

基于 Matlab 图像处理的角度测量误差分析的研究

陈彦军 张学典

(上海理工大学光电信息与计算机工程学院 上海 200093)

摘要 角度测量是数字图像处理、地震监测、航空以及导弹等领域里的热点问题。介绍了基于 Matlab 图像处理的角度测量的新方法,并对测量过程中产生的误差进行了分析。运用图像标记、识别获取标记点的坐标,最终计算得出旋转的角度。最后,对处理过程中可能产生的误差进行了详细分析。

关键词 角度测量,误差分析,图像识别,图像标记

中图法分类号 TP391 文献标识码 A

Research on Error Analysis of Angle Measurement Based on Matlab Image Processing

CHEN Yan-jun ZHANG Xue-dian

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract The angle measurement is popular in digital image processing, earthquake monitoring, aerospace engineering and missile guiding. We described a new method based on matlab image processing and analyzed the angle measurement error. We marked and recognized the images to obtain the coordinates, and finally calculated the rotating angle. In addition, the processing error was detailedly analyzed.

Keywords Angle measurement, Error analysis, Image recognition, Image tag

1 引言

Matlab 是一款强大的、有影响力的、应用比较广泛的软件。强大的科学计算、高质量的图形可视化与界面设计,使得 Matlab 在图像处理方面得到了广泛的应用。本文从 Matlab 图像识别和标记等方面来进行角度的测量和计算,同时分析处理过程中产生的误差以更好地指导我们。

角度和角度测量技术在国民经济和国防建设中具有重要的作用,高精度角度测量技术是工业生产和质量控制中至关重要的一步。如基于 CCD 图像处理的轴承扭矩的测量^[1],测绘部门大量的工作室进行水平角和垂直角的测量。尤其是高精度测量技术在测绘以及航天和航空领域的应用十分广泛。例如地震监测部门通过大量的角度测量来监测地球的变形;火箭等转动物体在飞行过程中需要对转速进行测量和控制,以保证正常的飞行^[2-6]。

角度测量技术通常可以为静态测量和动态测量两种。静态测量是指对加工或装配成的零组件角度以及仪器转动后恢复至静态时的角位置等的测量。动态角度测量是指对物体或系统在运动过程中的测角设备在以一定角速度和角加速度运动时输出的实时角度信号等的测量。本文所应用的角度测量属于静态测量的范畴^[7]。

2 角度计算方法

2.1 基本原理

照相机在拍摄景物的过程中,如果我们正对物体(例如一

根直圆棒)进行拍摄测量,固定物体和相机的位置,当物体角度发生变化时,在照片中反映出的是物体长度的变化。例如,当该物体旋转 90° 度时,我们看到的是该物体的端面(即圆面)。因此角度的变化直观地体现在物体长度的变化上。而角度的变化主要与三角函数密切相关,因此三角函数可以看作是距离的函数。所以我们可以通过测量照片中物体的长度间接实现角度的测量及计算。

在实际的应用中,当角度发生变化时只需观察不同角度下对应标记之间的距离的变化即可。通过角度变化后的距离与对应初始位置距离的比值来计算该角度的三角函数,进而便可以求出变化后的角度。

下面以简化的模型为例来说明角度的测量方法。

2.2 角度测量方法概述

2.2.1 建立模型

图 1 示出所建模型的侧视图,图中的角度 θ 即为旋转后的角度,而所需测量的角度为 $90^\circ - \theta$ 。图 2 所示为所建模型的正视图。

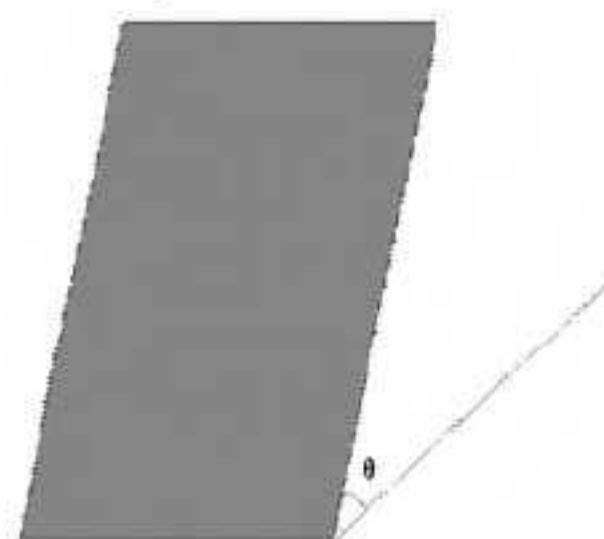


图 1 所建模型侧视图

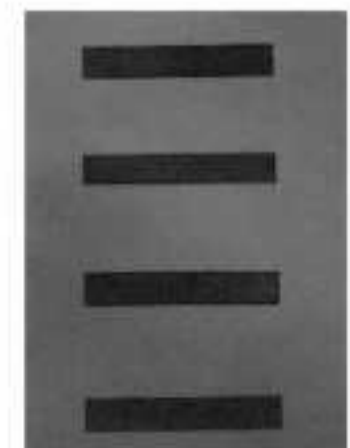


图 2 所建模型正视图(垂直时)

