

## 基于图像运动区域的红外多行人跟踪

郭永彩, 胡瑞光, 高 潮

(重庆大学光电工程学院, 重庆 400030)

**摘 要:**针对红外视频监控中的多行人跟踪问题,提出了一种基于图像运动区域的跟踪算法。首先应用三维中值滤波方法建立背景模型,然后使用背景差分法得到运动区域;基于运动区域之间特定的匹配准则,建立帧间运动区域匹配矩阵,从而实现目标的跟踪。使用实际红外图像序列进行测试,该算法鲁棒性好,能够快速有效地实现多行人的跟踪。

**关键词:**红外图像;行人;检测;跟踪

**中图分类号:**TP391.4      **文献标识码:**A

## Region-based multi-pedestrian tracking in infrared images

GUO Yong-cai, HU Rui-guang, GAO Chao

(College of Opto-electronic Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** One method is presented in the paper to perform multi-pedestrian tracking in infrared video surveillance, based on the moving region in the images. Firstly, the background model is built by the 3D median filter, and the background-subtraction method is used to detect moving regions. Secondly, one matrix is created between two sequential frames using the match criterion between moving regions and finally the tracking is realized depending on the matrix. According to the test result by infrared image series, the method is robust and can track pedestrians fast and effectively.

**Key words:** infrared images; pedestrian; detection; tracking

### 1 引言

红外图像中的行人跟踪是计算机视觉领域最活跃的研究课题之一,它有着广泛的应用前景,例如,夜间智能监控,车辆辅助驾驶,军事目标搜寻等。不过,红外图像中的行人跟踪有其自身的困难。由于人体是非刚体目标,姿态多样,大小不一,而且运动状态复杂多变,具有高度的随意性,没有固定的运动规律,无法建立完善的运动模型表达形式<sup>[1]</sup>;二是红外图像是灰度图像,没有色彩信息,纹理细节很少,和可见光图像中的行人跟踪相比,可用的特征值较少<sup>[2-4]</sup>。

目前用于人体目标跟踪的方法有卡尔曼滤波<sup>[5]</sup>、均值迁移<sup>[6]</sup>、粒子滤波等方法<sup>[7]</sup>。但是卡尔曼滤波及其扩展形式是基于线性运动的,这不适于

具有运动随意性的行人跟踪。均值迁移和粒子滤波都是基于概率方法的,都需要迭代求解,而且核函数及其参数的选取大多是凭借个人经验;均值迁移算法大多利用目标的色彩信息,而红外图像是纯灰度图像,在均值迁移算法迭代求解过程中,各候选区域与模版区域的 Bhattacharyya 系数差别并不明显;粒子滤波的最大问题是粒子的退化,这需要重采样和权系数重新分配;在算法的具体实现过程中,均值迁移以及粒子滤波在初始化过程中需要人工手动选取初始模版。

**基金项目:**教育部重点科研项目(No. 108174)资助。

**作者简介:**郭永彩(1963-),女,教授,博士,主要研究工作是数字信号及图像处理。E-mail: ycguo@cqu.edu.cn

**收稿日期:**2009-02-08; **修订日期:**2009-03-24

目前红外图像中的行人跟踪存在的问题包括跟踪目标数目少、跟踪目标的分辨率比较高、人工干预多、算法复杂等。基于算法的鲁棒性、复杂度、实用性等方面的考虑,本文提出了一种基于图像运动区域的多行人跟踪算法。

## 2 运动区域检测

在视频监控中,背景差分法是一种简单快速有效地检测运动区域的算法。设当前包含运动区域的图像为  $C(x,y)$ ,背景图像为  $B(x,y)$ ,将当前图像与背景图像相减,得到差值图像  $S(x,y) = |C(x,y) - B(x,y)|$ ,其中包含了我们需要的信息。最方便的背景图像获取方式为人工获取,但是需要场景中沒有前景目标,这在大多数情况下是不现实的,这时就需要实现对背景的有效生成。

