

一种基于双椭圆模型的视频人数统计方法

张继法 梅雪 许松松 胡石

(南京工业大学自动化与电气工程学院 南京 211816)

摘要 一种基于双椭圆模型的视频人数统计方法针对环境和背景较复杂的情况,实现了较密集人群和部分遮挡的人流数统计。首先提取运动目标的外形轮廓,将外形拟合成椭圆,再根据先验知识在轮廓椭圆内拟合头部椭圆。如果外形和头部都能成功拟合成椭圆,就能简单确定出一个人体。当人群密集时,先将目标进行分割后,再进行基于双椭圆模型的目标识别。本方法适合镜头的垂直模式、倾斜模式、近景模式、远景模式,能够在鉴别人体与非人体的基础上统计人数。分别对静态图像和视频序列进行了仿真,结果表明,该方法能够准确地进行人数统计。

关键词 人数统计,椭圆拟合,最小二乘法,Hough 变换

中图分类号 TP391.4 **文献标识码** A

Method of Video People Counting Based on Double_ellipse Model

ZHANG Ji-fa MEI Xue XU Song-song HU Shi

(School of Automation and Electrical Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 211816, China)

Abstract A method of people counting in videos based on the double_ellipse mode can calculate the number of people of crowded and partially occluded aims at the situation where environment and background are complex. First abstract outline of the moving object and shape the outline to an ellipse, then fitting the ellipse of a head in the outline according to prior knowledge. If the shape and the head all can be successfully fitted to ellipses, we can simply determine a human body. When crowd is dense, separate the moving target in advance, then recognize them. This method is suitable for vertical mode, tilt mode, distant view mode, nearby view mode of camera lens, and can count the number of people on the basis of identifying the human body and the non-human body.

Keywords People counting, Ellipse fitting, Least square method, Hough transform

1 引言

视频人数统计在银行、停车场、办公楼和公园等公共场所的监控、管理等方面具有重要的应用价值,近几年的研究取得了较大的进展^[1]。文献[2]根据人的头部轮廓特性和颜色特性提出一种人头检测的方法,它可以处理稀疏人群,对于遮挡不是十分严重的人群处理效果也较好,但检测区域内目标长时间处于被遮挡时不能准确计数。文献[3]通过对单个行人的检测或分割,检测区域内的行人数目。然而它对摄像机的高度和角度都有一定的要求。文献[4]提出一种基于统计运动区域几何特征固定比例的分割算法来实现目标分割,但将其灰度值投影作为唯一检测定位根据,如果视频流中出现其他运动物体灰度直方图跟人体相似,则容易产生错判。

针对人流统计存在的困难和上述文献在人体识别方面的不足,本文提出一种基于双椭圆模型的视频人数统计方法。使用双椭圆判定目标能更加精确地确定目标,减少误判;且该方法对摄像头安装的位置和角度没有特别要求,目标判断准确,错判率少,不仅适合稀疏人群,对密集人群也有较高的识别率。

2 基于双椭圆模型的人体检测

2.1 设定关注区域

为了便于准确计数,首先选定关注区域。摄像头安置好后,其所拍摄的范围是固定的,在视频或者图像画面中,选定一个宽度为 w 、高度为 h 的区域作为关注区域。关注区域的边界可以根据感兴趣的区域大小和位置任意确定,本文 w 大小为路宽, h 约为人高的 2 倍,并且以此区域的横向的一条线作为计数的基准线,如图 1 所示。检测到目标运动经过基准线,就判断进去或出去的人数加 1。



图 1 关注区域及计数基准线

张继法(1987—),男,硕士生,主要研究方向为图像识别、模式识别,E-mail:zjf8qs@126.com;梅雪女,副教授,主要研究方向为计算机视觉、图像分析与理解、模式识别理论与应用和机器学习等;许松松(1987—),男,硕士生,主要研究方向为图像识别、模式识别;胡石(1988—),男,硕士生,主要研究方向为图像识别、模式识别。

