

基于多级跟踪队列的运动目标跟踪遮挡处理

金 标^{1, 2, 3} 胡文龙^{1, 2} 王宏琦^{1, 2}

¹中国科学院电子学研究所, 北京 100190
²中国科学院空间信息处理与应用系统技术重点实验室, 北京 100190
³中国科学院研究生院, 北京 100049

摘要 针对多目标跟踪过程中存在的遮挡问题, 提出了一种固定摄像机场景下的多目标实时跟踪算法。提出基于鬼影判别与背景模型选择更新的背景差法检测运动目标, 建立一种融合色度与边缘特征的目标模型。通过定义稳定跟踪队列、临时跟踪队列、跟踪丢失队列以及候选跟踪队列等跟踪器队列, 提出基于多级关联匹配的策略实现多目标跟踪遮挡处理, 针对新目标、目标合并以及目标消失分别提出判别及跟踪策略。实验结果表明, 运动目标检测方法能够抑制鬼影, 防止缓慢运动的目标融入背景; 同时, 验证了目标模型的稳健性, 以及跟踪算法能够在遮挡、交错等复杂情形下有效地跟踪多目标。

关键词 机器视觉; 多目标跟踪; 遮挡处理; 多级关联跟踪; 鬼影抑制

中图分类号 TP391 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS201131.0815001

Occlusion Handling Method for Multiple Moving Objects Tracking Based on Multilevel Tracker Queues

Jin Biao^{1,2,3} Hu Wenlong^{1,2} Wang Hongqi^{1,2}

¹Institute of Electronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
²Key Laboratory of Spatial Information Processing and Application System Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
³Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract A novel real-time multiple objects tracking algorithm is proposed to handle the problem of occlusion in the stationary situation. Moving objects are detected using the background subtraction based on ghost detection and selective background updating model, a stable object model fusing the hue and edge features is established, and multilevel tracker queues are defined to solve the occlusion, including stable tracker queue, temporal tracker queue, lost tracker queue, and uncertain tracker queue. Then the algorithm achieves tracking multiple objects handling occlusion based on multilevel data association, and it solves the problems of new objects appearing, objects merging, and object disappearing based on different strategies. Experimental results show that our detection method could restrain ghosts and prevent the moving objects from being fused to the background. Also, the method could testify the robustness of the object model and the tracking method could effectively track the objects in the complicated situation.

Key words machine vision; multi-object tracking; occlusion handling; tracking with multilevel association; restraint of ghosts

OCIS codes 150.1135; 100.4999; 100.5010

1 引言

多目标跟踪是计算机视觉研究的重要分支, 在

智能视频监控、军事制导、视觉导航和视频编码等领域有着广阔的应用前景。多目标之间的相互遮挡、

收稿日期: 2011-04-07; 收到修改稿日期: 2011-04-28

基金项目: 国家 973 计划(2010CB327900)和国家自然科学基金(61001176)资助课题。

作者简介: 金 标(1984-), 男, 博士研究生, 主要从事计算机视觉和图像理解等方面的研究。E-mail: loyierve@126.com

导师简介: 胡文龙(1963-), 男, 博士, 研究员, 主要从事信号与信息处理等方面的研究。E-mail: hwen2k@gmail.com

目标的自遮挡以及背景物体遮挡目标等复杂情形会引发跟踪丢失或跟踪错误等问题,因此,遮挡处理是多目标跟踪算法的重点,也是难点之一。本文重点讨论并解决遮挡条件下的多目标跟踪。

视频运动目标跟踪就是在图像序列中持续地估计出感兴趣的运动目标所在区域(位置),形成运动目标的运动轨迹。文献[1]对传统的运动目标跟踪算法做了综述,重点是目标的检测、目标特征的选择^[2,3]以及数据的关联匹配^[4]。目前的多目标跟踪遮挡处理算法主要有基于多摄像机的方法^[5,6]、基于运动的方法^[7~11]、基于模型的方法^[12~15]以及多种算法的融合;已有算法在一定程度上能有效解决部分遮挡目标的跟踪问题,但对于完全遮挡目标的跟踪效果较差。而且,多摄像机的信息融合、算法以及模型的复杂度严重影响跟踪实时性。因此,多目标跟踪算法需要稳定的目标检测方法和目标模型,以及有效的数据关联匹配,同时应该考虑算法的速度。

本文以单目静止不变焦摄像机获取的视频样本作为研究对象,采用背景差算法检测运动目标,针对新目标、目标合并分裂以及目标消失分别采用相应的判别及关联匹配策略,提出了一种基于多级跟踪队列的多目标跟踪遮挡解决算法。该方法提出基于鬼影判别与背景模型选择更新的背景差法检测运动目标,建立融合色度与边缘特征的目标模型,采用