本文受国家科技专项(2014ZX07104),国家重大仪器专项(2013YQ03065104),国家科技支撑项目(2012BAI23B00)资助。

陈彦军(1985-),男,硕士生,主要研究方向为图像处理,E-mail:chenyanjun121@163.com;张学典(1974-),男,博士后,副教授,主要研究方向为图像处理和在线仪器检测,E-mail:zhangxuedian@hotmail.com。

首先在 $\theta=30^\circ$ 至 $\theta=60^\circ$ 范围内,每隔 5° 进行一次采样。本文仅以 $\theta=50^\circ$ 和 $\theta=40^\circ$ 为例进行计算和说明。同时,由于随着矩形数量的增加会带来一定的计算量,因此以 4 个矩形为例进行标记和计算。

具体操作如下:首先,在垂直方向时,用照相机拍摄如图 2 所示的照片;其次,以矩形的对称中心为轴线旋转一定角度 $\theta(\theta=50^\circ)$ 后用照相机拍下如图 3 所示的正视图照片;最后,继续旋转一定角度 $\theta(\theta=40^\circ)$ 后用照相机拍下如图 4 所示的正视图照片。

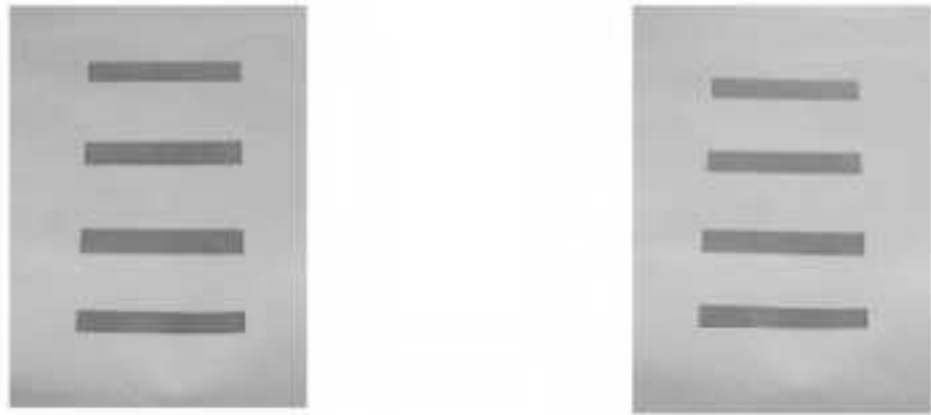


图 3 旋转 $\theta=50^\circ$ 角时的正视图 图 4 旋转 $\theta=40^\circ$ 角时的正视图

2.2.2 中心标记及识别

运用 Matlab 工具箱对图 2—图 4 进行中心标记,标记后的结果对应图 5—图 7。

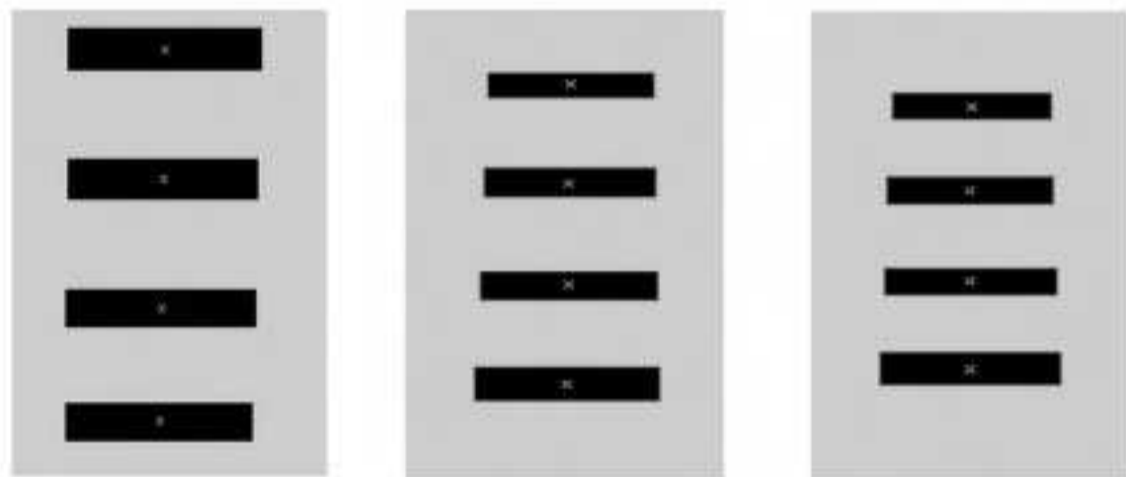


图 5 对应图 2 的中心标记 图 6 对应图 3 的中心标记 图 7 对应图 4 的中心标记

表 2 旋转不同角度下对应的实际测量值

角度	坐标值						平均值	绝对误差
	(x ₂₁ , y ₂₁)	(x ₃₂ , y ₃₂)	(x ₄₃ , y ₄₃)	(x ₃₁ , y ₃₁)	(x ₄₁ , y ₄₁)	(x ₄₂ , y ₄₂)		
旋转 50° 时的实测角度	41.7794	40.4179	42.3868	41.1043	41.2871	41.0371	41.3354	3.339%
旋转 40° 时的实测角度	49.4754	48.3384	48.7708	48.9129	48.6755	48.2657	48.7398	2.520%

注: x₂₁ 表示 x₂ - x₁, y₂₁ 表示 y₂ - y₁, 其它亦然。

3.2 误差的讨论与分析

