

基于运动目标分类的双向人流量统计算法^①

李振宇, 曹建荣, 高红红, 贺文婷

(山东建筑大学 信息与电气工程学院, 济南 250101)

摘要: 提出了一种在智能视频监控中基于运动目标分类的双向人流量统计算法. 本文首先对运动目标进行检测和跟踪, 根据检测出的运动目标团块经过预设计数线时的特征信息, 把目标划分为非行人、单行人和多行人. 对于多行人的情况, 利用 HOG 和 SVM 对目标团块中的头肩进行检测, 判断出多目标团块包含的行人数目. 在人流量的统计中, 借助于运动目标方向信息和目标团块所包含的行人数目信息, 对经过场景预设计数线的行人进行进出双向的统计. 本文算在建筑物通道口环境下的人流量统计中取得了较好的效果.

关键词: 运动目标; HOG; SVM; 双向人流量统计

Algorithm for the Bidirectional Pedestrian Counting Based on the Classification of Moving Objects

LI Zhen-Yu, CAO Jian-Rong, GAO Hong-Hong, HE Wen-Ting

(College of Information and Electrical Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China)

Abstract: This paper proposes an algorithm for the bidirectional pedestrian counting based on the classification of moving objects in intelligent video surveillance. First of all, detect and track the moving objects. According to the feature information of the blocks of moving objects has been detected through the predetermined counting line, divide the moving objects into non-pedestrian, single pedestrian and multiple pedestrians. For the case of multiple pedestrians, detect the head and shoulder in the blocks using Hog and SVM and count the number of pedestrians. In this paper, with the direction information of moving objects and the number of pedestrians including in the blocks of moving objects, calculate the bidirectional flow of people when the pedestrians cross the the predetermined counting line. The algorithm in this paper acquires good effect in the corridor environment.

Key words: moving objects; HOG; SVM; bidirectional pedestrian counter

1 引言

现有的比较流行的人流数量统计方法主要分为基于红外线检测的方法和基于计算机视觉的方法. 基于红外线检测的方法主要是通过感应人体发出的红外线对人流进行统计. 例如文献[1]采用热释电红外传感器作为人流量传感器, 把检测结果传输到主控制器上并显示; 文献[2]系统采用对红外光线的通断检测的方法来统计进出的人流量. 基于红外线检测的方法没有对行人特征进行识别, 对于能发出红外线的非行人目标会识别为行人, 另外, 基于红外线检测的方法需要搭建专门的系统, 并安装在通道的进出口, 成本比较高. 基于计算机视觉的方法是通过摄像头采集的视频序

列进行处理来统计人流, 基本思路是对目标进行检测和跟踪, 得到目标的运动轨迹, 从而实现目标计数. 例如文献[3]对头部区域进行检测并跟踪, 通过目标轨迹特征对人流进行统计. 目前监控系统比较成熟, 摄像头分布合理有序, 所以基于计算机视觉的人流统计方法更为实用.

在机器学习中的行人计数, 针对行人不同的特征提取位置, 学习主要分为对人体头顶部特征的学习, 对人体头肩特征的学习和对整个人体的学习. 在本文中, 由于楼道环境下行人的前后遮挡情况, 对整个人体的学习并不适用, 又由于本文实验环境中的摄像头采用的是俯斜视的安装方式, 头顶部特征并不明显,

^① 收稿时间:2015-08-12;收到修改稿时间:2015-10-09

而头肩比较固定并且不易被遮挡,所以本文采用人体头肩特征进行学习.在图像处理中常用的特征有LBP纹理特征^[4]、Haar特征^[5]和Hog特征^[6].由于Hog是在图像的局部方格单元上操作,所以它对图像几何的和光学的形变都能保持很好的不变性,并且人体一些细微的动作并不会影响检测的效果,所以比较适用于对人体头肩的检测,本文选用Hog特征对头肩进行学习.

