

基于改进 CamShift 的多场景接力跟踪*

曲巨宝

(武夷学院 数学与计算机系,福建 武夷山 354300)

摘要:为解决多场景多摄像机下目标接力跟踪问题,减少因场景、光照、视角、遮挡等变化引起的目标丢失,构建了基于 CamShift 算法的多颜色模型空间,并用多目标规划最优求解法获得最优组合,以减少场景转换给目标追踪带来的干扰,并利用 IIR 滤波器、加速度位移方程、二阶矩阵等对目标位置、速度、旋转角度等进行预测。大量实验表明,该方法能够在无人值守的情况下,对多个摄像机视频录像中的目标进行自动搜索和跟踪,跟踪效率较高,鲁棒性较强。

关键词:跟踪;多场景;视频;倾角;CamShift

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1672-6693(2010)05-0069-04

随着计算机网络和通信技术的发展,视频监控器已经被广泛应用到国防、军事、交通、社会治安等方面。一个普通的城市,少说也有上千只摄像头,为城市的安防起到了很重要的作用,但是一旦发生警情如何快速地从这上千个录像中搜索和跟踪疑犯,成了公安人员比较棘手的问题。随着计算机视觉和图形图像处理技术在目标跟踪中的应用,计算机自动搜索、跟踪可疑目标、追踪逃逸车辆已成为可能。

文献[1]提出在多摄像机有重叠视野情况下的目标跟踪方法,但在没有重叠时就无法使用;文献[2]利用两架摄像机中目标的 Bhattacharyya 系数匹配相似度,确定目标交接,实现两个场景目标跟踪;文献[3]采用外观模型和轨迹相结合的办法进行多摄像机目标的跟踪,但当场景光照发生变化时效果不够理想;文献[4]采取前后两个摄像机的目标特征匹配法跟踪,但由于摄像机亮度和视角不同,导致匹配适应性不高^[5-6]。为此,本文在深入研究了 CamShift 算法之后,提出了将改进的 CamShift 算法应用于多摄像机多场景情况下目标的接力跟踪中。尽管 CamShift 算法存在颜色模型单一、无法预测运动目标方向和旋转等问题,但其又具有自适应搜索窗、受光照影响小、计算速度快、与对象模型无关等特点,因此可经过改进达到接力跟踪的要求。

1 CamShift 算法

CamShift 算法是一种非参数方法,它通过聚类

的方式搜寻运动目标,利用区域内的颜色信息实现快速可变核窗宽跟踪。它由反向投影、MeanShift 算法和 CamShift 算法 3 个部分构成^[7-8]。RGB 颜色空间对光照亮度变化比较敏感,为了减少该变化对跟踪效果的影响,CamShift 算法将图像从 RGB 颜色空间转换到 HSV 颜色空间,用 HSV 颜色空间中的 H (色调)分量建立色彩概率模型,得到反向投影图。再由 MeanShift 算法根据反向投影和初始搜索窗口位置,利用迭代方法寻求质心,当搜索窗口中心的移动小于某个给定值或者函数已经达到最大迭代次数时,认为收敛条件满足,停止迭代。

设 $I(x, y)$ 是反向投影图中 (x, y) 处的像素值, x 和 y 的变化范围为搜索窗的范围, S 为由目标检测模块或手工标定方式初始化的跟踪窗口大小。CamShift 算法流程如下。

1) 将视频图像转化为颜色概率分布图,并在第一帧图像中初始化一个 S 大小的矩形搜索窗。

2) 计算零阶距

$$M_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y) \quad (1)$$

3) x 的一阶距

$$M_{10} = \sum_x \sum_y x I(x, y) \quad (2)$$

4) y 的一阶距

$$M_{01} = \sum_x \sum_y y I(x, y) \quad (3)$$

5) 计算搜索窗口质心

* 收稿日期 2010-04-05 修回日期 2010-07-05

资助项目:福建省教育厅科技项目(No. JA09240),武夷学院智能计算网络科研项目(No. 2009)

