

文章编号: 1006-4710(2015)02-0238-04

# 基于多信息融合的 施工升降机轿厢人数统计方法研究

杨静, 惠秦双, 徐彬

(西安理工大学 机械与精密仪器工程学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:** 为了避免群死、群伤事故, 必须对施工升降机轿厢内人数进行监控。结合升降机的工作特点, 本文利用安全帽的颜色特征进行静态图像人数统计。考虑升降机轿厢空间小、安全帽图像容易产生粘连、因人货同梯导致图像背景复杂等问题, 利用目标区域最小外接矩形的面积、质心位置以及占空比、长宽比等多种几何特征融合处理, 解决了粘连图像的人数识别以及干扰背景分离。现场测试结果表明, 本算法对复杂背景粘连图像的人数识别准确率较高, 实时性好, 基本满足工程应用的需要。

**关键词:** 轿厢人数统计; 颜色特征; 图像粘连; 复杂背景; 多信息融合

**中图分类号:** TP391.4      **文献标志码:** A

## Study of a counting method for the number of people in the elevator based on multi-source information fusion

YANG Jing, HUI Qinshuang, XU Bin

(Faculty of Mechanical and Precision Instrument Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** In order to avoid the death or injury in group, it is necessary to supervise and count the number of people in the elevator. Combining with the elevators' working characteristics, this paper utilizes the color features of safety helmets to count the number of people. Considering that the space in the elevator is small and the images of safety helmets are easy to produce image overlapping problems, and meanwhile the loading of people and groceries can lead to the image background complicated overlapping problems, this paper utilizes the multi-source information fusion to solve such problems as the square of the minimum external rectangle, the location of the centroid, duty cycle, and the length-width ratio. The result of experiment on the site shows that this method improves accuracy, has an excellent real-time quality and can be applied to the engineering applications well.

**Key words:** count the number of people in the elevator; color features; overlapping problem; complicated background; multi-source information fusion

随着城镇化建设的推进, 施工升降机的使用日益频繁。为了避免群死、群伤事故, 国内对施工升降机的载运人数进行了限制, 要求安全监控系统具有升降机吊笼内人数统计的功能。

根据现有文献报道, 区域环境下的人数统计主要有两种方法, 一是基于视频图像跟踪, 如文献[1]、[2]通过视频帧, 利用运动信息和边缘轮廓面积实现目标检测与跟踪, 适用于广场等较大区域场合的运动物体检测; 二是利用静态图像的目标特征, 基于

先验知识与规则进行人数识别。如文献[3]利用了人的头部及人体高度几何特征进行人数识别, 但要求人体图像必须完整; 文献[4]采用改进型 Hough 变换来检测头部以识别人数, 图像灰度值对检测影响大; 文献[5]采用 Haar 特征分类器对图像人数进行检测, 但上述文献都没有处理人员遮挡问题。

本文研究的施工升降机, 其吊笼空间狭小(3.1 m×1.5 m×2.4 m), 目标运动行程短且目标之间彼此遮挡, 容易跟踪丢失, 所以不宜使用图像视频跟踪

**收稿日期:** 2014-09-24

**基金项目:** 陕西省教育厅产业化基金资助项目(2013JC25); 陕西省科学技术研究发展计划基金资助项目(2014TG-01)。

**作者简介:** 杨静, 女, 副教授, 博士, 研究方向为机电系统检测与控制。E-mail: yjzhd@163.com。

的方法。考虑摄像头只能安装在吊笼内,摄像头相对目标比较近,他们的相对位置对图像面积影响大,而且吊笼空间小,图像容易产生粘连,施工电梯人货同梯,背景复杂。文献[6]基于人体轮廓特征的提取及填充来统计区域内人数,应用单一轮廓面积阈值处理人员粘连,但没有考虑背景颜色区域的识别以及摄像头位置对图像面积的影响,这种单一信息的处理方法用于本文的工况中则误差较大。本文利用施工现场安全帽颜色特征以及颜色区域最小外接矩形的面积、质心位置以及长宽比、占空比等多种几何特征融合处理,解决干扰背景分离以及粘连图像的人数识别,从而提高施工升降机吊笼内人数统计的准确度。

## 1 多信息融合的人数统计算法流程

施工现场人员都必须佩戴安全帽,本文抓住安全帽颜色以及形状的特征,采用基于静态图像的吊笼内人数统计方法,图1为算法基本流程。首先选取实际工况的不同样本图像,提取安全帽的RGB色彩信息,在此基础上,通过单向量SVF滤波器对图像进行分割并二值化处理;然后,利用多种几何特征的信息融合对候选区域进行佩戴安全帽人员的人数统计。