2 双向人流量统计算法

2.1 运动目标的检测和跟踪

要完成人流量的统计,首先需要对运动目标进行检测和跟踪.在运动目标检测算法中,背景建模算法应用最为广泛,常用的背景建模有ViBe模型、LBP纹理模型、混合高斯模型.基于颜色特征的混合高斯模型算法在抵御背景的缓慢变化时具有一定的鲁棒性,但对于光线较暗、前景与背景对比度较低的楼道环境,很难将前景准确的分割出来;而LBP算法在纹理特征丰富时,对阴影和对比度低的情况适应性强,但当背景区域与人的衣着的纹理信息都较少时,分割后的前景区域会存在大面积的空洞.本文采用基于纹理特征和颜色特征相融合的背景建模方法,弥补各自的缺陷:当前景与背景颜色对比度低时,纹理特征所占权重比较大,以其为主进行前景检测;当前景与背景纹理信息都较少时,则以颜色特征为主进行前景检测.检测算法得到的前景如下图1所示.



图1 前景图像

运动目标检测得到的只是每一帧图像中目标的位置信息,前后帧属于同一目标的团块在时间上无法产生联系,要实现目标计数,还需要再对目标进行跟踪,得到目标在时间和空间上的轨迹信息.典型的运动目标跟踪算法有Mean Shift算法、卡尔曼滤波算法和粒子滤波算法,本文采用抗遮挡性较强的粒子滤波算法.

2.2 运动目标的分类

本文提出了一种根据运动目标通过预设计数线时的特征信息对目标进行分类的方法.当目标质心通过预设计数线时,对目标进行分类,区分出目标是非行人、单行人还是多行人.本文方法通过目标检测和跟

踪的结果,对目标轨迹进行分析,当目标质心经过计数线时,保存此时的运动目标团块,对非行人团块、单行人团块和多行人团块的宽度、高度和面积分别进行数学统计分析.通过分析发现,由于光线等因素的干扰,在本文楼道环境中运动目标检测的结果会出现一些不是行人的小团块,通过对团块面积设定阈值,可区分非行人团块和行人团块,当目标团块面积小于阈值时,判定其为非行人,否则判定其为行人.单行人和多行人的分类,通过对目标团块的宽度和高度分别设定阈值来实现,当目标团块的宽度或高度小于阈值时,判定其为单行人,当目标团块的宽度或高度大于阈值时,判定其为多行人.

设目标通过计数线时的特征信息为 F_l ,令 $F_l = \{A_l, W_l, H_l\}$, A_l , W_l , H_l 分别为目标团块通过计数线时的面积、宽度和高度,对团块面积、宽度和高度设定的阈值分别为 A_{th} , W_{th} 和 H_{th} .

当目标团块的 $A_l > A_{th}$ 时,判定其为行人团块,否则判定其为非行人团块.当目标团块的 $W_l > W_{th}$ 时,判定其为多行人团块;当目标团块的 $H_l > H_{th}$ 时,也判定其为多行人团块;其他情况,均判定此目标团块为单行人团块.

当单个行人携带物品时,可能会由于检测到的行人团块较大,而判断其为多行人团块,对于此类情况,在头肩检测中将进行处理.

2.3 多行人团块的头肩检测

对目标进行分类后,对于通过预设计数线的单行人团块,行人计数直接累加即可,需要进行头肩检测.对于通过预设计数线的多行人团块,本文在其团块范围内进行头肩的检测,检测出的头肩数目便作为行人数目.本文方法限制了头肩检测的范围,使检测速度得到了提升.头肩特征的提取采用Dalai^[6]提出的基于梯度方向直方图的特征进行量化,然后将提取的Hog特征用支持向量基进行训练,利用训练结果检测行人头肩.Hog特征将目标分为具有连通性质的小块,每块采集各像素点的梯度方向直方图,将直方图组合起来构成特征描述子.通过将目标分块的方式,HOG特征可以详尽的描述目标局部特征,对于图像几何和光学的形变能够保持较好的不变性.SVM是由Vapnik^[7]等人提出的一种基于统计学习理论的模式识别方法,在对数据的分类中,SVM通过使用非线性映射算法将低维输入空间内线性不可分的样本转化为高维特征空间使

其线性可分, 并通过构建基于结构风险最小化理论的最优分割超平面, 将数据分为两类. 在训练时, SVM 有非线性性和线性两种模式, 本文采用速度较快的线性 SVM.

