

·信号与信息处理·

## 城市快速路监控视频中的行人检测方法

李 权, 赵勋杰

(苏州大学物理科学与技术学院, 江苏 苏州 215000)

**摘 要:**提出了一种用于检测进入城市快速路中行人的算法,先通过背景自动更新算法确定区域背景,接着利用背景减除法对运动物体进行分割获取场景中的运动目标区域,然后在颜色空间进行肤色检测,得到人脸候选区,再依据人脸形状信息剔除类似人脸肤色的运动物体,从而最后确认视频中运动的行人。实验结果表明,文中方法实时性较好,检测概率较高。

**关键词:**背景减除法; Surendra 算法; 肤色检测; 城市快速路; 行人检测

中图分类号: TP334.2<sup>+</sup>5

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2011)05-0042-05

## Research on Pedestrian Detection in Expressway Video Monitoring System

LI Quan, ZHAO Xun-jie

(School of Physical Science and Technology, Soochow University, Suzhou 215006, China)

**Abstract:** A new algorithm to detect the pedestrians in expressway is proposed. In background estimation, the background automatic updates algorithms is adopted, and for the moving object detection, background removal method is used. Then in color space, the skin color model is used for human face detection, after getting the face candidate area, the face shape information is used to eliminate similar movement face skin color area. The experimental results show that the proposed algorithm is feasible and its real-time performance can satisfy the video monitoring system.

**Key words:** background removal; Surendra algorithm; skin detection; expressway; pedestrian detection

为了改善城市交通拥堵状况,很多城市都修建了城市快速路或高架路。出于交通安全考虑,这些道路禁止骑自行车、摩托车和电瓶车的行人进入。但目前经常有行人违规进入这些快速道路,给交通安全带来了极大的安全隐患,因此,如果能在快速路入口的监控视频中及时准确检测到行人并发出警示,阻止行人驶入快速路,是十分必要的。

当前,人的运动检测和分析是一个非常活跃的研究领域,研究内容主要集中在:图像序列中运动目标检测、目标分类、跟踪以及运动理解。常用的方法有基于形状特征的方法、基于运动特性的方法、基于人体模型的方法、立体视觉法等<sup>[1-5]</sup>。尽管基于计算机

视觉的人的运动识别在近近年来已经取得了很大的进展,但是这些研究还处在一个比较基础的阶段,若在智能交通系统中应用还有许多问题和难点需要解决。首先,目前绝大多数人的识别研究集中在简单的动作和行为识别上。采用的方法主要依靠行人身体各个部位的特征信息。然而,实际交通监控视频中,人体在图像中占据的像素点比较少,此外,在快速路或高架道路中,行人都是驾驶着交通工具,这就使得我们难以获得人体的详细信息。其次,目前大多数运动识别方法是基于对分割后的行为序列进行分析的,对连续的、长时间的视频图像进行分析的研究工作比较少。以上这些问题都是使得现有的行人

收稿日期:2011-09-45

基金项目:江苏省大学生创新性实验计划项目

作者简介:李权(1990-),男,江苏人,学士,主要专业方向为电子信息科学与技术;赵勋杰(1960-),女,研究员,博士,研究方向为计算机视觉及应用。

检测方法难以应用到快速路行人检测中。文献[6]利用帧差法检测城市高架路中的行人,由于帧差法自身存在的问题,复杂背景下难以得到好的检测效果。针对快速路交通监控的需要,文中研究用于快速路或高架道路中行人的检测方法。

## 1 行人检测方法及算法流程

行人检测的思路是:先采用Surendra算法来建立背景,之后利用背景减除法检测运动物体区域,然后对运动区域进行肤色检测,得到人脸候选区,再依据人脸形状信息剔除类似人脸肤色的运动物体,最后确认视频中运动的行人。图1为文中算法流程图。