Bhattacharyya 系数度量当前帧检测运动目标模型(观测目标)与跟踪器的目标模型之间的相似性;该方法通过赋予每个跟踪器以相应的生命质量来区分其稳定性,定义稳定跟踪队列、临时跟踪队列、跟踪丢失队列以及候选跟踪队列等表征跟踪器生命质量的高低,提出多级关联匹配的策略以及通过多级跟踪队列的维护实现遮挡、交错等场景下的多目标跟踪,有效解决跟踪丢失或跟踪错误等问题。

2 背景模型选择更新的背景差检测目标方法

运动目标检测是跟踪的基础,检测结果的好坏严重影响跟踪的效果。背景差法^[16]是最常用的一种运动目标检测算法,然而背景模型的更新速度通常滞后于背景的变化,当背景发生突变时,就会导致鬼影的产生,同时缓慢运动的目标容易融入背景。以上两个问题是背景差法经常出现的问题,本文针对此提出解决方法。

2.1 基于边缘相似性度量的鬼影判别方法

采用背景差法所得的前景一般包括真实目标和鬼影。为了有效区分鬼影和真实目标,首先比较分析鬼影和真实目标的差异。图1为采用传统背景差算法所得检测结果。视频为在室内拍摄所得,视频图像为256级灰度图像,大小为352 pixel×288 pixel。

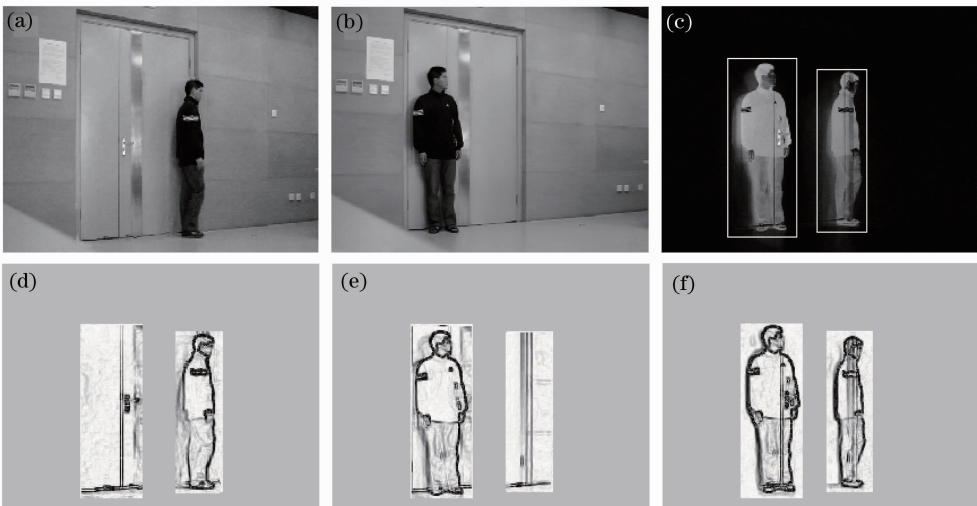


图1 室内视频目标检测。(a) 当前输入图像;(b) 积累的背景图像;(c) 分割出的前景图像;(d) 当前输入图像局部图像边缘;(e) 积累背景局部图像边缘;(f) 分割出的前景图像边缘

Fig. 1 Detection results of indoor visual object. (a) Current image; (b) accumulated background; (c) segmented foreground; (d) edge of the objects in (a); (e) edge of the objects in (b); (f) edge of the objects in (c)

将第一帧图像 I_0 作为初始背景 B_0 , 然后采用如下方法更新背景模型:

$$B_i(x, y) = (1 - \phi)B_{i-1}(x, y) + \phi I_i(x, y), \quad (i = 1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

式中 $B_i(x, y), I_i(x, y)$ 分别为背景图像和第 i 帧输入图像在坐标 (x, y) 处的灰度值, ϕ 为背景区域的更新速率, 根据经验选取 $\phi = 0.0075$ 。

在该视频序列中, 当人由静止开始运动时, 由于背景模型更新速度滞后于背景变化, 就会有鬼影出现。从图 1(a)~(c) 可以看出, 目标 1 为鬼影, 其差分前景图像与背景区域较为相似, 而目标 2 为真实目标, 其差分前景图像与当前输入帧图像区域较为相似。采用 Sobel 算子分别求取图 1(a)~(c) 图像中目标对应区域的边缘图 1(d)~(f), 从中可以看出, 鬼影的差分前景图像边缘与背景区域边缘较为相似, 而真实目标的差分前景图像边缘与当前输入帧图像区域边缘较为相似, 所以通过边缘相似性度量来判别鬼影与真实目标。

