

# 基于色斑联合推举的被遮挡运动目标跟踪

杨 伟, 费耀平, 李 敏

(中南大学信息科学与工程学院, 长沙 410075)

**摘 要:** 针对非刚体运动目标被遮挡的跟踪问题, 提出一种以目标色斑点块相关匹配联合推举的跟踪方法。利用目标色调特征的不变性对目标色斑进行自适应分块, 通过子块的运动状态联合估计目标整体的运动状态, 在遮挡发生时判断被遮挡子块, 并将其排除到联合推举之外。实验结果表明, 该方法可实现对非刚体目标遮挡下的有效跟踪。

**关键词:** 目标跟踪; 自适应分块; 非刚体; 遮挡

## Moving Target Tracking Under Occlusion Based on Multi-hue-blob Voting

YANG Wei, FEI Yao-ping, LI Min

(School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410075)

**【Abstract】** A method based on multi-hue-blob correlation matching voting is proposed to solve target tracking problem of the moving target under occlusion efficiently in nonrigid target tracking. It uses invariable hue feature to achieve adaptive blobbing, and gains target's motion state through combined estimate of blobs' motion states. Experimental results indicate it is robust and has reliable performances under the case of heavy occlusion of the nonrigid moving object.

**【Key words】** target tracking; adaptive blobbing; nonrigid target; occlusion

### 1 概述

运动目标跟踪是计算机视觉领域的一个重要分支, 在视觉导航、智能监控、医疗诊断等方面被广泛应用。现实中普遍存在的遮挡问题会引起运动目标 2 维映射的形变, 导致检测、提取和识别的不稳定, 产生目标的丢失或错判, 以致跟踪系统失效。可见, 如何在遮挡下保持目标跟踪的有效性, 是目标跟踪问题中一个亟待解决的重要问题。

为适应遮挡对运动目标的影响, 对遮挡下的目标跟踪算法通常采用 2 种思考方式: 基于动态层次的表示方法<sup>[1-2]</sup>和基于运动目标特征的遮挡判决函数方法<sup>[3-5]</sup>。前者基于全局概率估计方法, 导致检测精度不高, 实现框架的沉重计算负担也制约其应用于实际; 后者通过提取适当的目标特征, 以分散的表征来推断目标整体的运动状态, 在一定的遮挡下具有较好的跟踪效果, 但目前多数集中在刚体目标的运动分析上。

本文针对智能视频监控系统的应环境, 提出一种基于运动目标色调斑块自适应分块的分块特征匹配跟踪算法。由于采用基于色调直方图的色调信息表征子块, 使子块对遮挡下的非刚体目标具有较好的跟踪效果。

### 2 色调斑块联合推举策略

色调斑块联合推举策略是一种基于目标自适应算法的分块策略。目标自适应分块算法要求各子块具有较为鲜明的特征, 从而提高子块匹配结果的置信度, 这一点是子块匹配判决以及遮挡判断的关键, 直接影响到目标跟踪系统的准确性。色调斑块联合推举的基本思想是通过目标在 HSV 彩色空间下的 HUE 分量, 按色调直方图确定的色彩聚合范围, 确定色斑色彩聚类基色, 并以此为基础分割目标, 标记于模板中。对目标区域扫描后, 去掉模板中较小的独立色彩点, 以较大

的色斑为子块主体进行目标的自适应分块。这样选取的子块具有各自不同的色调范围, 易于区分, 从而强化了子块匹配的有效性。另外, 多数目标的分块方法基于网格思想<sup>[6]</sup>, 对刚体目标通常能获得较高的准确性, 但在非刚体目标的跟踪上有极大的缺陷, 无法适应非刚体形状变化的特点。本文提出的基于色斑的自适应分块方法, 摆脱了网格的限制, 以各不同色斑的运动状态推断整体的运动, 对刚体及非刚体均可获得较高的跟踪效果。分块方法实现如下:

(1) 将彩色视频序列的 RGB 图像帧转换到 HSV 色彩空间, 并提取 HUE 分量。选用目标的色调特征要比其灰度特征包含更多的信息, 可保证在光照变化等环境影响下目标有较高的稳定性。