首先,在对矩形中心标记的过程中,通过图 2—图 4 的对比可以看到,由于使用的是普通相机,因此在旋转过程中,矩形发生了一定的畸变,而中心标记只能对标准矩形进行标记,因此对畸变需要进行修复,修复之后,难以保证新的中心位置与畸变图形的中心标记位置不会发生变化。

其次,对中心标记进行处理的过程中,由于不能识别中心标记点,因此需要手动点击鼠标来获取各个标记点的坐标,所以这个过程也会产生误差。对于这个过程,如果可以通过多次点击取平均值的方式来减小误差。

最后,由于在拍摄照片过程中需要正对拍摄,即在同一角度下,矩阵的行坐标应该是相同的。而在拍摄照片的过程中,由表 1 实际测量的数据可以看到,矩阵的行坐标并不相等,这说明标记的中心也发生了稍微偏斜,所以这也造成了一定的误差。

结束语 通过对在处理过程中可能产生的误差进行详细分析,我们知道,由于以上种种影响因素的存在,造成了不同间距的实际计算的角度是不同的,有微小的差距。因此通过

在标记过程中,只对外边界进行查找,故首先是通过 Matlab 中的 bwboundaries 函数查找边界,并且仅仅查找外部边界;最后根据图像的属性,最终确定其边界条件。

3 计算结果及误差分析与讨论

3.1 角度的计算

手动点击并获取标记点处的坐标,自上而下,其坐标依次记作 (x₁, y₁), (x₂, y₂), (x₃, y₃) 和 (x₄, y₄), 数据如表 1 所列,然后根据基本原理便可以求出旋转后的角度。

表 1 旋转不同角度下对应各标注点的坐标值

角度(θ)	坐标值			
	(x ₁ , y ₁)	(x ₂ , y ₂)	(x ₃ , y ₃)	(x ₄ , y ₄)
0°	(85.5, 26.5)	(84.5, 115)	(83.5, 203)	(82.5, 288.5)
50°	(90.5, 51)	(90, 115.5)	(89.5, 184)	(88.5, 249)
40°	(89, 63.5)	(88, 119)	(88, 179.5)	(87.5, 237.5)

由基本原理可得旋转后的实际角度的计算公式:

$$\theta_x = 90^\circ - \cos^{-1} \frac{\sqrt{(y_{m1} - y_{n1})^2 + (x_{m1} - x_{n1})^2}}{\sqrt{(y_{m2} - y_{n2})^2 + (x_{m2} - x_{n2})^2}} \quad (1)$$

其中, m₁, n₁, m₂ 和 n₂ 取值可为 1, 2, 3, 4 中的任意数, 并且 m₁ ≠ n₁, m₂ ≠ n₂; m₁ 和 n₁ 中 1 代表偏转一定角度后对应矩阵坐标的位置, m₂ 和 n₂ 中 2 代表初始位置对应矩阵坐标的位置。