### 1.1 运动目标提取

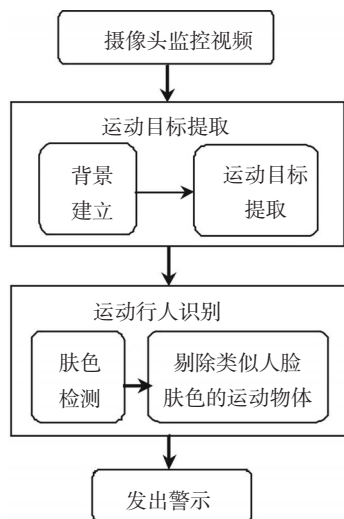


图1 文中行人检测算法流程图

运动目标提取的方法主要有光流法、帧差法和背景减除法<sup>[7]</sup>。光流法计算复杂、实时性差、抗干扰性能差、不适用于室外交通实时监控场景。帧差法运算简单、速度快,但是不能检测出完整的运动区域,在运动区域内部产生空洞。文中采用背景减除法进行运动目标的提取。

背景减除法的关键是如何建立背景并实时更新以适应背景变化,这些背景变化包括场景光照变化和场景的改变,如阳光强弱和方向的改变、照明灯的开和关、背景中物体的移动、其他物体进入或移出场景等等,这些情况在实际的交通监控场景中都是常常发生的。

自适应背景提取方法有很多,常用的有3种算法

<sup>[8-9]</sup>,即Surendra算法、AMF算法和MOG算法。经实验对比分析,AMF算法与Surendra算法实时性好,能较快地适应背景图像的变化,这就为不同时段、不同天气状况下提取背景带来了便利,因此这2种算法很适合在城市交通监测中应用。而MOG算法在高速公路,车流量不太大时,应用的效果比较好,特别是对多模态背景分布,算法有着很好的鲁棒性。但是该算法实时性不如前两者。因此,文中采用Surendra算法来建立背景,该算法步骤如下:

- (1) 把第1帧图像 $I_0$ 作为初始背景 $B_0$ ;
- (2) 令迭代参数 $i=1$ ;
- (3) 求当前帧帧差分的二值图像 $BW_i(x,y)$ 为

$$BW_i(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } abs(I_i - I_{i-1}) < T \\ 0 & \text{if } abs(I_i - I_{i-1}) \geq T \end{cases} \quad (1)$$

式中, $I_i$ 和 $I_{i-1}$ 分别为当前帧和上一帧图像; $abs(I_i - I_{i-1})$ 为连续两帧差分的模值图像; $T$ 为阈值,选帧差分图像灰度直方图中最大峰值右边0.1倍最大峰值处所对应的灰度级。

- (4) 根据 $BW_i$ 取值更新背景 $B_i$

$$B_i(x,y) = \begin{cases} B_{i-1}(x,y) & \text{if } BW_i(x,y) = 1 \\ \alpha I_i + (1-\alpha)B_{i-1}(x,y) & \text{if } BW_i(x,y) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中, $B_i(x,y)$ , $BW_i(x,y)$ 分别为背景图像和二值图像在坐标位置 $(x,y)$ 处的值, $\alpha$ 为更新速度,取值过大则容易受噪声的影响,且会因为小物体的运动干扰而造成错误判断;若取值过小则会导致背景更新速度缓慢,不能及时反映背景的变化, $\alpha$ 通常取值范围为0.1~0.15。

(5)  $i=i+1$ ,返回到步骤(3)进行迭代,当迭代到一定步数,便可结束迭代,此时的 $B_i$ 即为提取的背景。

背景提取出之后,就可以用背景图像减除法,将原视频每帧与相应背景作差便可以提取出运动目标。

### 1.2 行人检测

行人进入快速路时通常是迎着监控摄像机,因此要检测是否有行人进入高架路,只需在运动区域检测是否有人脸即可。而人脸的检测文中依靠肤色和人脸的形状特性综合来判别。

#### 1.2.1 肤色检测

肤色检测常用的颜色空间有RGB空间、HSV空间和YCbCr空间<sup>[10,11]</sup>。对于不同的颜色空间,肤色各有其不同的取值范围。文中在肤色判别时根据文献

[12]给出的肤色取值范围。

(1) RGB颜色空间

正常日照情况下:

$$\begin{aligned} &(R > 95) \& (G > 40) \& (B > 20) \& \\ &(\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\} > 15) \& \\ &(|R - G| > 15) \& (R > G) \& (R > B) \end{aligned} \quad (3)$$

灯光照明情况下:

$$\begin{aligned} &(R > 220) \& (G > 210) \& (B > 170) \& \\ &(|R - G| \leq 15) \& (R > B) \& (G > B) \end{aligned} \quad (4)$$