多行人团块的头肩检测工作流程如下图 2 所示, 分为训练和分类两个部分.

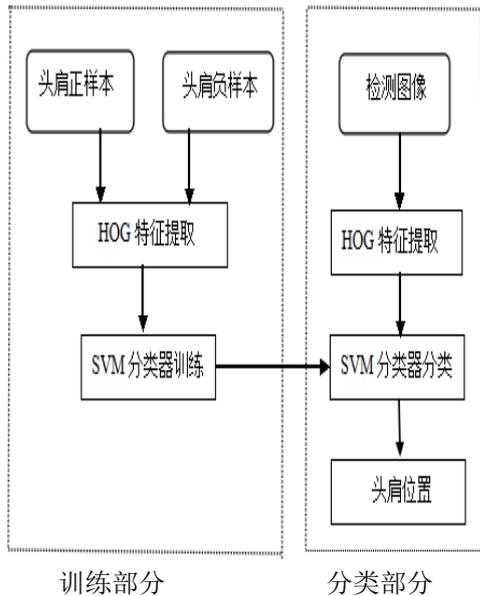


图 2 头肩检测流程图

训练样本的典型图像如下图 3 所示, 采集了 1573 个正样本和 3200 个负样本. 由于是进行双向的人数统计, 所以在训练样本的采集上, 正样本既包括行人面对摄像头时的头肩样本也包括行人背对摄像头时的头肩样本. 检测多行人团块在建筑物通道口环境下会有较为严重的遮挡情况, 行人头肩周围的背景区域会变得比较复杂, 所以采集样本时保留了头肩周围的背景区域. 本文针对的是特定的楼道环境, 负样本多为一些楼道环境的样本, 同时为了防止分类器将不属于头肩的人体其他部分检测为头肩, 还加入了一部分不包含头肩的肢体图片作为负样本. 为了加强分类器的性能, 首先训练出一个分类器, 然后将从楼道背景图片和不包含头肩的肢体图片中检测出的虚警加入到负样本中再训练, 得到最终的分器.

对于单个行人因为携带物品被判定为多行人团块的情况:

如果头肩数目检测为 1, 行人按加 1 计数;

如果头肩数目检测为 0, 认为物品遮挡了头肩, 造成头肩检测失败, 行人按加 1 计数.



图 3 典型样本图像

2.4 双向人流统计策略

本文采用拌线计数的方式进行人流统计, 预先设定进入场景线和离开场景线两条计数线. 为了实现双向人流统计, 本文提出了一种通过运动目标的轨迹信息判别目标通过预设计数线时运动方向的方法. 然后根据目标通过计数线时的运动方向和目标与计数线的位置关系判断如何对目标进行计数.

本文提出的人流统计策略, 需要保存检测出的运动目标起始时的质心位置, 当目标通过计数线时, 通过目标起始位置与计数线的相对位置关系, 判段目标运动方向与计数线标定的场景方向相同还是相反, 如果两者相同, 则对目标进行计数, 相反, 则不对目标进行计数.

另外, 行人在场景中可能会有往返运动, 对行人每经过一次计数, 对其起始位置重新进行标定.

本文在建筑物通道口进行实验, 通道口通行方向在图像坐标系上表现为 y 轴正负方向, 所以通过比较目标首次出现时的 y 轴坐标和目标通过计数线时的 y 轴坐标, 就可判断目标运动方向. 设定的计数线与 x 轴方向平行, 设进入场景计数线的 y 轴坐标为 y_{in} , 离开场景计数线的 y 轴坐标为 y_{out} , 设目标首次出现时的 y 轴坐标为 y_{fir} , 目标在当前帧的 y 轴坐标为 y_{cur} . 建筑物通道口场景在坐标系下的示意图如下图 4 所示.