设有两幅边缘图像 E_a, E_b , 大小均为 $m \times n$, 记边缘图像的相似性度量为 $\rho(E_a, E_b)$, 采用归一化一阶距离度量边缘图像的相似性:

$$\rho(E_a, E_b) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [|E_a(i, j) - E_b(i, j)|]}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [E_a(i, j) + E_b(i, j)]} \quad (2)$$

分析(2)式可知, $\rho(E_a, E_b)$ 越大表明 E_a 与 E_b 越相似。

定义 E_f 为目标的差分前景区域边缘, E_b 为目标对应的背景区域边缘, E_c 为目标对应的当前输入图像区域边缘。定义 E_f 与 E_b 的相似性为 $\rho(E_f, E_b)$, E_f 与 E_c 的相似性为 $\rho(E_f, E_c)$ 。根据(2)式, 对背景差算法检测所得的目标分别计算 $\rho(E_f, E_b)$ 和 $\rho(E_f, E_c)$, 提出如下鬼影判别规则:

1) 如果 $\rho(E_f, E_b) \geq \rho(E_f, E_c)$, 则该目标为鬼影, 即鬼影的差分前景区域边缘与对应背景区域边缘较为相似;

2) 如果 $\rho(E_f, E_b) < \rho(E_f, E_c)$, 则该目标为真实目标, 即真实目标的差分前景区域边缘与对应当前输入图像区域边缘较为相似。

利用(2)式分析图 1 中的两个目标, 结果如表 1 所示, 从中可以看出该方法可以正确判别鬼影。本文也通过其他实验验证了本文鬼影判别方法的有效性。

表 1 图 1 中两个目标的分析结果

Table 1 Analysis results of the two objects in Fig. 1

Object	$\rho(E_f, E_b)$	$\rho(E_f, E_c)$
1	0.67515	0.58347
2	0.49599	0.76031

2.2 背景选择更新的背景差方法

传统背景差运动目标检测算法中, 背景模型更新方法如(1)式所示, 当运动目标缓慢运动或停止运动时, 该目标就会融入背景, 造成目标丢失, 同时传统方法也无法抑制鬼影。为了解决这两个问题, 提出了一种基于背景选择更新的背景差建模方法, 增大鬼影对应区域的背景更新速度, 降低真实运动目标对应区域的背景更新速度(本文选择不更新真实运动目标区域), 公式如下:

$$B_i(x, y) = \begin{cases} (1 - \phi)B_{i-1}(x, y) + \phi I_i(x, y), & (x, y) \in B \\ (1 - \varphi)B_{i-1}(x, y) + \varphi I_i(x, y), & (x, y) \in G \\ B_{i-1}(x, y), & (x, y) \in O \end{cases} \quad (3)$$

式中 B 为非检测目标对应区域, φ 为鬼影对应区域的更新速度, G 为鬼影对应区域, O 为真实目标区域, 本文不更新该区域背景。 φ 参数可根据经验选取, 本文实验选取 $\varphi = 0.75$ 。

采用以上背景更新方法, 可以抑制缓慢运动或停止运动的目标融入背景, 同时能够消除鬼影, 提高背景差检测算法的稳健性, 为后续的目标跟踪提供保障。

3 目标模型与相似性度量

在目标跟踪过程中, 目标模型的特征选择以及特征维数的大小至关重要。有效的特征是稳定跟踪的必要条件; 高维特征有时能提高跟踪稳定性, 但往往影响跟踪算法的速度。本文采用 128 维的综合了 H 色度与 Sobel 边缘的特征, 在大量实验中获得较好的跟踪效果。特征向量 U 可表示为

$$U = [a_1, a_2, \dots, a_{64}, b_1, b_2, \dots, b_{64}], \quad (4)$$

式中 $a_i (1 \leq i \leq 64)$ 表示 64 维的 H 色度直方图特征, $b_i (1 \leq i \leq 64)$ 表示 64 维的 Sobel 边缘直方图特征。

将目标模型表示为目标特征的概率分布, 标记跟踪队列中跟踪器 i 的目标模型为 $q(i)$, 当前帧检测所得目标 j 的模型为 $p(j)$, 目标跟踪问题便等价于在跟踪队列中寻找最优的跟踪器 i , 使 $q(i)$ 与 $p(j)$ 具有最大的相似性。

假设跟踪队列中跟踪器 i 的目标像素集合为 $\{x_m^*\}_{m=1, \dots, n}$, x_m^* 是利用 h_x, h_y 归一化后的像素坐标, h_x, h_y 为目标 x 方向和 y 方向的尺度, 目标的中心坐标记为 x_0 。分配函数 $a: R^2 \rightarrow \{1, \dots, 64\}$, 根据像素 x_m^* 的色度值将其分配到相应的色度直方图