作者简介:曲巨宝,男,副教授,硕士,研究方向为计算机视觉、图形图像、人工智能。

$$(x_c, y_c) = \left(\frac{M_{10}}{M_{00}}, \frac{M_{01}}{M_{00}} \right) \quad (4)$$

6) 更新搜索窗宽度 $s = 2 \sqrt{\frac{M_{00}}{256}}$, 长度 $1.2s$;

7) 如 $|x_0 - x_c| < \varepsilon$ 并且 $|y_0 - y_c| < \varepsilon$ 或者迭代次数大于某个阈值时, 执行9);

8) 令 $x_0 = x_c, y_0 = y_c$, 执行2);

9) 输出跟踪窗口中心 (x_c, y_c) , 读入下一帧, 重新执行过程1), 直到本序列图像跟踪结束。

2 改进 CamShift 算法

图1的a列图像是利用上面传统的 CamShift 算法对目标进行跟踪的结果(矩形框部分)。可以看出, 对于同一个场景中的目标跟踪, CamShift 算法可以非常准确地跟踪到目标(图1的a1、a2图), 但是当进入第二个场景后(图1的a3、a4图), 就无法再跟踪到目标。

分析其原因主要有以下几种情况: 1) 单一的 HSV 颜色模型 H 分量不能适应多场景间切换时光照度的影响; 2) CamShift 解决了目标平移, 但当不同场景、不同摄像机视角变化引起目标外观特征变化, 就无法正确识别目标; 3) 当目标从一个场景消失后, 无法预测目标可能的运动方向、速度等。为此本文对 CamShift 从上述3方面进行了改进。

2.1 组合模型 CamShift 跟踪算法

由于 CamShift 算法使用单一的 HSV 颜色模型, 很难适应物体大范围运动或场景切换造成的背景变化和大幅度光照变化^[7], 加之仅使用 HSV 模型中 H 分量作为目标建模特征, 当 S 或者 V 值较小或者较大时势必降低黑色、灰色等色调模糊的目标模型与背景模型的可分度, 导致跟踪失败^[10-11]。因此为实现多场景下接力追踪目标, 以适应在背景复杂、运动目标色彩丰富或者目标与背景颜色接近时也能准确跟踪, 本文通过建立多种颜色模型以实现变场景环境自适应跟踪。

设基于 HSV 颜色空间的3个 H 、 S 、 V 颜色分布直方图目标模型分别为 q_i , 令 $Q = [q_i], i = 1 \dots n$ 。为保证不同模型在不同场景下最优, 构建凸组合模型

$$q_x = \sum_{i=1}^n x_i q_i = QX \quad (5)$$

式中向量 $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ 为组合系数, 且满足

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1, x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

为了确定最优系数 x_i^* , 获得组合模型和目标模式有高度的相似, 又与背景模式有较大的差异性, 将对目标区域及目标周围背景区域的颜色分布进行概率统计, 分别用 p_a, p_b 分别表示, 它们与凸组合模型 q_x 间的欧氏距离平方表示为

$$d_a^2 = \|q_x - p_a\|^2 \quad (7)$$

$$d_b^2 = \|q_x - p_b\|^2 \quad (8)$$

最优目标模型应使 d_a^2 尽量小, 同时使 d_b^2 尽量大。这是一个典型的多目标规划 (LVP) 问题, 用线性加权法将其转化为单目标规划问题, 即得目标函数

$$d^2 = \beta_1 d_a^2 - \beta_2 d_b^2 \quad (9)$$

其中 β_1, β_2 为选定的权系数, 其大小反映了两个目标函数的信任程度, 其满足

$$\beta_1 \geq 0, \beta_2 \geq 0, \beta_1 + \beta_2 = 1 \quad (10)$$

将(5)、(7)、(8)式代入(9)式, 则得

$$d^2(X) = (\beta_1 p_a^T p_a - \beta_2 p_b^T p_b) + (\beta_1 - \beta_2) Q^T X^T Q X - 2(\beta_1 p_a - \beta_2 p_b)^T Q X \quad (11)$$