2.2 人体判断

应用双椭圆模型判断目标是否为人体,首先找出待处理视频图像中的人体像素区域,由于人体在镜头下像素聚集在一起,其轮廓可以视作一个椭圆形,因此可以通过外形的上、下、左、右 4 个顶点拟合出一个椭圆作为拟合到的外形椭圆;然后基于先验知识:1)人体的头部在身体上方(外形椭圆的上方);2)头部是黑色的,在这个外形椭圆的上部查找头部。若能同时拟合出外形椭圆和头部椭圆,且大小及相对位置符合条件,就能判定找出了一个人体目标。

2.2.1 拟合人体外形椭圆

对图像进行行(*row*)列(*col*)扫描,得到上、下、左、右 4 个边界: *rowmax*, *rowmin*, *colmin*, *colmax*, 4 个边界框起来的区域就是目标的最大像素区域 *G*。

在 *G* 区域内找出 4 个顶点,以此作为椭圆的 4 个顶点,拟合出轮廓椭圆。图 2 为在 *G* 区域内拟合到的外形椭圆。



图 2 拟合到的轮廓椭圆

2.2.2 拟合人体头部椭圆

头部区域相对较小,而且有可能发生遮挡,不能简单地用 4 个顶点来确定头部椭圆。而头部椭圆能否正确拟合又直接决定了是否能找出人体目标。

椭圆拟合的方法有很多种:基于 Hough 变换及其改进算法的椭圆检测算法、最小二乘拟合算法、基于随机抽样一致性思想的算法、遗传算法以及结合椭圆几何特性的算法^[5]。其中最小二乘法被视为从一组测量值中求出一组未知量的最可信的方法之一^[6]。

椭圆的一般方程表示为:

$$F(x, y) = p_1 x^2 + p_2 xy^2 + p_3 y^2 + p_4 x + p_5 y + p_6 = 0 \quad (1)$$

在以最小二乘法拟合椭圆的时候,使用式(1)非常方便。

由先验知识可知:头部在身体的上方,且呈现出黑色。可以将读入的图像转换为灰度图像,然后扫描外形椭圆的上部,将像素值小于阈值 *thr*(本文中 *thr* 取 40)的位置置为 0。

对灰度图像处理之后,得到头部边缘点的特征:边缘点所在位置的像素值为 0,且其上、下、左、右 4 点中必有一个点不为 0。按照这个规则再次扫描外形椭圆的上部,就能得出头部的边缘点,将结果存入离散点集合 *X* 中。

用最小二值法拟合椭圆,结果如图 3 所示。



图 3 拟合到的头部椭圆

2.3 基于投影的多目标分离

如图 4(a)所示,图像 *P* 包含有多个目标,经过处理并二值化后的图像前景目标像素值为 1,背景为 0,如图 4(b)所示。对图像进行垂直投影,能够实现目标垂直方向的分离。垂直投影的计算公式为:

$$H(col) = \sum_{row=rowmin}^{rowmax} P(row, col) \quad col \in [col\ min, col\ max] \quad (2)$$

式中, *col* 是图像 *P* 的横坐标, *row* 是竖坐标, *P*(*row*, *col*) 是图像 *P* 在(*row*, *col*)处的像素值。

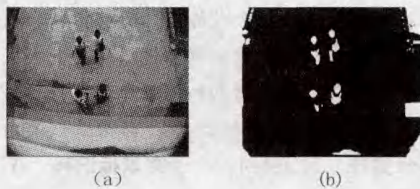


图 4 包含多个目标的图像

图像大小为 352×288 。通过大量实验可以得到单个目标的宽度在 25 至 35 像素之间,即目标宽度与图像宽度的比例 *Width* 为 0.07 至 0.1, *Width* 取中值为 0.085。当检测到的目标宽度小于 $k * Width$ 时(k 为缩放因子,本文 $k=0.18$),宽度过小可以舍去;在 $Width \pm k * Width$ 之间,可以判定是一个潜在的目标;而在 $n * Width \pm n * k * Width$ 之间,可以判定可能有 n 个目标,并进行再次判断。

同理,对图像进行水平投影,可以实现目标水平方向的分离。实验得到人体目标宽度与图像宽度的比例在 0.12 至 0.23 之间。图 5 为图像的垂直和水平投影条形图。