中;同理分配函数 $b: \mathbb{R}^2 \rightarrow \{1, \dots, 64\}$, 根据像素 x_m^* 的 Sobel 边缘值将其分配到相应的 Sobel 边缘直方

图中。则跟踪队列中跟踪器 i 的目标模型表示为:

$$q(i) = \{\hat{q}_u(i)\}_{u=1, \dots, 128}, \quad \sum_{u=1}^{128} \hat{q}_u(i) = 1, \quad (5)$$

$$\hat{q}_u(i) = \begin{cases} C \alpha \sum_{m=1}^n k(\|x_m^* - x_0\|^2) \delta[a(x_m^*) - u], & (1 \leq u \leq 64) \\ C(1 - \alpha) \sum_{m=1}^n k(\|x_m^* - x_0\|^2) \delta[u - b(x_m^*) - 64], & (65 \leq u \leq 128) \end{cases} \quad (6)$$

式中 δ 为 Kronecker delta 函数, α ($0 < \alpha < 1$) 为自适应调整的权重系数, 对于刚体目标, 其色度特征与边缘特征都比较稳定, 根据经验选取 $\alpha = 0.5$, 对于非刚体目标, 其色度直方图比边缘特征较稳定, 根据经验选取 $\alpha = 0.8$, 相当于赋予色度直方图较大的权重; 核函数 $k(x)$ 用来为不同的像素赋予不同的重要性, 离中心坐标 x_0 越近的像素, 其重要性越大, 本文选取 $k(x)$ 为单位高斯核函数:

$$k(\|x\|^2) = \exp(-\|x\|^2). \quad (7)$$

$$C \text{ 为归一化常数: } C = 1 / \left[\sum_{m=1}^n k(\|x_m^* - x_0\|^2) \right]. \quad (8)$$

同样地, 当前帧检测目标 j 的模型表示为

$$p(j) = \{\hat{p}_u(j)\}_{u=1, \dots, 128}, \quad \sum_{u=1}^{128} \hat{p}_u(j) = 1, \quad (9)$$

$$\hat{p}_u(j) = \begin{cases} C \alpha \sum_{m=1}^n k(\|x_m^* - x_0\|^2) \delta[a(x_m^*) - u], & (1 \leq u \leq 64) \\ C(1 - \alpha) \sum_{m=1}^n k(\|x_m^* - x_0\|^2) \delta[u - b(x_m^*) - 64], & (65 \leq u \leq 128) \end{cases} \quad (10)$$

(10)式中参数与(6)式相同。

用 Bhattacharyya 系数 $\hat{\rho}(i)$ 来度量 $q(i)$ 与 $p(j)$ 的相似性, 即

$$\hat{\rho}(i) = \rho[q(i), p(j)] = \sum_{u=1}^{128} \sqrt{\hat{q}_u(i) \hat{p}_u(j)}, \quad (i = 1, 2, 3 \dots) \quad (11)$$

跟踪队列中使 $\hat{\rho}(i)$ 取得最大值的跟踪器 i , 如果 $\hat{\rho}(i)$ 满足一定的阈值条件 T (根据经验选取), 即 $\hat{\rho}(i) \geq T$, 则表明该跟踪器 i 为最优匹配跟踪器, 即跟踪器 i 与目标 j 关联, 实现了目标 j 的跟踪。

4 多级关联匹配跟踪

4.1 概念定义

根据跟踪队列中每个跟踪器的稳定状况, 定义生命质量来区分其稳定性, 并定义临时跟踪队列、稳定跟踪队列以及跟踪丢失队列表征其生命质量的高低, 同时定义候选跟踪队列来判别目标合并以及新目标。跟踪队列中跟踪器包括如下主要参数: 目标标识 ID、目标模型 $q(i)$ 、生命质量(所属队列)、连续

关联匹配的次数 n_{track} 、连续未关联匹配的次数 n_{missed} 、轨迹以及目标区域等。并且定义如下:

- 1) 生命质量: 跟踪器稳定性的表征;
- 2) 稳定跟踪队列: 稳定的跟踪器集合, 条件是指在跟踪过程中连续关联匹配的次数(帧数)达到 T_1 , 可根据经验设定 T_1 ;
- 3) 临时跟踪队列: 不满足稳定关联匹配条件的跟踪器集合;
- 4) 跟踪丢失队列: 待删除的跟踪器集合, 指连续多次未关联匹配的跟踪器, 也称为跟踪器回收站, 连续未关联匹配的次数达到 T_3 则判为目标丢失, 从跟踪丢失队列中删除该跟踪器, 可根据经验设定 T_3 ;
- 5) 候选跟踪队列: 保留的、独立于以上 3 种类别的跟踪器集合, 可能对应新目标或合并目标, 其目标标识 ID 是独立编排的。

多级跟踪队列的维护方法如下:

- 1) 当稳定跟踪队列或临时跟踪队列中跟踪器的连续未关联匹配次数大于 T_2 时, 则将该跟踪器转到跟踪丢失队列;

2) 当跟踪丢失队列或临时跟踪队列中的跟踪器满足稳定跟踪队列的要求时,将该跟踪器转到稳定跟踪队列;

3) 当跟踪丢失队列中跟踪器的连续未关联匹配次数达到 T_3 时,则将该跟踪器从队列中删除,可根据经验设定 T_3 ;

4) 当候选跟踪队列中的跟踪器的连续关联匹配次数达到 T_3 时,增加新跟踪器到临时跟踪队列,同时将该跟踪器从队列中删除,表明有新目标产生,当连续未关联匹配次数大于 T_3 时,则将该跟踪器从队列中删除。候选跟踪队列中的跟踪器是独立的,与以上 3 种队列中的跟踪器之间不存在转换关系。

将当前帧检测目标 j 分别与临时、稳定跟踪队列中跟踪器匹配,选取匹配结果的最大值作为最终结果,记 $p(j)$ 与 $q(i)$ ($i=1,2,3,\dots$) 相似性系数的最大值为 $\rho(i)_{\max}$,根据经验设定匹配阈值为 T ,如果 $\rho(i)_{\max} \geq T$,则表示匹配成功,实现了目标 j 的跟踪;若 $\rho(i)_{\max} < T$,表示匹配不成功,则将目标 j 与跟踪丢失队列中的目标匹配,如果匹配仍然不成功,继续判断该目标是否为合并目标或新目标,详见 4.2 节。

多级跟踪队列中跟踪器参数更新办法如下:当跟踪器 i 与所有的当前帧检测目标都关联匹配失败时, n_{track} 置为零, n_{missed} 加一;当跟踪器 i 与检测目标 j 关联匹配成功时, n_{track} 加一, n_{missed} 置为零,轨迹位置以及目标区域参数更新为目标 j 的对应参数, $q(i)$

更新方法如下:

$$q(i) = (1 - \beta)q(i) + \beta p(j), \quad (12)$$

式中 β 为更新速度因子(可根据经验选取)。

4.2 多级关联匹配算法

所有跟踪器(不包括候选跟踪队列中的跟踪器)以及当前帧检测运动目标可被分为 3 类——未关联匹配的跟踪器、未关联匹配的检测目标和获得匹配的目标与跟踪器。未关联匹配的跟踪器表明其对应的目标消失或目标与其他目标合并,未关联匹配的检测目标可能是新目标或是合并目标。

基于多级关联匹配的多目标跟踪流程如图 2 所示,概括多级关联匹配跟踪算法步骤如下:

1) 将当前检测目标与稳定跟踪队列和临时跟踪队列中跟踪器进行关联匹配:若匹配成功,执行 5),否则执行 2);

2) 将当前检测目标与跟踪丢失队列中的跟踪器进行关联匹配:若匹配成功,执行 5),否则执行 3);

3) 目标合并判断与处理:未关联匹配的检测目标可能是合并目标或新目标,将该目标与候选跟踪队列中的跟踪器关联匹配,如果匹配成功,则执行 4)。若匹配失败,则增加新跟踪器到候选跟踪队列中,采用卡尔曼滤波器预测位于该目标区域范围的未关联匹配的跟踪器轨迹,实现合并目标中各个目标的跟踪,在此过程中更新该跟踪器的部分参数(n_{track} 置为零, n_{missed} 加一),执行完后跳到 5);