模型选择问题就转化为求 $x_i \in X$, 使 $d^2(X)$ 最小:

$$x_i = \arg \min_{x_i \in X} d^2(X) \quad (12)$$

下面通过多目标规划求解过程获得对应的最优系数 $X = [x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*]^T$ 。具体求解过程描述如下。

1) 根据目标和背景区域构造线性多目标规划 (LVP) 问题相应的子问题 $\{s_i\}, i = 1 \dots n$ 。

2) 利用单纯形方法分别求解子问题 $\{s_i\}, i = 1 \dots n$ 。

3) 若子问题 $\{s_i\}, i = 1 \dots n$, 无可行解, 则 (LVP) 无解, 算法终止。

4) 若 $x^{i*} = x^{j*} (\forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\})$, 则 (LVP) 具有绝对最优解, 输出 x^* 与 $f(x^*)$ 的值, 算法终止。

5) 根据凸组合 q_x 得弱有效解子集 Ω 。确定组合系数

$$\beta^i = (\beta_1^i, \beta_2^i, \dots, \beta_n^i)^T, i = 1 \dots n$$

6) 由 $\beta^i (i = 1 \dots n)$ 得 n 个 $\{x^i\}, i = 1 \dots n$, 若 $x^i \in \partial \Omega_{i=1, \dots, n}$, 则 x^i 为弱有效解, 否则舍去 x^i , 重新选取 β^i , 直到 $x^i \in \partial \Omega$ 为止。记得到的弱有效解为 x^1, x^2, \dots, x^n 构成集合 X 。

7) 对集合 X 进行加权优序。

8) 计算 x^* 与 $f(x^*)$ 的值。

9) 若 $|x^{i*} - x^{j*}| > \varepsilon$ (差分阈值) 则重新构造一个有限集 Q , 转5) 继续计算, 直到满足为止, 输出

最优解。



图1 算法比较实验结果

2.2 倾角 CamShift 预测

当目标因不同摄像机视角变化引起倾角、外观等特征变化时,一阶 CamShift 就无法正确识别目标,为此通过二阶矩阵求取目标倾角和搜索窗。

二阶矩分别为

$$M_{20} = \sum_x \sum_y x^2 \mathcal{K}(x, y) \quad (13)$$

$$M_{02} = \sum_x \sum_y y^2 \mathcal{K}(x, y) \quad (14)$$

$$M_{11} = \sum_x \sum_y xy \mathcal{K}(x, y) \quad (15)$$

令:

$$\begin{aligned} a &= M_{20}/M_{00} - x_c^2 \\ b &= 2(M_{11}/M_{00} - x_c y_c) \\ c &= M_{02}/M_{00} - y_c^2 \end{aligned}$$

那么下一帧中搜索窗口的长度(l)、宽度(w)和长轴的方向分别为

长轴为

$$l = \sqrt{\frac{(a+c) + \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (16)$$

短轴为

$$w = \sqrt{\frac{(a+c) - \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (17)$$

长轴的方向

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{b}{a-c}\right) \quad (18)$$

2.3 状态 CamShift 预测

为能更好地预测目标在下一时刻可能出现的位置、区域和运动特性,为运动目标建立如下状态模型

$$Z_n = (p_k, \hat{p}_k, \Delta p_k, v_k, \hat{v}_k, \Delta v_k, a_k, \hat{a}_k, \Delta a_k)_{k=1, \dots, n} \quad (19)$$

构建加速度位移方程:

$$\hat{p}_{k+1} = p_k + v_k \Delta t + a_k \Delta t^2 / 2 \quad (20)$$

$$\Delta p_{k+1} = \Delta p_k + \Delta v_k \Delta t + \Delta a_k \Delta t^2 / 2 \quad (21)$$