最后通过式(2)计算出实际测量的角度:

$$\theta_x = 90^\circ - \cos^{-1} \|B\| / \|A\| * 180 / \pi \quad (2)$$

其中, A, B 代表矩阵坐标, || || 是用来计算矩阵范数的。

为了说明这种方法的可行性以及在处理过程中产生误差的大小、原因以及影响误差的因素,现将 4 个不同矩形对应的不同间距的实际计算角度以表 2 的形式呈现出来。

对计算结果取平均值的方式来减小误差,在这种粗略的计算方法下,误差保持在 1.5° 左右,相对误差保持在 3.0% 左右。而本文中应用的是一种比较简单、方便的测量角度的方法,在精度要求不高的场合下,这种方法也不失为一种比较好的测量角度的方法。当然,由于装备的简陋、简单,测出来的角度误差比较大,实际中如果用较为专业的相机进行拍摄处理,并且在保证正对拍摄的情况下,相信测量的结果会更好,精度会更高。

参考文献

- [1] 张呈祥, 邱德惠, 耿国庆. 基于 CCD 图像处理的角速度测量系统[J]. 计算机测量与控制, 2004, 12(1): 32-34
- [2] Pan B G, Jin S Q, Liu Z J. Simulation of Fraunhofer diffraction with VC++ [J]. Electronic Instrumentation customer, 2010 (4): 66-69
- [3] 周品. Matlab 图像处理与图形用户界面设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013

(下转第 208 页)