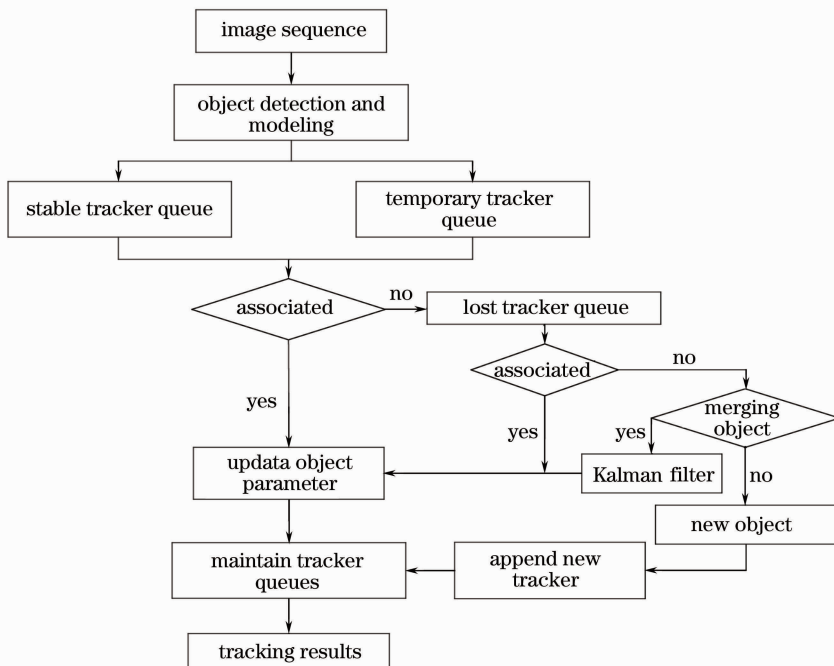


图 2 关联匹配跟踪流程

Fig. 2 Flow chart of the tracking with associative match

4) 新目标判断与处理:对于候选跟踪队列中的跟踪器,如果其连续关联匹配的帧数达到 T_3 帧,表明有新目标出现,则从候选跟踪队列中删除该跟踪器,同时增加新跟踪器到临时跟踪队列,执行完后跳到 5);

5) 更新多级跟踪队列中跟踪器参数,并且维护多级跟踪队列,见 4.1 节。跟踪丢失队列中的跟踪器连续未关联匹配的帧数达到 T_3 时,表明旧目标消失,则从队列中删除该跟踪器。

当运动目标被遮挡时,采用上述合并处理方法及匹配策略能有效防止跟踪丢失,在多级跟踪队列中维护其对应的跟踪器一段时间,设定其大小等于 T_3 ,当目标分裂再次出现时,能继续匹配跟踪该目标。

5 实验结果与分析

为了验证算法的有效性,针对单目静止不变焦摄像机获取的视频序列进行试验。采用的实验平台是 VC2005,采用的硬件设备参数——奔腾 4 处理器,主频 3 GHz,内存 1 GB。测实数据来自 IBM 室内多人遮挡数据库^[17]和 PETS2001 数据库中的部

分视频^[18]。采用本文的背景差算法检测运动目标,采用文献[19]中的连通域分析算法提取目标,采用本文提出的多目标跟踪算法。

5.1 性能评估指标

为了定量评估跟踪算法的性能,定义跟踪准确率(T_A)为

$$T_A = \frac{n_{obj}}{n_{ID}}, \quad (13)$$

式中 n_{obj} 为运动目标总数, n_{ID} 为目标标识 ID 变换次数的总数。初始分配标识 ID 给新目标算作变换一次, T_A 越大表明目标跟踪丢失越少、目标标识 ID 发生相互交换的次数越少,也即跟踪效果较好。

5.2 多目标遮挡跟踪结果

参数 T_1, T_2, T_3, T 和 α 的选取至关重要。 T_3 与遮挡时间的长短有关,可以根据实际场景选取,同时 $T_2 < T_1 < T_3$,可根据经验设定。 α 对跟踪效果的影响如图 3 所示,从图 3(a)可以看出,对于非刚性目标,当选取 $\alpha=0.8$ 时,跟踪效果较好;从图 3(b)可以看出,对于刚性与非刚性目标组成的混合目标群来说,当选取 $\alpha=0.6$ 时,跟踪效果较好。

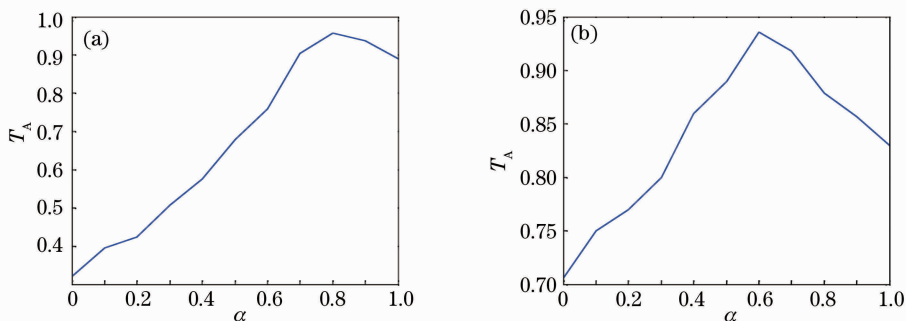


图 3 参数 α 对跟踪结果的影响。(a) 室内非刚性目标跟踪结果;(b) 室外刚性与非刚性目标群跟踪结果

Fig. 3 Influence of α on the tracking performance. (a) Tracking results of indoor non-rigid objects; (b) tracking results of outdoor rigid and non-rigid objects

针对 IBM 视频数据库中的多人交错视频进行实验,图 4 为一组室内两人相互交错遮挡情况下的部分跟踪结果,所选参数分别为 $T_1=12, T_2=10, T_3=20, T=0.70, \alpha=0.8, \beta=0.5$ 。该视频段共有 2 次交错遮挡过程:从 # 216 到 # 234 时间段,目标 1 遮挡目标 2;从 # 275 到 # 287 时间段,目标 2 遮挡目标 1。实验结果表明本文方法可以稳定地跟踪其中的两个目标,无跟踪丢失和跟踪匹配错误。