考虑到各种情形,颜色空间使用式(3)和式(4)的逻辑或,即(3) $\cup$ (4)。

(2) YCbCr颜色空间

$$Cr \leq 1.5862 \times Cb + 20 \quad (5)$$

$$Cr \geq 0.3448 \times Cb + 76.2069 \quad (6)$$

$$Cr \geq -4.5652 \times Cb + 234.5652 \quad (7)$$

$$Cr \leq -1.15 \times Cb + 301.75 \quad (8)$$

$$Cr \leq -2.2857 \times Cb + 432.85 \quad (9)$$

颜色判别采用式(5)~式(9)给出的5个区间的逻辑或。

(3) HSV空间

肤色判别方法为

$$(H < 0.098) \cup (H > 0.9) \quad (10)$$

为了获得较好的检测效果,在几种颜色空间充分地进行了肤色检测实验,并对检测效果进行了对比。

实验发现不同的颜色空间,肤色检测效果不同,且由于不同颜色空间计算量不同,对检测的实时性影响很大。

考虑到实时性对于交通环境下运动目标检测的重要性,先对各个颜色空间的肤色检测速度进行了测试,测试实验包括单个颜色空间(RGB, HSV, YCbCr)、2种颜色空间的组合(HSV-YCbCr, RGB-HSV, RGB-YCbCr)以及3个颜色空间(RGB-HSV-YCbCr)的组合。程序在CPU主频为1.73 G,内存为1 G的PC机上运行,仿真环境为Matlab2006b。各种情况下程序运行时间列于表1。

测试结果表明,当使用单个颜色空间时,因为HSV、RGB空间的计算量较小,检测速度相近且实时性较好,而YCbCr空间的计算量较大,检测速度相对较慢,实时性较差。当使用2种颜色空间组合时,RGB-HSV空间的检测速度较高,且与使用单个HSV、RGB颜色空间时的检测速度相差不大,实时性较好,而HSV-YCbCr和RGB-YCbCr空间实时性较

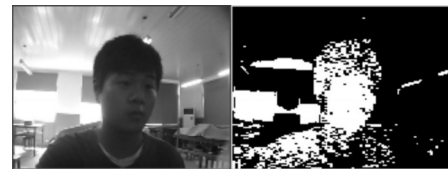
差。当使用3个颜色空间时,由于计算量大,以致检测不能实时进行。

表1 不同颜色空间检测一帧图像的时间

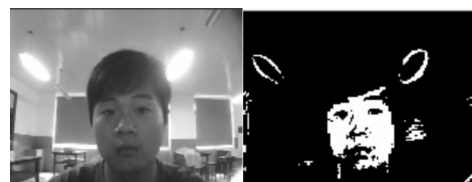
颜色空间	检测时间/s
HSV	0.032
RGB	0.031
YCbCr	0.282
HSV-YCbCr	0.297
RGB-HSV	0.047
RGB-YCbCr	0.312
RGB-HSV-YCbCr	0.471

在满足实时性的前提下,对几个颜色空间的肤色检测效果进行测试对比。首先研究了单个颜色空间的肤色检测效果,发现在HSV空间检测效果较差,常常会把非人脸区域检测出来,如图2a所示。而在RGB颜色空间,人脸检测概率大,噪声小,如图2b所示,实时性也很好,检测速度能达到每秒32帧,满足交通视频的实时性要求。

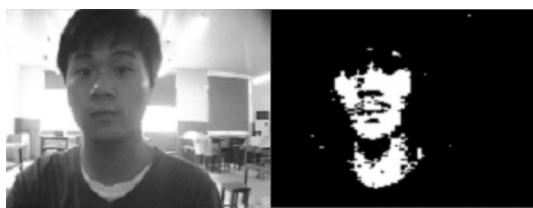
在上述实验基础上,又将RGB和HSV空间进行组合,即在RGB空间检测到满足肤色像素点后,再进一步判断其色调是否满足式(10)。实验结果表明,与使用单个RGB空间相比,由于增加了色调的约束条件,检测概率有了进一步的提高,噪声也进一步减小,肤色的检测效果得到了改善,如图2c所示。实时性方面,检测速度虽然比单独使用RGB空间有所降低,但依旧可以达到每秒21帧的检测速度,考虑到MATLAB仿真环境的局限性,实际应用中速度还会提高,因此,检测速度完全能够满足交通视频的实时性要求。