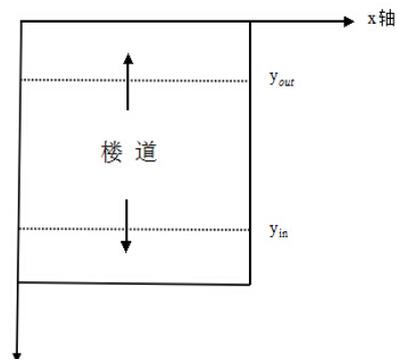


图 4 实验场景在坐标系下的示意图

如果 $y_{cur} > y_{in}$ 与 $y_{fir} < y_{in}$ 同时成立, 则对进入场景的人流进行统计, 并且重新标定目标团块的起始位置为 y_{cur} ; 如果 $y_{cur} < y_{out}$ 与 $y_{fir} > y_{out}$ 同时成立, 则对离开场景的人流进行统计, 并同上重新标定目标团块的起始位置为 y_{cur} .

3 实验结果

在视频服务器上采集建筑物通道口的视频序列, 采集的视频帧大小为 704x576, 为了提高算法的处理速度, 将视频帧大小缩放为 360x300. 设 y_{in} 为 188, y_{out} 为 113, 保证了行人能够充分进入场景. 为了统计方便, 设目标进入场景的方向为 A 方向, 目标离开场景的方向为 B 方向. 经过多次实验, 人流量统计结果如下表 1 所示.

表 1 人流量统计结果

视频	方向	真实值	统计值	正确率(%)
1	A	37	38	92.7
1	B	15	15	100
2	A	59	60	89.8
2	B	26	25	96.2
3	A	123	137	87.8
3	B	47	51	91.5
4	A	13	13	100
4	B	68	76	88.2

从统计结果可以看出, 在行人较为稀疏的情况下, 本文算法统计结果的正确率在 95%以上, 在视频中行人较为稠密的情况下, 本文算法统计结果的正确率在 85%以上, 基本上可以达到实际应用的要求. 行人稀疏时, 属于单个行人的团块较多, 检测较为准确; 行人较为稠密时, 有较多属于多行人的团块, 对其进行头肩检测时, 有时会有虚警发生, 使得检测到的头肩数目多于实际的头肩数目, 需要进行进一步的改进.

4 结语

本文通过运动目标的检测和跟踪, 得到了运动目标的特征信息和轨迹信息. 统计分析目标通过计数线时的特征信息, 对目标进行了分类, 排除了一些明显不符合行人特征的团块, 并把行人团块划分为单人团块和多行人团块, 只对多行人团块进行头肩检测, 提高了检测速度. 本文提出了一种通过目标起始位置与计数线的相对位置关系, 判断目标经过计数线时的运动方向的方法, 实现了双向的人流统计. 本文算法并不局限于建筑物通道口实验场景, 其他场景同样可以采用本文算法.

参考文献

- 1 钟鼎, 尹媛媛. 基于 STM32 人流量统计监控系统设计. 电子设计工程, 2011, 20(19): 94-96.
- 2 吴小林. 红外光控人流量统计系统. 现代电子技术, 2013: 124-126.
- 3 Xu XL, Gu YZ, Wang YG, Hu KL. Method of people counting real-time detection based on color feature. Modern Electronics Technique, 2014, 37(7), TN911- 34 TP391.
- 4 Heikkila M, Pietikainen M, Schmid C. Description of interest regions with local binary patterns. Pattern Recognition, 2009, 42(3): 425-436.
- 5 Lienhart R, Maydt J. An extended set of Haar-like features for rapid object detection. IEEE ICIP, 2002. 1: 900-903.
- 6 Dalal N, Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection. Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. 2005, 2. 886-893.
- 7 Vapnik V. The Nature of Statistical Learning Theory. Berlin: Springer-Verlag, 2000.