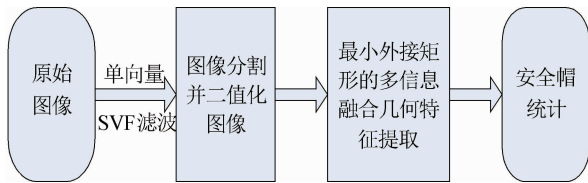


图1 人数统计算法

Fig. 1 The algorithms to count the number of people

## 2 SVF 单向量滤波器提取颜色特征

不同厂家、不同批次生产的同一颜色安全帽,其RGB直方图可能是不同的;同时,安全帽相对轿厢窗口位置不同,光照影响也会导致其RGB直方图不同,本文在颜色特征提取时,首先选取不同位置安全帽样本图像获取RGB空间直方图,然后采用单向量SVF滤波器对图像进行分割、二值化处理,具体算法如下。

1) 获取样本图像的 $r$ 、 $g$ 、 $b$ 三分量值;考虑施工现场红色以及黄色安全帽比较多,根据实际样本图像,本文确定红色像素的阈值范围为: $r-g>40$ 且 $r-b>40$ ;黄色像素的阈值范围为: $g-b>40$ 且 $r-b>60$ 。

2) 计算图片的 $r$ 、 $g$ 、 $b$ 三分量值,并根据公式

(1)<sup>[7]</sup>计算 $F$ 值。

$$F = \frac{|r-g| + |g-b| + |b-r|}{3D} \quad (1)$$

式中, $r$ 、 $g$ 、 $b$ 分别表示RGB颜色空间的红、绿和蓝三分量, $D=20$ 是单色提取因子。

3) 对图片中 $F \geq 1$ 的像素,利用先验样本的阈值得到不同特征色彩的二值化图像。

## 3 安全帽多几何特征的融合

由于摄像头在轿厢内一般侧面安装,而且实际轿厢内人群拥挤,图像中安全帽经常出现粘连现象(见图2),此时,简单的圆特征无法准确识别数量。本文利用二值化后图像连通域的最小外接矩形的长宽比以及占空比两个特征,结合连通域面积特征来处理图像中安全帽的粘连问题。式(2)给出了外接矩形长宽比 $C$ 以及占空比 $Z$ <sup>[8]</sup>的定义。

$$\begin{cases} C = a/b \\ Z = A_s/A_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中, $a$ 为外接矩形的长, $b$ 为外接矩形的宽, $A_s$ 是连通区域面积, $A_0$ 是连通区域外接矩形的面积。



图2 图像安全帽粘连

Fig. 2 The conglutination of helmets in image

一般对于标准圆图像,最小外接矩形的长宽比 $C=1$ ,占空比 $Z=0.79$ ;当目标粘连时,通过最小外接矩形长宽比 $C$ 可以确定目标个数;通过占空比 $Z$ 则可以确定图像是否为检测目标形状。例如图3的连通域1,长宽比 $C=1.8$ ,占空比 $Z=0.78$ ;通过长宽比可确定圆数量为2;对于连通域2,长宽比 $C=1.1$ ,占空比 $Z=0.43$ ;通过占空比可以判断图像形状非圆。

式(2)定义了两个最小外接矩形的比值特征。为了提高判断准确率,本文进一步融入了最小外接矩形的面积特征。实际情况摄像头一般安装于电梯轿厢一侧,由于轿厢高度有限,安全帽与摄像头之间的距离对图像的面积影响较大(见图4)。

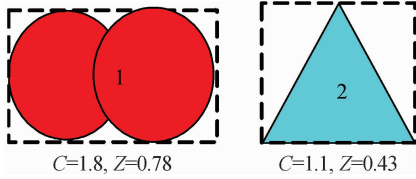


图3 不同形状特征参数比图

Fig. 3 The comparison of figures with different parameters



图4 位置对安全帽图像面积的影响

Fig. 4 The affection on the position of helmet area in image

对于普通 3.1 m 的轿厢,同一个安全帽在距摄像头近的地方以及远离摄像头的地方,图像面积相差 80%;即使在同一个位置,由于人的身高不同,安全帽的面积也不同,本文首先获得两种极端位置安全帽的图像样本,结合外接矩形质心相对摄像头距离,采用线性拟合方法,得到安全帽图像不同位置的最小面积,利用上述最小面积可以直接从图像中滤除一些非安全帽的图像,同时,在上述连通域最小外接矩形长宽比以及占空比判断基础上,进一步利用最小面积进行判断,从而提高准确性。