在室外场景中,红外图像中行人目标分辨率较低,可以把其看作对背景图像的随机噪声<sup>[8-10]</sup>;作为一种典型的非线性滤波算法,中值滤波由于其良好的抑制噪声的能力,获得了广泛的应用,本文采用3D中值滤波方法来实现背景图像生成。

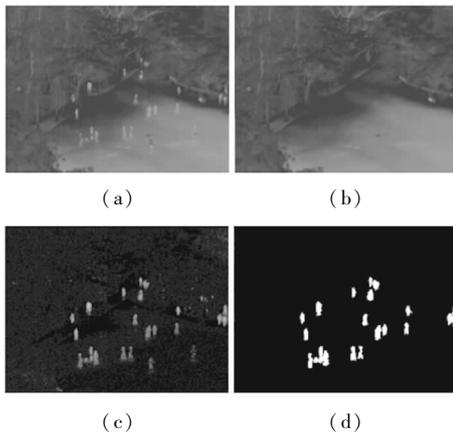


图1 ROIs分割图像

图1(a)为包含行人的红外图像;图1(b)为用3D中值滤波生成的背景图像,可以看出,明显地消除了行人的影响,而且算法简单有效,易于实现;得到背景图像后,两幅图像相减,得到差值图像,如图1(c)所示;对差值图用最大类间方差法(ostu)分割并经过消噪后得到最终的二值图像,如图1(d)所示。

## 3 多行人跟踪

跟踪问题实质上是在时间相邻帧之间寻找目标对应关系的过程。相邻帧的运动区域可能发生出现、消失、合并、分离、正常对应五种行为,如图2所示。

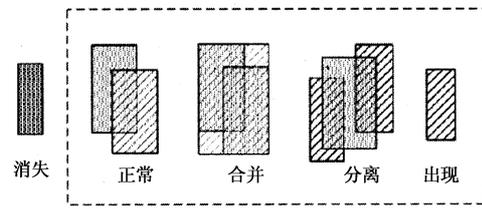


图2 运动区域关系

图2中虚线框表示一幅图像,竖线框代表前一帧的一个运动区域的外接矩形框,斜线框代表当前帧的一个运动区域的外接矩形框。在帧率为25 f/s的情况下,相邻帧之间的运动区域的相对位置变化不大,尤其是在室外环境中,由于目标距离摄像机较远,反映在红外图像上,同一个目标在相邻帧之间位置移动很小,和自身所占的图像面积比起来也是很小的,这就使基于运动区域的多目标跟踪得以实现。

设前一帧某运动区域外接矩形框面积为  $S_{t-1}$ ,当前帧某一运动区域外接矩形框面积为  $S_t$ ,若这两区域相交面积  $S \geq \min(S_{t-1}, S_t) \times \sigma$  ( $\sigma$ 为匹配参数),则认为它们有对应关系。基于实际红外视频的帧率以及客观场景中的实际情况, $\sigma$ 选定为0.75,这样既可以满足算法实际需要,又可以有效地避免极端情况的出现,比如虽然两矩形框相交,但是分割得到的两运动区域并未发生合并。

多行人跟踪算法具体步骤如下:

(1)读入一帧图像,与背景图像做差分,得到差分图像,对差分图像二值化,用数学形态学方法进行去噪处理,并对运动区域进行标记,得到一个包含当前帧运动区域的结构数组 Rois,其域为运动区域的主要描述参数,如目标状态、外接矩形框、面积、形心坐标等。

(2)若该帧为第一帧,就用 Rois 对结构数组 Objects 进行初始化,即把该帧检测出的每一个运动区域作为数组的一个元素。新目标状态 state 设置为 new。

(3)若当前帧不是第一帧,将 Rois 与 Objects 按照区域匹配原则进行匹配,得到匹配矩阵 MatchMx,其行数为 Rois 的元素个数 Rnum,即当前帧检测到的运动区域个数,列数为 Objects 的个数 Onum,即前一帧检测到的运动区域个数<sup>[11]</sup>。

