测算法。

但同时 Moravec 角点检测算法也存在很多问题,比如对噪声和边缘不够敏感,不具备对图像旋转的适应性等,容易检测出伪角点。针对这个现象,课题组对 Moravec 算法进行改进,对角点的特征进一步进行定义,提高算法精度,并对焊缝表面点云进行实验。

1 焊缝表面激光图像 ROI 提取

在基于焊缝表面点云的焊缝表面缺陷质量检测的过程中,需要对焊缝表面点云数据进行采集。课题组使用的方法是使用三角激光测量(LMT)对带有激光光束的焊缝表面图像进行采集,利用 Hessian 矩阵求得激光亚像素中心线,利用中心线整合出焊缝表面的点云数据。

在实际的焊缝表面点云数据处理中,由于点云密度大,一段焊缝表面点云数据往往包含约 16 000 个三维点,数据量庞大,导致计算时间过长。因此需要对带有激光的焊缝表面图像进行 ROI 提取,从而减少三维点数量,以达到缩短计算时间的目的。图 1 为焊缝图像带有激光光束、亚像素中心线的理想 ROI 区域示意图,从图中可以看出在理想的 ROI 区域之外,还有大面积的不必要数据,因此,对 ROI 区域提取算法的优化很有必要。



图 1 焊缝图像带有激光光束、亚像素中心线以及理想的 ROI 区域示意图

Figure 1 Weld image with laser beam, subpixel centerline, and ideal ROI diagram

2 角点检测算法

焊缝表面图像的理想 ROI 区域的判断依据是提取出焊缝表面上有激光光束的部分。焊缝与焊板的连接区域被称为焊趾,在图像中可以明显看出焊趾处存在一个明显的角点,即特征点,因此为了确定 ROI 区域,主要目标在于寻找特征点。

2.1 Moravec 角点检测算法

Moravec 角点检测算法是一种针对图像灰度值的角点检测算法,特别适合对灰度图像进行处理,因此十分适合对本课题中焊缝激光中心线的角点进行检测。其具体的检测算法原理如图 2 所示。

Moravec 角点检测算法以检测的像素点为中心,

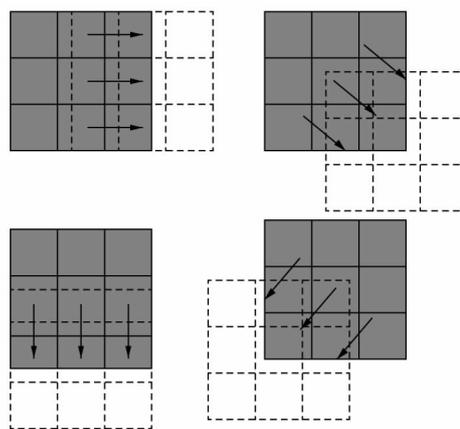


图 2 Moravec 角点检测算法原理示意图

Figure 2 Schematic diagram of Moravec corner detection algorithm

建立大小为 3×3 的检测窗口,对不同方向(通常为 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 的 4 个方向)进行平移,对检测窗口中的像素计算灰度方差,选取其中的最小值作为角点响应值,如果该响应值大于所设定的阈值,则认为该点为角点。其角点响应值的计算公式如下:

$$E(x, y) = \sum_{u, v} w(u, v) [p(x + u, y + v) - p(x, y)].$$

式中: (x, y) 为检测的像素点; $p(x, y)$ 为该点灰度值; $w(u, v)$ 为检测窗口。

Moravec 角点检测算法计算量小,能够对二值图像快速地检测角点,但检测窗口的大小、窗口的移动方向等变化因素会导致鲁棒性较低,且易出现伪角点和错点,在实际图像较为复杂的情况下,一个区域中可能会出现多个检测点,因此有必要对检测的角点进行进一步检验。

2.2 角点检测算法优化

针对 Moravec 角点检测算法中出现的伪角点和错点的问题,需要对初步检测出的检测点进行进一步检测确认,以确保角点的准确性并消除伪角点。

由于焊缝表面中心线的角点处中心线的方向变化并不明显,基于此现象,设计了一种确定唯一角点的方法。该方法通过增大检测窗口,扩大检测范围,同时对范围内角点进行进一步检测甄别。具体检测方法如图 3 所示。

在图 3 中,点 A 和点 B 为检测得到的 2 个角点,其中一个为伪角点。为了检测出伪角点,将检测窗口放大,点 M 和点 N 为中心线与窗口的交接点,线段 MN 作为该检测窗口的检测对照线段,分别计算点 A 和点 B 到线段 MN 的距离,以该距离作为鉴别是否是伪角

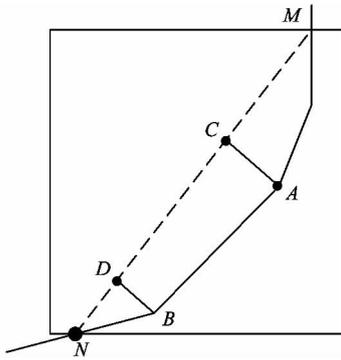


图 3 角点检测算法优化原理

Figure 3 Schematic of optimized Moravec corner detection algorithm

点的依据。距离较远的点 A 为真角点,距离较近的点 B 为伪角点。若有多个伪角点存在,则选取距离最远的点作为角点。

3 实验

课题组使用 LMT 装置采集带有激光光束的焊缝图像,该装置包括波长为 650 nm 的激光发射器,焦距为 63 mm 的 MER-130-30UM(-L)工业相机,和焦距为 25 mm 的 COMPUTER 镜头(M2518-MPW2),图 4 为该装置示意图。