图 5 为针对 PETS2001 视频库中一段室外视频的部分跟踪结果,所选参数分别为 $T_1=15, T_2=10, T_3=45, T=0.72, \alpha=0.6, \beta=0.5$,本文方法可

以稳定跟踪其中交错遮挡的目标。

分别采用本文算法以及部分文献中的算法对 IBM 测试库中的 10 段视频以及 PETS2001 数据库中的其中 4 段视频进行测试,采用 5.1 节定义的跟踪准确率(T_A)对算法的性能进行评估。表 2 和表 3 列出了不同跟踪算法在上述视频库上测试性能的比较,从中可以看出该算法表现出较好的性能。表 4 列出了采用本文方法以及 3 种文献中的方法在本文实验平台上对测试视频的平均处理速度,从中可以看出该算法在速度上的优越性。

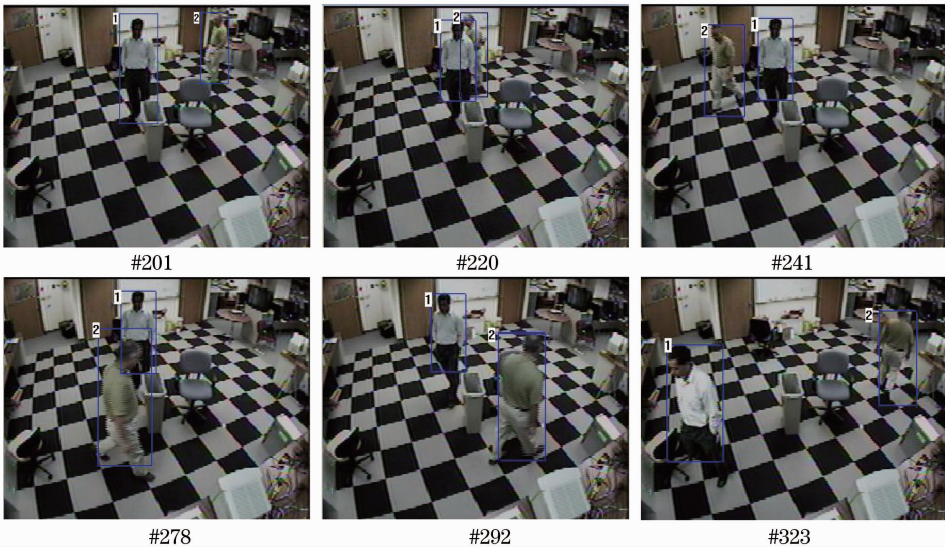


图 4 室内两人跟踪结果

Fig. 4 Tracking results of indoor two persons



图 5 室外多目标跟踪结果

Fig. 5 Tracking results of outdoor multi-objects

表 2 不同跟踪算法在 IBM 测试库上的比较

Table 2 Comparison of the different tracking algorithms on IBM test database

	Our method	Ref. [10]	Ref. [13]	Ref. [15]
T_A	0.958	0.795	0.875	0.892

表 4 不同跟踪算法的速度对比

Table 4 Speed comparison of the different tracking algorithms

	Our method	Ref. [10]	Ref. [13]	Ref. [15]
Speed / (frame/s)	18	7	5	13

表 3 不同跟踪算法在 PET2001 数据库上的比较

Table 3 Comparison of the different tracking algorithms on PETS2001 test database

	Our method	Ref. [10]	Ref. [15]
T_A	0.936	0.823	0.916

6 结 论

提出了一种基于多级跟踪队列的多目标跟踪算法。背景差目标检测方法能抑制鬼影同时能够防止缓慢运动或停止运动的目标融入背景,同时建立了融合色度与边缘特征的目标模型,保证刚体目标以及非刚体目标的模型的稳定性,为跟踪匹配奠定基

础。该方法定义多级跟踪队列,提出多级关联匹配的策略,以及通过跟踪队列的维护,实现复杂场景下的多目标跟踪。该方法针对新目标、目标合并以及目标消失分别提出了有效的判别及处理策略,能有效解决遮挡、交错等复杂情形造成的目标跟踪丢失或跟踪错误等问题。实验结果验证了目标模型的稳定性以及多级关联匹配跟踪算法的有效性与优越性。