(a)



(b)

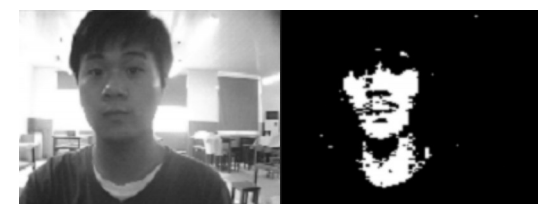


(c)

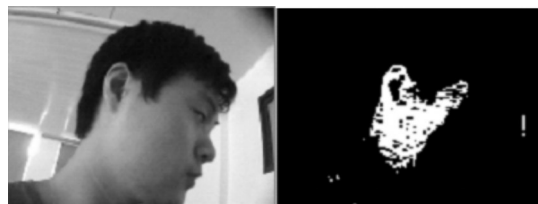
图2 各个颜色空间的肤色检测效果对比

对RGB-HSV颜色空间进行了反复测试实验,发现算法在检测人脸的正面和侧面都具有较好的检测效果,如图3所示,检测效果稳定。

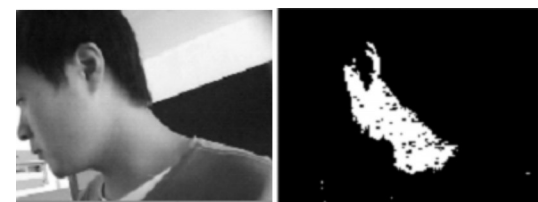
综合考虑实时性和检测效果,文中最终选用RGB-HSV颜色空间进行行人检测。



(a)



(b)



(c)

图3 RGB-HSV空间肤色检测效果

### 1.2.2 类似人脸肤色运动物体的剔除

在检测环境中,不可避免地会出现跟肤色相近的运动物体,这会引起误检,为了减小这种误检,就要对运动物体的形状进行限定,只有满足人脸形状特性的区域才最终判定为人脸。具体判断方法如下:

(1) 限定人脸侯选区的高宽比范围:通过反复实验测试,发现当区域的高度与宽度之比满足 $0.8 \sim 1.5$ 时,可较好地剔除非人脸区域。

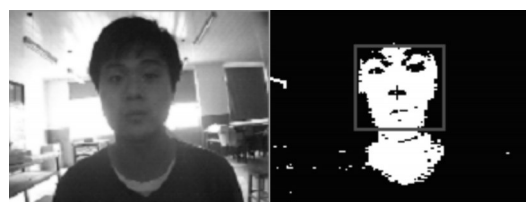
(2) 限定区域填充比,即肤色连通区面积与其最

小外接矩形面积之比:经实验测试,当区域填充比 $k > 0.6$ 时,可有效排除非人脸区域。

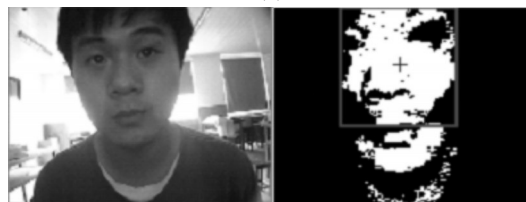
在进行肤色检测和形状判别后,当确认区域为人脸时,在相应的帧图像上用红色矩形框标出人脸位置。

### 1.3 实验结果

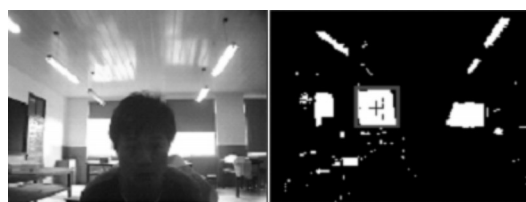
在Matlab2006b环境下,对文中提出的运动区域检测和人脸确认完整算法进行了实验验证。图4给出了部分检测效果图,其中图4a、图4b两幅图给出的是正确检测视频中人脸的情况。在一些特殊情况下,如图4c,由于在背景中有强光的照射,出现了符合肤色颜色范围的区域,且该区域形状又满足了提出的形状限制条件,因此被误判为人脸。



(a)



(b)



(c)