异物检测算法的检测结果如图 8 所示。

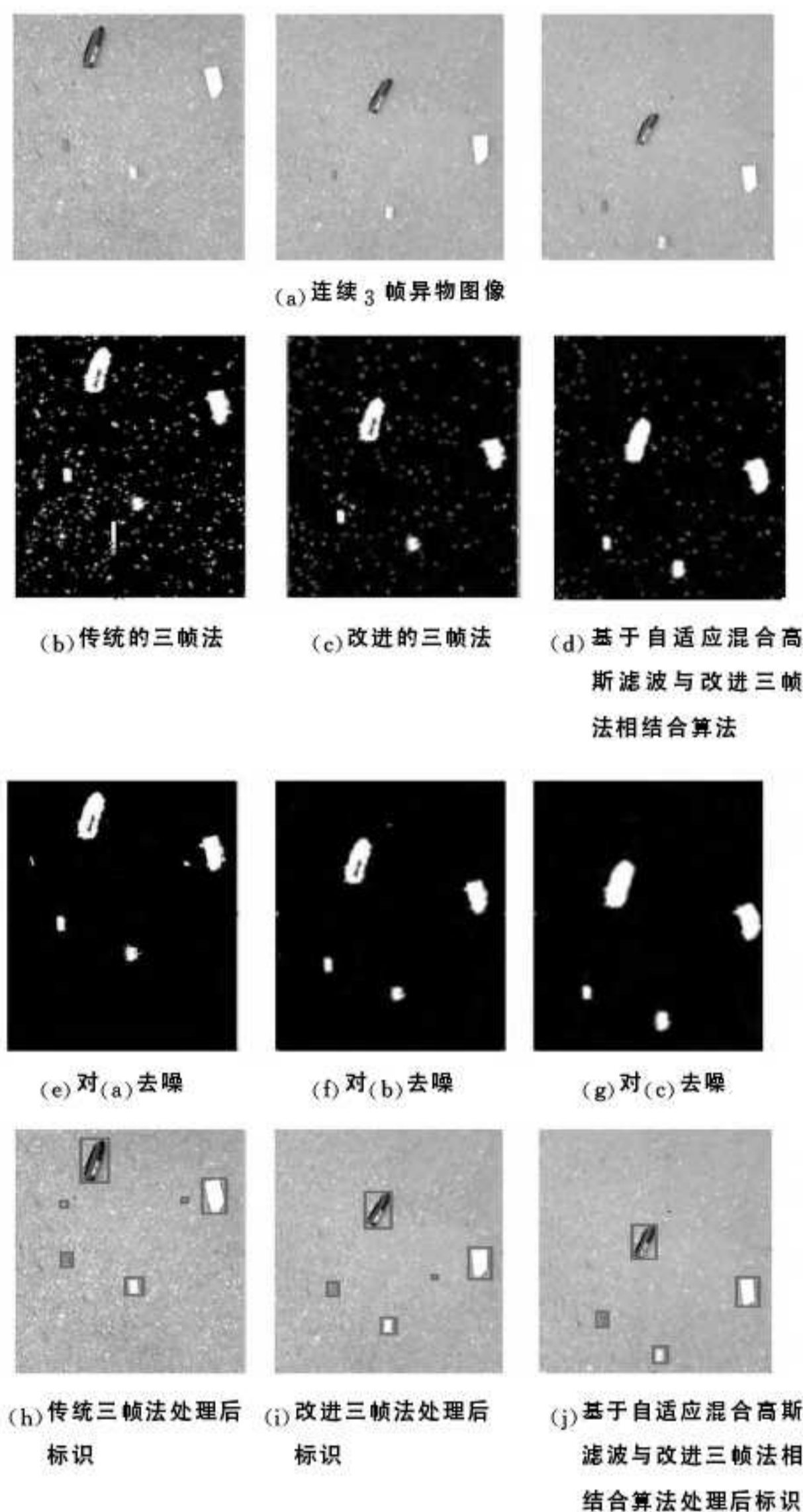


图 8 多目标异物检测算法实现

表 1 中运算时间为图 8 多目标检测中,采用传统三帧法和采用基于自适应混合高斯滤波与改进三帧法结合算法,从图像输入到完成异物目标的标识整个过程需要的时间。对 50 组不同背景下的异物分别采用这两种方法检测,统计误检异物的图片数目和漏检异物的图片数目,然后计算误检率和漏检率。从运行时间上看,改进的算法更耗时,但也基本满足实时应用。由于算法中加入了更多的约束,因此,改进算法的异物漏检率有所降低。

表 1 系统检测时间与误差统计

	运行时间(s)	漏检率(%)
传统三帧法	0.05	12.5
改进的三帧法	0.07	9.4
自适应高斯滤波背景差分与改进的三帧法相结合的算法	0.12	8.2

改进后的算法能够有效抑制噪声的检测和异物空洞情况的发生,由此能缩短形态学去噪和连通与标记去噪的时间,实时性好,同时改进后的算法对外部环境变化敏感性强,能够有效抑制噪声,使误检率和漏检率降低。改进后算法的误检和漏检主要是由与道路路面灰度非常相近的小石子造成的,所以在今后的研究中会对阈值判定做改进,从而提高对小石子的识别率。

结束语 本文对机场跑道异物检测系统的关键算法进行了详细而深入的研究,采用自适应混合高斯滤波背景相减法与改进的帧间差分法相结合的算法对异物进行检测,然后通过形态学处理算法与连通域标记,计算连通域像素面积,对噪声和不符合条件的小面积异物去除,从而将符合条件的异物完整地检测出来。实验结果表明,该异物检测算法能够将道路路面异物有效地检测出来,抑制异物目标出现的空洞现象,检测的实时性也较好。

参考文献

- [1] 张敏. 基于移动机器人视觉的道路异物检测方法研究[D]. 沈阳, 沈阳理工大学, 2011
- [2] 陈文会, 张晶. 一种基于背景减法和帧差的运动目标检测算法[J]. 电子设计工程, 2013, 2(21): 24-26
- [3] 华媛媛, 刘万军. 改进混合高斯模型的运动目标检测算法[J]. 计算机应用, 2014, 34(2): 580-584
- [4] 赖作镁, 王敬儒, 张启衡. 基于 RBF 神经网络的复杂背景下的运动目标检测[J]. 计算机科学, 2007, 2(34): 250-252
- [5] 王引辉. 监控视频中运动目标检测算法研究[D]. 南京, 南京邮电大学, 2013
- [6] 王宇, 吴炜, 张德银. 基于计算机视觉的机场跑道异物检测识别系统[J]. 电视技术, 2010, 34(5): 102-103
- [7] 郭晓静, 于之静. 机场跑道异物定位算法研究[J]. 测控技术, 2012, 5(31): 41-43
- [8] 赵秀锦. 机场视频监控系统中的目标识别算法研究[D]. 天津, 中国民航大学, 2008
- [9] Patterson Jr J. Foreign Object Debris (FOD) detection research [J]. International Airport Review, 2008, 2: 22-27
- [10] 刘静, 王玲. 混合高斯模型背景法的一种改进算法[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(13): 169-170
- [11] 茅正冲, 王丹. 一种基于混合高斯模型的运动目标检测新算法[J]. 科学技术与工程, 2013, 14(13): 4011-4017

(上接第 204 页)

- [4] 马小林. 基于图像反馈的角度测量系统的集成研究[D]. 杭州, 浙江大学, 2008
- [5] Toyama A. Present State of Precision Angle Measurement Technique in Japan[J]. Bulletin of the Japan Society of Precision Engineering, 1981, 15(1): 1-6

- [6] Sinha A, Kirubarajan T, Bar-Shalom Y. Maximum Likelihood Angle Extractor for two Closely Spaced Targets[C]// Proceedings of the Radar IEEE Conference. 2001: 345-350
- [7] Portlman V, Peschansky B. Phase-statistical Method and Device for High Precise and High-efficiency Angular Measurements[J]. Precision Engineering, 2001, 25(4): 309-315