(2) 计算目标色彩直方图, 以峰值为标准选取  $k$  ( $k$  为自定义参数, 本文取  $k=3$ ) 个色斑基色, 分割目标图像并标记于模板中, 然后滤波去除小的独立小色彩斑点, 得到目标图像的色斑特征表示  $O_i = \{B_1, B_2, \dots, B_k\}$ 。

(3) 计算各色斑的重心  $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ 。扫描模板, 并统计各像素点的色调, 计算各色斑的 0 阶矩和 1 阶矩, 得到色斑重心。0 阶矩及 1 阶矩为

$$M00_i = \sum \sum I(x, y)$$

$$M10_i = \sum \sum x \cdot I(x, y)$$

$$M01_i = \sum \sum y \cdot I(x, y)$$

在扫描过程中, 若像素点  $I(x, y)$  属于  $B_i$ , 则在重心计算

**作者简介:** 杨 伟(1981 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 计算机视觉, 图像处理; 费耀平, 教授; 李 敏, 博士研究生

**收稿日期:** 2008-03-28 **E-mail:** hellomikey@sohu.com

中将  $I(x, y)$  计入  $B_i$  的 0 阶矩及 1 阶矩, 其他非  $B_i$  点记为 0, 从而可在一次扫描中得到  $k$  个色斑的 0 阶矩及 1 阶矩。计算得到各色斑重心坐标为  $C_i(x_i, y_i)$ ,

$$\begin{cases} x_i = M10_i / M00_i \\ y_i = M01_i / M00_i \end{cases}$$

(4)根据(3)得到的色斑重心  $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ , 计算目标整体的加权重心  $C_o$ :

$$C_o = \frac{\sum_{i=1}^k \left( \sum_{j=1}^{k_i} d_j \right) \times C_i}{\sum_{i=1}^k d_i}$$

其中,  $d_i$  为色斑重心  $C_i$  到目标框中心距离。距离目标框中心越近的色斑重心赋予较大的权值, 减少目标色斑模板更新时的漂移问题以, 增强目标特征判定时的抗干扰性。

在帧差法基础上检测到运动目标后, 通过上述步骤即可获得目标的色斑分块模板。

### 3 目标状态估计及跟踪

跟踪系统采用 Kalman 滤波模型建模。在模型满足高斯线性条件下, Kalman 滤波器<sup>[7]</sup>可获得最好的跟踪效果。整个系统的线性动态离散系统及线性观测系统的系统方程及观测方程为

$$\begin{cases} X_t = \Phi_{t, t-1} X_{t-1} + \Gamma_{t-1} W_{t-1} \\ Y_t = H_t X_t + V_t \end{cases}$$

其中,  $X_t$  及  $X_{t-1}$  为  $k$  维向量, 表示系统在  $t$  及  $t-1$  时刻的状态;  $Y_t$  为  $t$  时刻观测矢量;  $W$  及  $V$  分别为状态噪声矢量及观测噪声矢量, 其协方差矩阵为  $Q$  及  $R$ ;  $k \times k$  非奇异矩阵  $\Phi_{t, t-1}$  为系统状态转移矩阵;  $\Gamma$  为动态噪声矩阵;  $H_t$  为观测矩阵。假定线性系统是定常的, 其转移矩阵和测量矩阵分别为

$$\varphi = \begin{bmatrix} 1 & t & t^2/2 \\ 0 & 1 & t \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H = [1, 0, 0]$$

其中,  $t$  为采样时间间隔, 本实验取  $t=0.05$ 。

对各色斑重心建立 Kalman 滤波器, 通过滤波器获得各色斑重心的运动估计。在跟踪系统中, 系统状态定义为  $X_t = (s_x(t), s_y(t), v_x(t), v_y(t), a_x(t), a_y(t))^T$ , 其分量分别表示重心在  $t$  时刻的坐标, 速度及加速度。系统观测矢量定义为

$$Y_t = (s_x(t), s_y(t))^T。$$

系统通过对各色斑重心的 Kalman 估计对运动状态进行预测, 以重心估计值的邻域作为搜索窗进行运动目标的帧间色调重心相关匹配。在正常非遮挡情况下, 通过估计后的匹配运算, 可减少运算量, 提高运算效率及准确性。当判断发生遮挡时, 被遮挡的色斑重心以 Kalman 预测值作为实际值, 联合其他非遮挡色斑重心联合推举出目标运动状态。