图4 文中算法检测实例

## 2 结论

文中研究了城市快速路监控视频中行人的检测方法,在运动目标检测中采用了背景差法,在背景提取方面,选择了实时性好的Surendra算法建立背景和实时更新背景。在分割出运动目标后,综合运用肤色和人脸形状特性来对行人进行识别,实验结果表明,该算法具有较好的实时性与检测效果,能满足交通监控视频的要求。实验过程中也发现了误检情

况,在强光下,有时会将满足人脸肤色和形状特性的非人脸误判为人脸,因此算法还需进一步的完善与提高。

### 参考文献

- [1] 杜友田,陈峰.基于视觉的人的运动识别综述[J].电子学报,2007,35(1):67-62.
- [2] 王亮,胡卫明,谭铁牛.人运动的视觉分析综述[J].计算机学报,2002,25(3):226-237.
- [3] 黄茜,刘军,彭啸,等.基于局部二元模式特征的行人检测[J].计算机工程与设计,2011,32(6):2119-2123.
- [4] 左航,杨波,高琳,等.基于行走拓扑结构分析的行人检测[J].光电子·激光,2010,21(5):749-753.
- [5] 周晨卉,王生进,丁晓青.基于局部特征级联分类器和模板匹配的行人检测[J].2010,15(5):824-829.
- [6] 杨灯峰,赵勋杰.高架道路监控视频中的行人检测[J].科

技创新导报,2008(36):74-75.

- [7] 王琨鹏.序列图像运动目标检测算法研究[D].长沙:国防科技大学,2005.
- [8] 王正勤,刘富强.自适应背景提取算法的比较[J].计算机工程,2008,34(23):220-223.
- [9] 甘新胜,赵书斌.基于背景差的运动目标检测方法比较分析[J].指挥控制与仿真,2008,30(3):45-50.
- [10] Hus R L, Mohamed Abdel-Mottaleb M, Jain A.K. Face Detection in Color Images[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(5):696-706.
- [11] V Vezhnevets, V Sazonov, A Andreeva. A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques[C]//In Proceedings Graphicon-2003, Moscow, Russia, 2003:85-92.
- [12] P Peer, J Kovac, F Solina, Human Skin Colour Clustering for Face Detection[C]//EUROCON1993, Ljubljana, Slovenia, 2003:144-148.

(上接第36页)

### 参考文献

- [1] 林学煌.光无源器件[M].北京:人民邮电出版社,2002:235-256.
- [2] 唐东林.集成加速度地震检波理论与实验研究[D].天津:天津大学,2006:23-52.
- [3] 恩德,魏建霞,徐可欣,等.高精度硅微简谐振器的设计与制作工艺[J].纳米技术与精密工程,2007,5(2):117-120.
- [4] 张燕君,陈才和,吴波,等.硅微光机械加速度地震检波器中M-Z光波导干涉仪结构设计[J].光学精密工程,2006,14(1):77-82.
- [5] 李超.迈克尔逊型全光纤加速度地震检波器理论与实验

研究[D].天津:天津大学,2007:11-12.

- [6] 唐东林,陈才和,崔宇明,等.三分量光弹波导混合集成加速度传感器[J].光子学报,2005,34(7):1062-1065.
- [7] 吴波,陈才和,张晓玲,等.M-Z干涉型集成光学微加速度传感器结构设计[J].光电子·激光,2004,(10).
- [8] 唐天同,王兆宏.集成光学[M].北京:科学出版社,2008:25-27.
- [9] 王侠,欧阳斌,李苏.半导体激光二极管的光纤耦合技术[J].光电技术应用,2010,25(3):26-32.
- [10] 季家镛.高等光学教程——光学的基本电磁理论[M].北京:科学出版社,2007:150-170.
- [11] 陈根祥.光纤通信技术基础[M].北京:高等教育出版社,2011:177-184.
- [12] 刘娟.激光二极管与单模保偏光纤的耦合研究[J].光电技术应用,2010,25(5):46-50.

## 版权声明

本刊已成为《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中文科技期刊数据库》、《中国期刊全文数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、美国《乌利希期刊指南》、波兰《哥白尼索引》收录期刊,并加入中国光学期刊网,建立了《光电技术应用》期刊网站,所刊载的文章在国内外数据库检索机构及网站(包括纸板、光盘版、网络版)报道时,不再征求作者意见。稿件刊登录用后作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付给,并赠送当期样刊两份。