参 考 文 献

- 1 Alper Yilmaz, Omar Javed, Mubarak Shah. Object tracking: a survey[J]. *ACM Comput. Surv.*, 2006, **38**(4): Article 13
- 2 Zhang Hui, Zhao Baojun, Tang Linbo *et al.*. Infrared object tracking based on adaptive multi-features integration[J]. *Acta Optica Sinica*, 2010, **30**(5): 1291~1296
张 辉, 赵保军, 唐林波等. 基于自适应多特征整合的红外目标跟踪[J]. *光学学报*, 2010, **30**(5): 1291~1296
- 3 Shen Huan, Li Shunming, Bo Fangchao *et al.*. On road vehicles real-time detection and tracking using vision based approach[J]. *Acta Optica Sinica*, 2010, **30**(4): 1076~1083
沈 岷, 李舜酩, 柏方超等. 路面车辆实时检测与跟踪的视觉方法[J]. *光学学报*, 2010, **30**(4): 1076~1083
- 4 Zhang Jianwei, Zhang Qiheng. Extended object tracking method based on straight-line edge feature matching[J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, **29**(10): 2826~2831
张建伟, 张启衡. 基于直线边缘特征匹配的扩展目标跟踪方法[J]. *光学学报*, 2009, **29**(10): 2826~2831
- 5 T. T. Santos, C. H. Morimoto. People detection under occlusion in multiple camera views[C]. Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing, Campo Grande, Brazil, 2008. 53~60
- 6 Saad M. Khan, Mubarak Shah. Tracking multiple occluding people by localizing on multiple scene planes [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2009, **31**(3): 505~519
- 7 Jin Yonggang, F. Mokhtarian. Variational particle filter for multi-object tracking [C]. In Proceedings of IEEE 11th International Conference on Computer Vision (ICCV '07), Riode Janeiro, Brazil, 2007. 1~8
- 8 Zhang Xuguang, Zhang Yun, Wang Yanning *et al.*. Covariance tracking based on forgetting factor and Kalman filter[J]. *Acta Optica Sinica*, 2010, **30**(8): 2317~2323
张旭光, 张 云, 王艳宁等. 基于遗忘因子与卡尔曼滤波的协方差跟踪[J]. *光学学报*, 2010, **30**(8): 2317~2323
- 9 Zhang Yan, Zhang Zhilong, Shen Zhenkang *et al.*. The images

- tracking algorithm using particle filter based on dynamic salient features of targets[J]. *Acta Electronica Sinica*, 2008, **36**(12): 2306~2311
- 张 焱, 张志龙, 沈振康等. 基于动态显著性特征的粒子滤波多目标跟踪算法[J]. *电子学报*, 2008, **36**(12): 2306~2311
- 10 M. D. Breitenstein, F. Reichlin, B. Leibe *et al.*. Robust tracking-by-detection using a detector confidence particle filter [C]. In Proceedings of the IEEE 13th International Conference on Computer Vision (ICCV'09), Kyoto, Japan, 2009. 1512~1522
- 11 Luo Huan, Wang Fang, Chen Zhongqi *et al.*. Infrared target detecting based on symmetrical displaced frame difference and optical flow estimation[J]. *Acta Optica Sinica*, 2010, **30**(6): 1715~1720
罗 寰, 王 芳, 陈中起等. 基于对称差分 and 光流估计的红外弱小目标检测[J]. *光学学报*, 2010, **30**(6): 1715~1720
- 12 R. Cucchiara, C. Grana, G. Tardini *et al.*. Probabilistic people tracking for occlusion handling[C]. In Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'04), England, U. K., 2004, **1**: 132~135
- 13 B. Wu, R. Nevatia. Detection and tracking of multiple, partially occluded humans by Bayesian combination of edgelet based part detectors[C]. *IJCV*, 2007, **75**(2): 247~266
- 14 C. H. Kuo, C. Huang, R. Nevatia. Multi-target tracking by on-line learned discriminative appearance models [C]. In Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '10), U. S. 2010. 685~692
- 15 C. Bibby, Ian Reid. Real-time tracking of multiple occluding objects using level sets[C]. In Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'10), U. S. 2010. 1307~1314
- 16 M. Piccardi. Background subtraction techniques: a review[C]. In Proceeding of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2004, Netherlands, **4**: 3099~3104
- 17 L. M. Brown, A. W. Senior, Y. L. Tian *et al.*. Performance evaluation of surveillance systems under varying conditions[OL]. <http://www.research.ibm.com/peoplevision/performanceevaluation.html>, 2008
- 18 PETS2001: Performance evaluation of tracking and surveillance [OL]. <http://www.cvg.cs.rdg.ac.uk/PETS2001/pets2001-dataset.html>, 2001
- 19 Zhang Heng, Hu Wenlong, Ding Chibiao. Fast algorithm for target feature extraction based on connected component analysis [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2009, **45**(29): 230~232
张 恒, 胡文龙, 丁赤飙. 基于快速连通域分析的目标特征提取算法[J]. *计算机工程与应用*, 2009, **45**(29): 230~232