### 4 多目标跟踪系统设计

多目标跟踪系统模块如图 1 所示。针对每一个发现的运动目标, 赋予一个新的 ID 标识, 将其状态矢量分配给一个专有的目标跟踪器 Target Tracker, 并加入跟踪目标列表。各独立的运动目标由独立的跟踪器完成目标的识别与跟踪。当判断目标退出场景后, 将其从目标跟踪列表中移除。对每一个单目标跟踪器, 按上述方法对目标色斑分块及匹配。在场景中目标数量不多的情况下(系统假定目标数目小于 20), 基本

可满足实时需求。

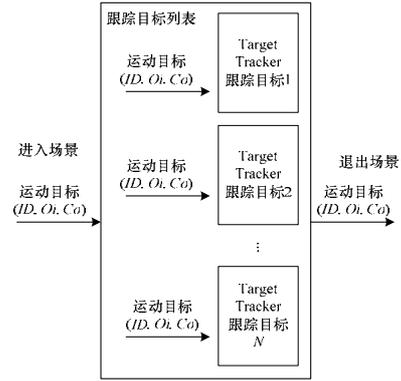


图 1 多目标跟踪模块

### 5 遮挡下的跟踪策略

遮挡的发生必然伴随运动目标外观的较大变化, 从而影响目标跟踪的鲁棒性。这就要求设置有效的遮挡判决函数, 使目标被遮挡时, 能及时判断遮挡的发生, 并有效更新目标特征, 实现遮挡下的有效跟踪。

系统对目标色斑进行自适应分块后, 在 Kalman 预测值的领域  $(x'+\Delta x, y'+\Delta y)$  内进行帧间目标的相关匹配。通过匹配域内各像素点计算对应实际色斑重心运动状态  $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ , 并与预测重心  $\{C'_1, C'_2, \dots, C'_k\}$  相匹配, 计算检测重心向量与预测重心向量的欧几里德距离, 即

$$D_i = \sqrt{\sum_{j=1}^k (C_i - C'_j)^2}$$

其中,  $d_i = (C_i - C'_i)^2$  为色斑子块的匹配误差。

当目标未被遮挡时,  $D_i$  为 0 均值高斯白噪声序列。当进入遮挡时, 必然导致检测重心向量与预测重心向量的欧几里德距离  $D_i$  有较大变化, 当大于设定的阈值  $T$  后, 判断遮挡发生, 并标记重心不匹配的色斑子块为遮挡色斑子块, 以 Kalman 预测值作为此色斑子块的状态值参与目标子块的多子块推举, 从而得到遮挡下的运动状态。遮挡判决函数定义如下:

$$\begin{cases} D_i > T \text{ occlusion} = 1, \text{ if } (d_i > t) C_i = C'_i \\ D_i < T \text{ occlusion} = 1 \end{cases}$$

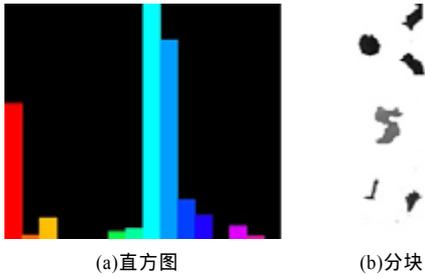
其中,  $t$  为色斑子块遮挡判断阈值。阈值  $T$  及  $t$  均由跟踪器在目标跟踪的前 10 帧通过计算正常距离值训练得到。