(4)对 MatchMx 矩阵进行分析,就可以得到前后两帧运动运动区域之间的对应关系。将新出现的目标的状态设置为 new,添加到 Objects 中;发生了

分裂的目标的状态设置为 *separated*, 并将分裂而成的区域作为新目标添加到 *Objects* 中; 发生了合并的目标的状态设置为 *imerging*, 并将合并而成的区域作为新目标添加到 *Objects* 中; 消失了的目标的状态设置为 *disappeared*, 正常匹配的目标的状态设置为 *normal*。

(5) 对添加了新目标以后的 *Objects*, 检测各个元素的状态, 若为 *separated* 或 *imerging* 或 *disappeared*, 将该目标删除。当然多目标跟踪的一种极端情况是, 一个目标发生了分裂, 同时分裂出的目标与其他目标发生了合并, 仔细分析会发现, 相对应的 *Objects* 元素的状态最终会被设置为 *separated* 或者 *imerging*, 最终都会被删除, 不会出现在下一帧的匹配过程中, 这就保证了算法的合理性、完备性和鲁棒性。

(6) 对处理过的结构数组 *Objects*, 在当前图像帧上分别画出个元素的外接矩形框及其轨迹, 以示跟踪结果。

(7) 读入下一帧, 重复上述处理过程; 若为最后一帧, 则处理后, 整个跟踪过程结束。

跟踪算法流程图如图 3 所示。

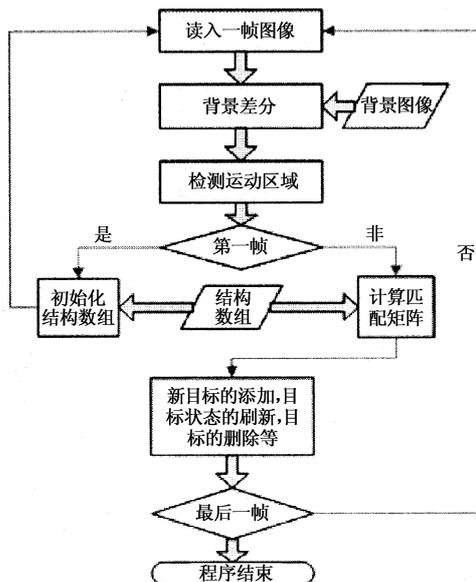


图 3 跟踪算法流程图

#### 4 实验结果及分析

为了验证本文提出的算法, 作者并未采用红外图像处理领域常用的一些视频, 而是使用红外热像仪拍摄了一系列室外复杂场景中的红外视频, 热像仪与目标之间的距离在 100 m 左右, 当前最高气温为 33 ℃, 拍摄时间在下午 3 时左右。在一台 CPU 主频为 2.4 GHz, 内存 512 MB 的 PC 机上, 在 Matlab

7.0 的运行环境下, 实现了上述算法, 部分中间帧处理结果如图 4 所示。

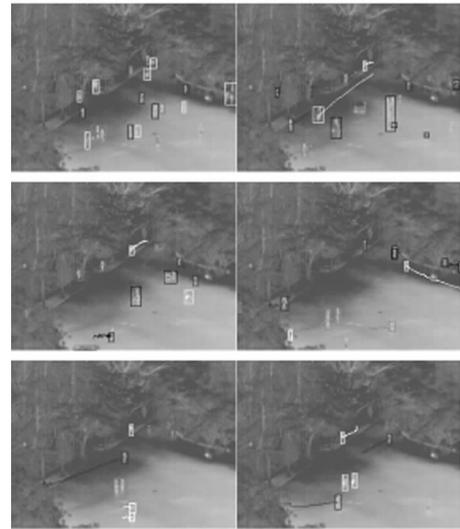


图 4 部分跟踪帧(1,156,305,1209,1458,1708)