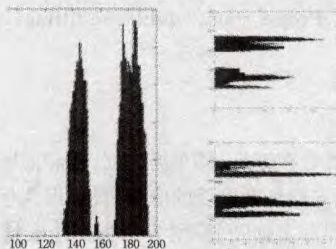


图 5 像素垂直和水平投影条形图

由投影结果可得,图像 *P* 垂直方向有两列潜在目标,每一列有两个潜在目标,一共可能是 4 个目标,如图 6 所示。



图 6 多目标的分离结果

2.4 遮挡目标的判断

视频中的行人不是总分离开着的,很多时候会出现目标互相遮挡的情况,在二值图像中占据大量的区域,像是一个“大块头”(见图 7),用投影的方法只能确定大概的目标数目,不能得出较精确的参数。对于这样的“大块头”,需要用其他方法找出里面隐含的目标。注意到有遮挡的目标的特点是目

标像素区域粘连在一起,其高度和宽度比单个目标的要大。当检测出疑似目标区域过大时,考虑用 Hough 变换检测可能包含的人头数目,进而确定“大块头”里的目标数和所要求的目标参数。Hough 变换^[8,9]是利用图像全局特性而将边缘像素连接起来组成区域封闭边界的一种方法,可以检测各种曲线。

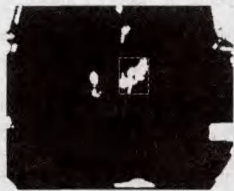


图7 有遮挡的目标

当疑似目标的宽 $Width$ 和高度 $Height$ 过大时,采用 Hough 变换求取疑似目标可能包含的人头数。首先扫描出目标的顶点,顶点只可能是头部的顶点,然后由顶点开始分别向两边扫描边缘。扫描分为左、右两个部分,左半部分按照左、左下、下、左上、上的顺序,右半部分按照右、右下、下、右上、上的顺序,逐个扫描目标区域中的像素,直到各个方向上都没有找到像素点则退出点的查找,最后得到头部边缘的点集,确定出一条可能包含目标信息的弧线段,如图 8(a)所示。根据实验统计结果,图像中的人头大小在 5 至 8 像素之间,用 Hough 变换对弧线段变换处理,限定半径等约束条件,能够得到一些圆,如图 8(b)所示。然后对圆心所在位置和半径大小进行聚类分析,得到潜在的目标头部信息,如图 9 所示。



(a) 边缘弧线段 (b) Hough 检测结果

图8 粘连目标的判断



图9 Hough 变换得到的潜在目标

由每个头部圆分别查找身体外形边缘点,当外形点集也能拟合成椭圆时,便能确定出人体目标。

3 视频序列的人数统计

3.1 基于双椭圆模型的目标判别流程

综上所述,本文所用的目标判断方法的流程如图 10 所示,图 11 给出了部分图片的实验结果。

3.2 视频序列人数统计流程^[10,11]

目标匹配以 8 邻域法实现。对当前帧的目标中心与上一帧的目标中心在当前帧的预测值进行比较。由双椭圆法得到当前帧的目标中心为 T ,当前帧目标由上一帧所预测到的目标中心为 S ,如果 T 的值出现在 S 值的 8 邻域内,则认为成功匹配,并标记为跟踪状态。图 12 是跟踪算法的实现流程图。