式中 p_k 是目标的质心(x_x, y_c)位置, \hat{p}_{k+1} 是质心在下一帧中的预测位置, Δp_{k+1} 是预测目标可能存在的区域, $v_k = (p_k - p_{k-1})/\Delta t$, $a_k = (v_k - v_{k-1})/\Delta t$ 是目标质心的速度与加速度, Δt 为两帧时间间隔。由 \hat{p}_{k+1} 和 Δp_{k+1} 可求得目标匹配搜索的范围 $\hat{p}_{k+1} \pm \Delta p_{k+1}$ 。

为了确保跟踪器能准确地描述运动目标的当前运动方式,提高跟踪效率,需要将新得到的测量值进行修正,本文将采用 IIR 滤波器进行快速计算

$$\hat{v}_{k+1} = \alpha v_{k+1} + (1 - \alpha) \hat{v}_k \quad (22)$$

$$\Delta v_{k+1} = \alpha |\hat{v}_{k+1} - v_{k+1}| + (1 - \alpha) \Delta v_k \quad (23)$$

$$\hat{a}_{k+1} = \beta a_{k+1} + (1 - \beta) \hat{a}_k \quad (24)$$

$$\Delta a_{k+1} = \beta |\hat{a}_{k+1} - a_{k+1}| + (1 - \beta) \Delta a_k \quad (25)$$

其中 α, β 是一个 $0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ 的常数。

为了提高录像检索效率,使用速度向量 v_k 对目标在下一个视频录像中的方向进行预测,以前进方向的 45° 角区域提取录像资料进行扫描跟踪。

3 算法实现与分析

实验中,利用组合多模型识别场景环境,确定最优组合后,利用 CamShift 算法进行目标跟踪,并利用预测算法对目标在下一帧中可能的速度、倾角、运动方向进行预测;当目标失踪(当 $M_{00} \leq 0.3M_{00}$)或本段视频结束时,读取第二个视频,用第一个视频中目标失踪前最后一帧目标的状态信息作为第二个视频中的目标模型,开始目标的搜索,如果在第二个视频中发现了目标,则开始跟踪并输出目标状态信息;如果在给定 Δt 时段内(实验中 $\Delta t = 600$ s)一直没有

发现目标,则停止此视频的搜索,调取下一个视频,直到对所有视频检测完成后,再次循环调取下一个 Δt 时段视频录像,继续搜索目标。改进的算法流程如图2所示。

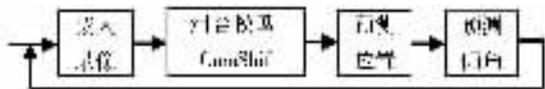


图2 改进的 CamShift 算法流程图

利用 VC 6.0 及 MATLAB 7.0 为平台,在 P4 3.0 GHz 512M 的机器上开发了实验系统,对多个摄像机多场景下拍摄的视频进行连续跟踪实验。图1是两种算法的实验结果。图1的a列图像是利用传统 CamShift 算法进行目标跟踪的结果,矩形框内为跟踪的目标,在图1的a1、a2图中,由于是处于同一个场景,所以传统 CamShift 算法能够正确跟踪,但从图1的a3、a4中,笔者看到跟踪框就丢失了目标,这是因为场景切换的结果;图1的b列图像是本文算法的跟踪效果,从图1中可以看出,本文所述方法能够克服场景变化带来的干扰,可以很好地跟踪到目标。图3是两种算法在跟踪时的目标质心状态仿真图,在第500~600帧时场景光照增大,传统 CamShift 算法明显偏离目标,而本算法没有受到干扰还能正常跟踪。