在第一帧中检测到 17 个新目标, 后续各帧的目标数也大多在 10 个左右; 而且可以看到, 在距离较远的情况下, 各目标的分辨率大都很低, 所占像素数基本上在 100 以下; 在各帧中都显示了被跟踪目标的运动轨迹, 并标以不同的颜色, 以示区别。

在跟踪结果中, 有些行人的轨迹发生了断裂, 而有些行人并未被跟踪到, 有些行人发生了上下分裂, 人群目标跟踪效果并不理想, 但是这些因素并没有对跟踪算法本身产生额外的影响。可以看出, 在相当长时间的红外视频中, 本文算法都可以完成多行人的跟踪, 这进一步表明了本文提出的跟踪算法的鲁棒性。

上述一些问题的产生原因主要是在运动区域的检测过程中, 运动区域并未被检测到, 或者发生了碎裂, 或者现实场景中的多行人被检测为一个区域; 另外该红外视频中广场的温度和行人的温度相差很小, 甚至有些行人目标淹没在广场的亮背景中, 这也加大了分割的难度。

在目标跟踪问题中, 必须面对目标的遮挡问题。笔者认为, 遮挡问题是三维现实空间映射到图像二维空间时大量位置信息丢失的必然结果。在部分遮挡时, 本文提出的基于区域的跟踪算法仍可以跟踪到, 在完全遮挡时, 目标会被认为消失, 当然这样有其不妥之处; 在多目标的合并与分离中, 也需要确定目标之间的对应关系; 另外对于非行人目标, 如车辆、动物等, 需要设计相应的分类器加以剔除; 以上三方面都是下一步的主要研究方向。

## 5 结论及展望

基于实用的目的,本文提出了一种基于图像运动区域的红外多行人跟踪算法,实验结果表明,该算法鲁棒性强,可以快速有效地实现对多行人的跟踪。下一步的工作是进一步提高分割算法的准确性,从而提高跟踪算法的性能,并设计用于区分行人与非行人以及各行人的分类器,从而提高跟踪算法的性能。

### 参考文献:

- [1] Latecki J, Mieziako R. Tracking motion objects in infrared videos[C]//IEEE Int. Conf. on Advanced Video and Signal Based Surveillance, Como, Italy, 2005:652 - 657.
- [2] Yasuno M, Ryouzuke S, Yasuda N, et al. Pedestrian detection and tracking in far infrared images[C]//IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 2005: 182 - 187.
- [3] Seitner H, Lovell C. Pedestrian tracking based on colour and spatial information[C]//Proceedings of the Digital Imaging Computing: Techniques and Applications, 2005: 517 - 525.
- [4] Leykin A, Hammoud R. Robust multi-pedestrian tracking in thermal-visible surveillance videos [C]//CVPRW, 2006:259 - 267.
- [5] Fengliang Xu, Xia Liu, Fujimura K. Pedestrian detection and tracking with night vision[J]. IEEE transactions on intelligent transportation systems, 2005, 6(1):63 - 71.
- [6] 常发亮, 马丽, 乔谊正. 视频序列中面向人的多目标跟踪算法[J]. 控制与决策, 2007, 22(4):418 - 422.
- [7] 王江涛, 王建国, 杨静宇, 等. 基于梯度方向 - 亮度联合空间的红外人体跟踪[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(3):493 - 498.
- [8] Suard F, Rakotomamonjy A, Bensrhair A. Pedestrian detection using infrared images and histograms of oriented gradients[C]//Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Tokyo, Japan, 2006:206 - 212.
- [9] Davis J, Sharma V. Background-subtraction in thermal imagery using contour saliency[J]. International Journal of Computer Vision, 2007, 71(2):161 - 181.
- [10] Davis J, Keck M. A two-stage template approach to person detection in thermal imagery [C]//Proc. Workshop on Applications of Computer Vision, 2005:319 - 325.
- [11] 万琴, 王耀南. 一种多运动目标检测、跟踪方法研究与实现[J]. 计算机应用研究, 2007, 1(2):99 - 202.