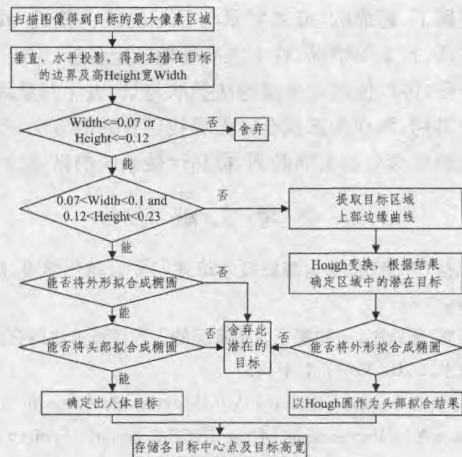


图10 双椭圆模型目标判断流程



图11 基于双椭圆模型的目标判断

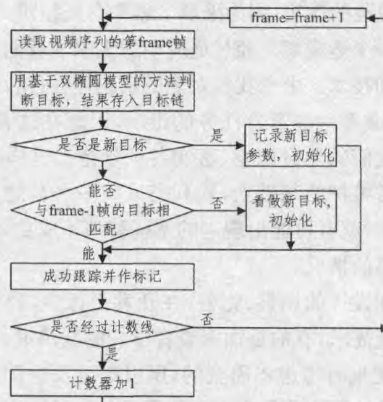


图12 视频序列人数统计流程图

3.3 实验结果

按上述方法和流程,分别对现场录制的视频进行实验测试。录像时摄像头镜头按不特定的角度朝下而不特意设置与地面的夹角,保证能够拍摄到关注的区域即可。视频一、二背景简单,人流密度小;视频三背景简单,密度较大;视频四背景较复杂,人流较密集。4 段视频的试验结果在表 1 中给出。

表1 实验数据与结果

视频编号	经过人数	实验结果	正确率
一	7	7	100%
二	11	11	100%
三	35	38	90%
四	32	39	78%

视频三、四错判的原因主要是对拟合到的 Hough 圆没有得到正确的聚类结果,出现了“伪圆”冒充目标;而且视频四背景不“干净”,对目标判别干扰较大。

结束语 一种基于双椭圆模型的人数统计方法对摄像头的位置和角度没有特别要求,不仅适合稀疏人群,对密集人群也有较高的识别率,并能够快速准确地进行人数统计,是一种有效的人体识别计数方法。然而本方法依靠外形及头部确定目标,对外形和头部区域颜色、形状和大小的依赖性较大。如

果目标是蹲下、蜷缩的,或者背景与目标的颜色接近,或者目标有戴帽子、打伞等情况,就不能准确地确定目标。

进一步,可以使用背景减法提取背景,去除背景因素造成的错误判别,再在头部拟合方面寻找更有效的方法,使之以更高的准确率拟合出头部椭圆,提高计数系统的精确性。

参考文献

- [1] 侯志强,韩崇昭.视觉跟踪技术综述[J].自动化学报,2006,7(4):603-617
- [2] 顾德军,伍铁军.一种基于人头特征的人数统计方法研究[J].信息技术,2010,39(4):134-138
- [3] Leibe B,Seemann E,Schiele B. Pedestrian detection in crowded Scenes[A]//Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition [C]. San Diego,CA,USA,2005:878-885
- [4] 卢湖川,张明修,张继霞,等.一种有效的实时人群计数方法[J].计算机工程,2008,34(5):222-224

- [5] 陈海峰,雷华,孔燕波,等.基于最小二乘法的改进的随机椭圆检测算法[J].浙江大学学报:工学版,2008,42(8):1360-1364
- [6] Kanatani K,Rangarajan P. Hyper least squares fitting of circles and ellipses[J]. Computational Statistics and Data Analysis, 2011,55:2197-2208
- [7] Chaudhuri D. A simple least squares method for fitting of ellipses and circles depends on border points of a two-tone image and their 3-D extensions[J]. Pattern Recognition Letters, 2010, 31: 818-829
- [8] 陈凯,李胜利,唐琦.超声图像胎儿颅骨椭圆自动检测方法[J].中国图象图形学报,2009,14(12):2478-2482
- [9] 秦开怀,王海颖,郑辑涛.一种基于 Hough 变换的圆和矩形的快速检测方法[J].中国图象图形学报,2010,15(1):109-115
- [10] 高枝宝.基于视频的行人流量检测研究[D].成都:四川大学,2006
- [11] 何恒攀.基于序列图像的行人流量检测技术研究[D].重庆:重庆大学,2009

(上接第 465 页)