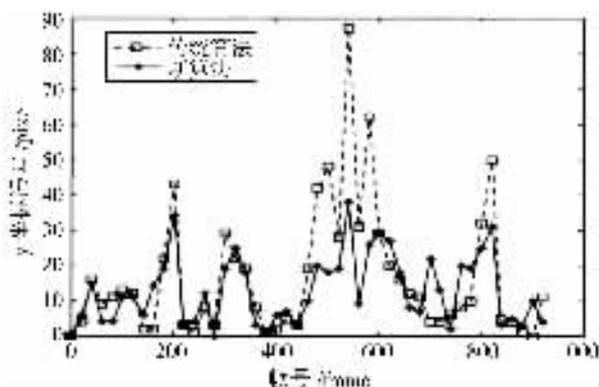


图3 目标质心跟踪状态图

4 结束语

针对现代社会摄像头普遍应用的情况,提出一种基于改进 CamShift 算法的多种场景下进行目标接力跟踪的算法。该算法结合多场景摄像头复杂的背景环境,采用了颜色跟踪效果较好的 CamShift 算法,并将多模型颜色空间优化组合的思想引入到算法

中,设计了优化目标函数,提升了算法适应场景变化的能力;为进一步提高目标接力过程的识别率,又建立了多变量状态模型和旋转的跟踪和预测,保证了目标跟踪的准确性和鲁棒性。经大量的现场实验表明,本文算法跟踪效果好,识别率高,易于推广和实施,有很好的应用前景。

参考文献:

- [1] 邓颖娜,朱虹. 构造多相机全景视图实现有重叠区域的目标跟踪[J]. 西安理工大学学报, 2009, 25(2):189-192.
- [2] 申明军,欧阳宁,莫建文,等. 多摄像机环境下的目标跟踪[J]. 现代电子技术, 2009, 29(12):61-63.
- [3] Jinman K, Cohen I, Medioni G. Continuous tracking within and across camera streams[C]. 2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2003(1):267-272.
- [4] Aggarwal J K. Object tracking in an outdoor environment using fusion of features and cameras[J]. Image and Vision Computing, 2006, 24(11):1244-1255.
- [5] 兰晓红. 基于 VG2 的多制式图形视频叠加系统设计[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版, 2006, 23(1):25-26.
- [6] 龙兴明,郭世刚. 维测量中基于脊波变换的图像预处理及拐点检测[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版, 2007, 4(2):46-49.
- [7] Boyle M. The effects of capture conditions on the Camshift face tracker[R]. Alberta, Canada: Department of Computer Science, University of Calgary, 2001:45-47.
- [8] Nouar O D, Ali G, Raphael C. Improved object tracking with CamShift algorithm[C]. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2006:165-167.
- [9] ALLEN J G. Object tracking using CamShift algorithm and multiple quantized feature space[C]. Proceedings of 2003 Pan-Sydney Area Workshop on Visual Information Processing. Darlinghurst, Australia: Australian Computer Society, 2004:3-7.
- [10] Nummiaro K, Koller-Meier E, Van Gool L. An adaptive color-based particle filter[J]. Image and Vision Computing, 2003, 21(1):99-110.
- [11] Comaniciu D, Ramesh V, Meer P. Kernel based object tracking[J]. IEEE Trans Pattern Analysis Machine Intelligence 2003, 25(5):564-575.

Multi-scene Relay Track Based on Improving CamShift

QU Ju-bao

(Mathematics and Computer Department , Wuyi University , Wuyishan Fujian 354300 , China)

Abstract : In order to solve the problem of target relay tracking under the multi-scene and multi-cameras , and to reduce target loss which caused by the changing of on scene , illumination , angle of view , mask and so on , a multi-color model space that based on the CamShift algorithm is introduced in this paper. The most superior combination by using the optimal solution rule of multi-objective programming to reduce the disturbance towards the target tracing caused by the scene transformation. The paper also used the IIR filter , the acceleration displacement equation , the second-order matrix etc. to make a forecast to the target location , the speed , the degrees rotation and so on. The massive experiments indicated that , in the unattended situation , this method can carry on the auto search and tracking to many video recording targets in many camera , and it also can get high track efficiency and strong robustness.

Key words : track ; multi-scene ; video ; dip ; CamShift

(责任编辑 游中胜)