### 6 实验结果及分析

实验采用一段固定镜头监控系统的光照不均的彩色视频序列为数据源, 在实验计算机(Intel®Core Duo T2050, CPU 1.60 GHz, nVidia® GeForce® Go 7200)上使用上述方法进行测试。运动目标在进入场景后(第 19 帧), 由背景差法检测到运动目标(图 2), 并计算运动目标区域的色调直方图(图 3(a)、图 4(a)), 此处  $0 \sim 2\pi$  的色调区间被分成 16 段进行直方图统计。实验中选取  $k=3$  个色斑基色, 由直方图反应的色调比率选取的色斑基色为阈值进行色斑的分块(图 3(b)、图 4(b))。由于方法采用色调信息, 目标在进入及步出光照下仍能保持色调的稳定性并及时更新, 保证目标色斑分块的正确性。为平衡系统效率及准确性, 目标色调模板每 20 帧更新 1 次, 实验表明更新速度可满足跟踪需求。图 5~图 7 显示当场景中出现遮挡情况下的跟踪过程, 第 300 帧即将发生遮挡, 第 350 帧处于严重遮挡中, 第 380 帧遮挡消除, 实验证实遮挡过程中可保持目标识别的稳定性。

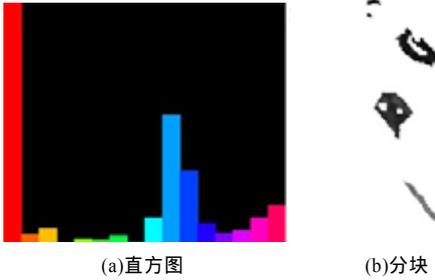


图2 检测到运动目标(第19帧)



(a)直方图 (b)分块

图3 第19帧男性目标



(a)直方图 (b)分块

图4 第19帧女性目标



图5 第300帧实验结果



图6 第350帧实验结果



图7 第380帧实验结果

## 7 结束语

本文针对可能出现遮挡情况下的非刚体运动目标跟踪问题,提出一种基于色调自适应分块的特征匹配跟踪算法。该算法具有以下特点:

(1)选取目标区域中色调概率最大的 $k$ 个色调作为基色为目标分块,有效克服了多种干扰影响。

(2)遮挡没有发生时,自动更新目标色斑模板,能及时获得目标最新的特征表现,保证跟踪准确性。

(3)遮挡发生时,依据遮挡判决函数判断遮挡,并利用遮挡色斑子块的估计状态及非遮挡色斑子块的检测状态联合推举出目标实际状态,极大地减少了错跟及丢失。

(4)色斑子块联合推举过程中采用自定义核函数计算目标整体加权重心,保证了目标特征更新及估计的准确性。

(5)采用多目标系统设计,在运动目标数目不是很大的情况下,能实现多目标的跟踪。

下一步研究方向是在保持稳定性的基础上进一步提高系统运行效率,使系统能支持20个以上的大量目标跟踪。

## 参考文献

- [1] Jepson A D, Fleet D J, Black M J. A Layered Motion Representation with Occlusion and Compact Spatial Support[C]//Proc. of the 7th European Conference on Computer Vision. London, UK: Springer-Verlag, 2002: 692-706.
- [2] Zhou Yue, Tao Hai. A Background Layer Model for Object Tracking Through Occlusion[C]//Proc. of the 9th IEEE International Conference on Computer Vision. Washington D. C., USA: IEEE Computer Society, 2003: 1079-1085.
- [3] 李智勇, 沈振康, 杨卫平, 等. 动态图像分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
- [4] Francois G, Bouthemy M P. Region-based Tracking Using Affine Motion Models in Long Image Sequence[C]//Proc. of Computer Vision, Graphics, and Image Processing Conference: Image Understanding. Orlando, USA: Academic Press, 1994.
- [5] Stern H, Efros B. Adaptive Color Space Switching for Tracking Under Varying Illumination[J]. Image and Vision Computing, 2005, 23(3): 353-364.
- [6] Zhao Jianwei, Wang Peng, Liu Congqing. An Object Tracking Algorithm Based on Occlusion Mesh Model[C]//Proc. of International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Beijing, China: Higher Education Publisher, 2002: 288-292.
- [7] Shalom B Y, Fortmann T E, Cable P G. Tracking and Data Association[M]. San Diego, USA: Academic Press, 1988: 918-919.