图 5 给出了本文基于颜色与多几何特征融合的安全帽识别算法,图中  $N$  代表连通域的安全帽个数。

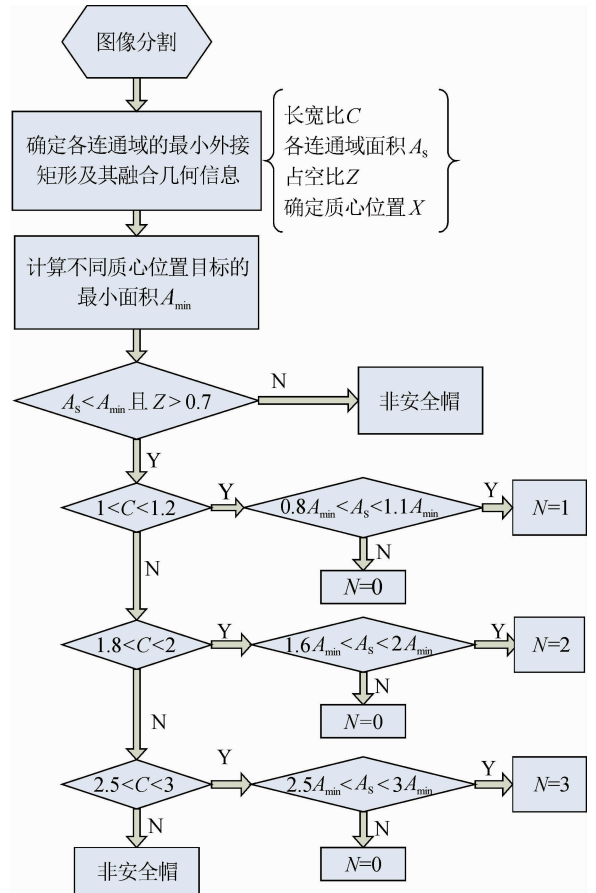


图5 多几何特征融合人数检测方法

Fig. 5 Count the number of people with multiple geometric feature fusion

### 4 现场实验

在实际施工现场,安全帽经常会同时有红、黄或蓝几种特定的颜色,利用上述算法可以对不同颜色的安全帽分别进行统计,然后总和人数。在施工现场安装摄像头,实际采集图像为图 6(a)、(b)。

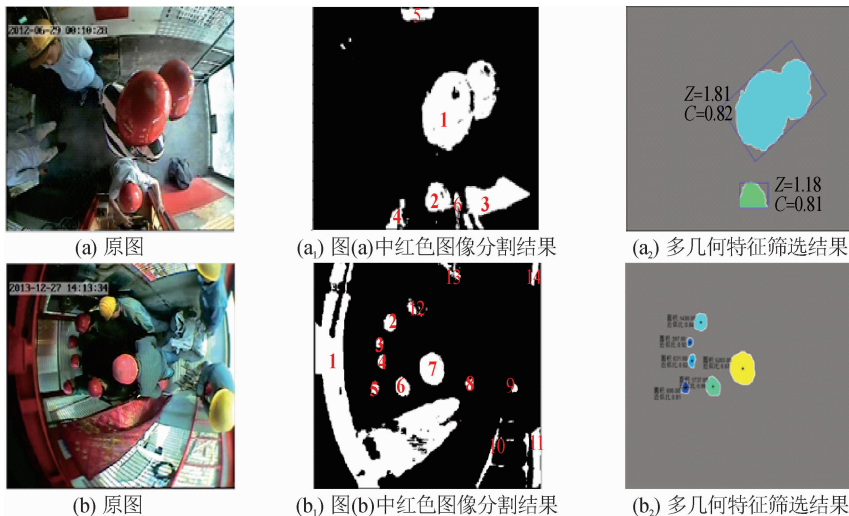


图6 实验结果图

Fig. 6 The experimental results

本文以红色安全帽为例进行分析,图 6(a<sub>1</sub>)、(b<sub>1</sub>)为二值化后的图像,图 6(a<sub>2</sub>)(b<sub>2</sub>)为算法分析、处理后的结果。由图 6 可见,二值化分割后,图 6(a<sub>1</sub>)有 6 个红色连通域,利用面积特征,连通域 4、5、6 可以直接排除;连通域 3 长宽比为 2、但因占空比为 0.7,不符合目标阈值而被排除;连通域 1 占空比为 0.82、长宽比为 1.81,并且面积符合了该质心位置处目标数为 2 的面积范围,因此,连通域 1 的安全帽数为 2;连通域 2 占空比为 0.81、长宽比为 1.18,且面积符合了该质心位置处目标数为 1 的面积范围,因此,连通域 2 内目标数为 1;最后统计原图(图 6(a))中红色安全帽数量为 3。同样对于图 6(a)的情况,采用文献[6]的单一的面积特征处理,连通域 3 将会被标为 2 个目标物,图 6(a)安全帽数量将会识别为 5,误差高达 40%。