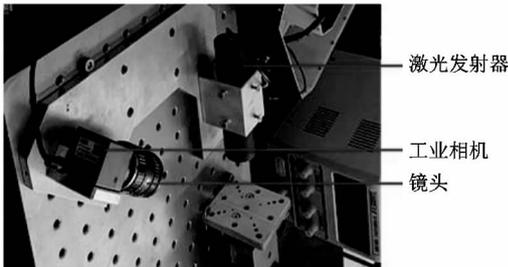


图 4 激光三角测量装置实物图

Figure 4 Three-dimensional diagram of laser triangulation device

使用该装置采集带有激光光束的焊缝图像,对激光光束进行中心线提取,使用角点检测算法对中心线进行特征点提取,依照特征点对焊缝图像进行 ROI 区域提取,最后进行三维重建,以此来获得焊缝表面的点云数据。图 5 为实验流程图。

使用 Moravec 角点检测算法对图像进行角点检测,图 6(a)为使用 LMT 装置对焊缝图像进行角点检测后的图像。图 6(b)中点 A,B,C 和 D 为检测出的角点,点 E 为图像中焊缝最高点,其中很明显可以看出点 B 和 D 为伪角点。使用经过优化后的角点检测算法对焊缝激光光束中心线进行角点检测后的结果如图 6(c)所示,已过滤掉了伪角点。

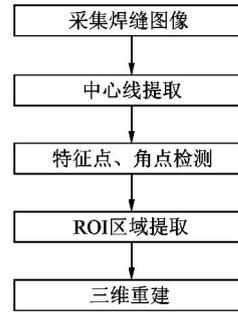


图 5 实验流程图

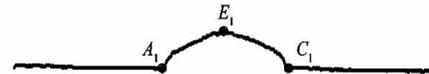
Figure 5 Experimental flow chart



(a) 带有激光光束的焊缝图像



(b) Moravec角点检测算法检测结果

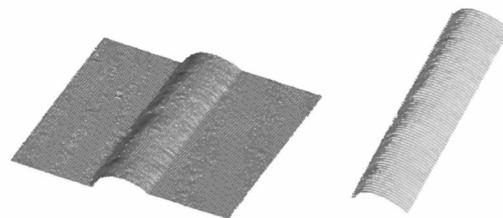


(c) 优化后的角点检测算法检测结果

图 6 带有激光光束的焊缝图像和角点检测结果

Figure 6 Weld image and corner detection results with laser beam

最终,使用优化后的 Moravec 角点检测算法对整段焊缝进行 ROI 区域提取和优化,ROI 区域提取前后的最终三维重建结果对比如图 7 所示。ROI 区域提取后将原有的 16 387 个三维点数据减少到 4 729 个三维点数据。



(a) ROI提取前焊缝表面点云 (b) ROI提取后焊缝表面点云

图 7 ROI 区域提取前后对比图

Figure 7 Comparison diagram before and after ROI extraction

4 结论

课题组使用 LMT 装置获取带有激光光束焊缝的表面图像,并提取激光中心线,基于激光中心线提取角点和特征点,以此对图像进行 ROI 区域提取。针对原有的 Moravec 角点检测算法存在的伪角点问题进行改进,对使用 Moravec 角点检测算法检测得出的角点进行进一步检测和分析,从而去除伪角点,提高了 Moravec 角点检测算法的鲁棒性。经过实验表明:优化后的角点检测算法能够有效避免伪角点的出现,提高了鲁棒性,同时经过 ROI 提取后的焊缝点云数据量减少了 71.14%。该方法能够有效解决计算基于点云的焊缝表面缺陷检测数据量过大的问题。

参考文献:

- [1] 薛珊,吕南方,沈雨鹰,等. 基于激光三维点云的机械工件识别方法[J]. 红外与激光工程,2019,48(4):169-176.
- [2] 褚慧慧,王宗义. 基于主动视觉的焊缝成形尺寸测量和缺陷识别研究[J]. 热加工工艺,2017,46(21):206-209.
- [3] 胡丹,高向东,张南峰,等. 焊缝缺陷检测现状与展望综述[J]. 机电工程,2020,37(7):736-742.
- [4] 李宇萌,段欣伯,马蓬勃. 基于点云的转子表面缺陷检测方法[J]. 计算机与现代化,2019(10):101-107.
- [5] 宋宏伟,王龙,张秋花,等. 白车身激光扫描焊熔池边界提取与缺陷识别的研究[J]. 汽车工程,2020,,42(3):401-405.
- [6] 张志芬,张林杰,杨哲,等. 航空航天用铝合金机器人焊接内部气孔缺陷在线检测[J]. 航空制造技术,2019;62(增刊2):23-24.
- [7] SHAO J X, DU D, CHANG B H, et al. Automatic weld defect detection based on potential defect tracking in real-time radiographic image sequence[J]. NDT & E International,2012,46:14-21.
- [8] 刘琼,罗晴,彭绍武. 车载热成像行人检测 RoI 提取方法[J]. 东北大学学报(自然科学版),2020,41(8):1083-1090.
- [9] 陈典典,程培培,马军山. 基于 Harris 角点检测和聚类算法的掌纹图像 ROI 提取方法[J]. 光学仪器,2018,40(5):27-34.
- [10] 宋俊芳,陈烽,何磊,等. 运动目标最优角点选择算法[J]. 科学技术与工程,2016,16(12):113-119.
- [11] 王博杨,刘海燕. 图像角点检测配准的研究[J]. 价值工程,2017,36(4):195-196.

QC检测仪器网(www.QCtester.com)

为您量身打造仪器采购方案, 提供先进仪器产品咨询;

专业的仪器使用技巧, 品种繁多的仪器种类;

立志打造更专业、更有效、更合理的仪器咨询平台!

期待您的加入!