即原则规划的落实和规划设计的调整完善。

a)原则规范的落实:因为采取了新平台新技术,所以在开发初期还有一个适应期。经过适应期后大家才普遍接受和熟悉新的平台和技术。由于我们对老的系统还在进行日常维护工作,有时也会有一些紧急任务的出现,因此在这种情况下,更需要坚持我们的建设原则,落实各项规范。这样才能保证在不影响日常维护的基础上,顺利完成统一平台的建设。如果不抓紧落实,就有可能出现老的系统移植不成功,新的系统建设再走老路的情况。

b)规划和设计的调整、完善:在开发工程中,我们也陆续收到用户的新需求,有的是国家或者学校的新政策,也有的是我们当时做规划时考虑不周全的,所以需要及时调整我们的规划和设计。这就充分体现了规划设计好坏的区别。如果当时的规划和设计是全面灵活且扩展性强的,开发的调整就很少,或者说可以以很小的代价完成调整工作。

4)上线使用与运行维护:统一信息系统的建设是一项复杂的系统工程,它不是一次建设完成的,也不是建设完了就没事了。系统的上线应用以及后续的运行维护工作是非常重要的。这块我们主要做了以下 4 件事。

a)测试:这是上线工作的基础。主要包括功能测试、单元测试、集成测试、兼容性测试、性能测试和安全测试。功能测试、单元测试、集成测试主要是通过业务流程设计使用流程,通过模拟不同用户和不同环境来具体使用系统,尤其是临界值的测试。如果能找到真实用户或者还原一些真实数据,在这基础上进行测试是最好不过了。兼容性测试主要是多操作系统和多浏览器的使用测试。而安全测试和性能测试,我们现在主要通过专业工具进行代码安全扫描和压力测试。

b)上线的准备工作:测试完成后,我们可以进行上线前准备工作。包括上线计划,其包括时间、人员安排、上线步骤等;如果是存在老系统的,还需要准备系统切换方案,其包括应用切换、数据切换以及用户权限的切换原则、步骤等。主要的一点是上线时机的选择,我们的选择是尽量避开大型业务活动期,而管理部门比较轻松的一段时间。比如,学校正在进行教师职称评审,如果在这期间选择推出新应用,一是管理部门安

排不开人手进行测试和跟踪,二是如果新应用的 bug 影响了职称评审活动也得不偿失。所以上线时机的选择也是一门学问。

c)与相关部门的配合:主要是指与运行管理部门和业务管理部门的沟通交流。包括对设计方案的审核、系统的模拟测试、使用培训、上线计划的讨论等。如果能及时与运行和业务管理部门达成共识,大家一起配合,则上线工作可以很顺利地展开。尤其是技术升级改造工作,由于用户对技术关心度不高,因此更需要提前和用户进行沟通,以保证系统的平稳切换。而新应用的上线,可能涉及到新需求的实现或者是学校的一项人事活动,更需要提前通知用户,以方便他们做相应的准备工作。

d)运行维护:系统投入使用后,在运行初期会有一个问题暴露集中期。所以需要我们提前做一些准备,包括人力安排等。尤其是遇到大型业务活动,比如,全校人员保险缴费基数采集。我们可能还需要根据以往运行情况,估计可能会出问题的地方,提前准备相关预案。总的来说,系统进入运行阶段后,需要根据系统运行情况对出现的问题及时响应。

结束语 目前我们还处于紧张建设阶段,也有部分新开发或者整合后的功能已经通过学校的新版门户推出使用,得到了比较好的反馈。推出部分主要是面向教师个人的信息查询服务,覆盖了全校所有在职老师,通过技术方法屏蔽了不同编制老师间的区别。后续我们将继续完成系统建设工作的推出使用。通过这种边建设、边推广使用,同时根据使用过程中不断完善系统的方法来不断建设和完善我们的系统,建成统一人力资源管理信息系统,为教师提供完善的个人信息服务,以支持学校人力资源管理与服务理念的落实和推进。

参考文献

- [1] 蒋东兴,郭大勇,罗念龙,等.清华大学新一代数字校园建设规划与实践[J].厦门大学学报:自然科学版,2007,46(增刊 2):173-178
- [2] 蒋东兴,王进展,袁芳.数字校园校级统一信息系统建设研究与实践[J].中山大学学报:自然科学版,2009,48(增刊):12-15
- [3] 刘启新,蒋东兴,付小龙,等.校级统一信息系统建设顶层设计方法的探讨[J].大连海事大学学报,35(增刊)