图 6(b)颜色分割后,标号 8、9、10、11、12、13、14 的连通域,因其连通域面积小于质心所处位置的最小面积阈值被排除;标号 1 连通域占空比仅为 0.4 被滤除,标号 2~7 的连通域,占空比、长宽比均符合阈值要求,同时,结合本文面积阈值随质心位置变化的规律,可以判断 2~7 的连通域都分别为 1 个红色安全帽,因此,原图(图 6(b))中红色安全帽数量为 6。对于图 6(b)的情况,采用文献[6]的简单面积处理,连通域 1 会被误认为是 11 个安全帽粘连,且连通域 7 会按照面积大小被标为 2 个目标,于是,对于图 6(b)的情况,按文献[6]的单一的面积特征处理,安全帽数量为 18,误差将会非常大。由此可见,对于复杂背景条件下,安全帽粘连情况,本算法采用多几何特征融合处理,分析结果比单一特征处理准确率更高。

现场测试中发现,施工升降机吊笼内有对外窗户,升降机在运行过程中,不同楼层,光线从窗口入射情况不同,光照变化导致人数识别错误。实验中,将窗户遮挡,利用吊笼内的灯,提供稳定的光源,对施工现场上、下班人员乘梯高峰时间段以及正常工作时间段进行了测试,提取了 100 多种不同位置有图像粘连的情况的照片,利用上述多几何信息融合的算法,人数统计误差 1 人的为 86%以上。

## 5 结论

施工升降机轿厢空间小,轿厢内安全帽图像容易出现粘连,而且不同位置安全帽面积差别较大,在这种复杂的现场环境下,本文利用安全帽的颜色以及几何特征,首先通过单向量 SVF 滤波器对图像进行分割并二值化处理;然后,利用连通域最小外接矩

形的面积、质心位置以及长宽比、占空比多种几何特征的信息融合对粘连情况的人数进行识别。与传统人数检测方法相比,本文利用多信息融合的方法,有效提高了复杂背景图像粘连情况下人数识别准确率,通过现场测试,算法实时性好,但实际工程中,由于施工升降机吊笼内的对外窗户,不同楼层吊笼内的光照变化,导致人数识别准确率降低,以后工作有待对算法的进一步优化,以提高算法的鲁棒性与实用性。

## 参考文献:

- [1] Gianluca Antonini, Jean Philippe Thiran, Senior Member. Counting pedestrians in video sequences using trajectory clustering[J]. IEEE Video Technology, 2006, 16(8): 1008-1020.
- [2] 靳海燕,熊庆宇,王楷,等. 基于图像处理的电梯轿厢内人数统计方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(6): 161-165.  
Jin Haiyan, Xiong Qingyu, Wang Kai, et al. Study of a counting method for the number of people in the elevator based on image processing technology[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2011, 32(6): 161-165.
- [3] Haritaoglu I, Davis L S. W4: A real time system for detecting and tracking people [C]//Proceedings of 3th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Los Alamitos, CA, USA: IEEE ComPut. Soc., 1998: 222-227.
- [4] 于海滨,刘济林. 应用于公交客流统计的机器视觉方法[J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(4): 716-722.  
Yu Haibin, Liu Jilin. A vision-based method to estimate passenger flow in bus[J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(4): 716-722.
- [5] 刘子源,蒋承志. 基于 OpenCv 和 Haar 特征分类器的图像人数检测[J]. 辽宁科技大学学报, 2011, 34(4): 384-388.  
Liu Ziyuan, Jiang Chengzhi. People number detection of image in fixed place with OpenCV and Haar-like classifier[J]. Journal of University of Science and Technology Liaoning, 2011, 34(4): 384-388.
- [6] 张建青,赵丽英. 基于 MATLAB 的数字图像人数统计[J]. 微计算机信息, 2012, 28(2): 157-161.  
Zhang Jianqing, Zhao Liying. MATLAB-based statistics on the number of digital image[J]. Microcomputer Information, 2012, 28(2): 157-161.
- [7] 陈维馨,李翠华,汪哲慎. 基于颜色和形状的道路交通标志检测[J]. 厦门大学学报, 2007, 9(5): 635-640.  
Chen Wexin, Li Cuihua, Wang Zheshen. Road traffic sign detection using color and shape[J]. Journal of Xiamen University, 2007, 9(5): 635-640.
- [8] 赵军伟,侯清涛,李金屏,等. 基于数学形态学和 HSI 颜色空间的人头检测[J]. 山东大学学报, 2013, 43(2): 6-10.  
Zhao Junwei, Hou Qingtao, Li Jinping, et al. Head detection algorithm based on mathematical morphology and HSI color space[J]. Journal of Shandong University of Technology, 2013, 43(2): 6-10.