

Journal of Image  
and Graphics

# 中国图象图形学报



ISSN1006-8961  
CN11-3758/TB

2012 12  
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所  
中国图象图形学学会主办  
北京应用物理与计算数学研究所

# 中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012年12月 第17卷 第12期(总第200期)

## 目次

### 综述

高斯混合模型、求解算法及视觉应用综述..... 管涛, 李玲玲(1461)

### 图像处理和编码

基于曲波变换和色度模型的彩色图像去噪 ..... 张云强, 张培林, 王国德, 卓洪波(1472)

子矢量排序的渐进不相似度逼近算法 ..... 李阳, 潘志斌, 吴鑫鹏(1478)

稀疏梯度先验模型的正则化图像复原 ..... 刘伟豪, 梅林, 蔡烜(1485)

高精度亚像素全局运动估计的上采样梯度互相关算法 ..... 余应淮, 王锦荣(1492)

### 图像分析和识别

点到弦距离累加的自适应角点检测 ..... 王万良, 金亦挺, 赵燕伟, 胡峰俊(1500)

最大子分类间隔准则的核函数优化 ..... 张静, 杨智勇, 于红芸, 孙晓燕(1509)

核典型相关性鉴别分析 ..... 陈伟琦, 程强(1516)

小波变换和特征加权融合的人脸识别 ..... 赵焕利, 王玉德, 张学志, 薛乃玉(1522)

具有身份标识的多目标跟踪 ..... 安国成, 肖坦(1528)

### 图像理解和计算机视觉

用于圆锥体位姿测量的曲面标记..... 李蒙, 谌德荣, 周广铭, 蒋玉萍, 高翔霄(1534)

## 计算机图形学

基于特征识别的3维人脸动画模型自动构造…………… 徐明, 乔宁博, 文振焜, 曾新, 采振祥(1540)

3D GIS 环境下雨雪天气实时仿真…………… 李欢, 樊红, 冯浩(1548)

## 医学图像处理

结合马尔可夫随机场与模糊 C-均值聚类的脑 MRI 图像分割…………… 余黎煌, 钟华, 张石(1554)

## 遥感图像处理

面向遥感影像镶嵌的 SVR 色彩一致性处理…………… 吴炜, 骆剑承, 李均力, 杨海平, 沈占锋(1561)

遥感影像投影寻踪回归分类模型…………… 张正健, 李祚泳, 秦宁生, 刘志红, 巴桑(1568)

《中国图象图形学报》2012 年第 17 卷总目次…………… (1)

志谢…………… 封2

# 中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健

月刊(1996 年创刊)

第 17 卷 第 12 期

2012 年 12 月 16 日出版

主管单位 中国科学院

主 办 中国科学院遥感应用研究所  
中国图象图形学学会  
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版 《中国图象图形学报》编辑出版委员会

北京 9718 信箱 邮编 100101  
电子信箱:jig@irsa.ac.cn  
电话:010-64807995 010-82614429  
网 址:www.cjig.cn

印刷装订 北京北林印刷厂

广告经营许可证 京朝工商广字第 0346 号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司  
(中国国际书店)  
(北京 399 信箱 邮编 100044)

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing Application,  
CAS China Society of Image and Graphics  
Institute of Applied Physics and Computational  
Mathematics

Chief editor LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board  
of Journal of Image and Graphics  
(P. O. Box 9718, Beijing 100101, China)  
E-mail:jig@irsa.ac.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers  
and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading Corporation  
(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)

Printed by Beijing Beilin Printing House

ISSN 1006-8961 CN11-3758/TB CODE ZTTXFZ 国内邮发代号: 82-831 国外发行代号: M1406 国内定价: 45.00 元

# Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 12 December 2012

## Contents

### Review

Overview of Gaussian mixture models, solving algorithms and visual applications ..... Guan Tao, Li Lingling(1461)

### Image Processing and Coding

Denoising method for color images based on chrominance model and curvelet transform  
..... Zhang Yunqiang, Zhang Peilin, Wang Guode, Zhuo Hongbo(1472)

Improved incremental dissimilarity approximations algorithm using sub-vector sorting ..... Li Yang, Pan Zhibin, Wu Xinpeng(1478)

Regularized image restoration algorithm on sparse gradient prior model ..... Liu Weihao, Mei Lin, Cai Xuan(1485)

High accuracy sub-pixel global motion estimation based on upsampled gradient cross-correlation algorithm  
..... Yu Yinghuai, Wang Jinrong(1492)

### Image Analysis and Recognition

Adaptive corner detection based on chord-to-point distance accumulation  
..... Wang Wanliang, Jin Yiting, Zhao Yanwei, Hu Fengjun(1500)

Kernel optimization approach based on maximum subclass margin criterion  
..... Zhang Jing, Yang Zhiyong, Yu Hongyun, Sun Xiaoyan(1509)

Kernel discriminant analysis based on canonical correlation ..... Chen Weiqi, Cheng Qiang(1516)

Face recognition based on wavelet transform and weighted fusion of face features  
..... Zhao Huanli, Wang Yude, Zhang Xuezhi, Xue Naiyu(1522)

Multi-target tracking algorithms with identification label ..... An Guocheng, Xiao Tan(1528)

### Image Understanding and Computer Vision

Curved surface marker used for cone pose measurement  
..... Li Meng, Chen Derong, Zhou Guangming, Jiang Yuping, Gao Xiangxiao(1534)

### Computer Graphics

The approach to automatically construct animation models based on 3D facial geometry and texture features recognition  
..... Xu Ming, Qiao Ningbo, Wen Zhenkun, Zeng Xin, Cai Zhenxiang(1540)

Real-time snow and rain rendering in 3D GIS environment ..... Li Huan, Fan Hong, Feng Hao(1548)

### Medical Image Processing

Fuzzy C-means clustering algorithm combined with markov random field for brain MR image segmentation  
..... She Lihuang, Zhong Hua, Zhang Shi(1554)

### Remote Sensing Image Processing

Support vector regression color normalization method for image mosaic  
..... Wu Wei, Luo Jiancheng, Li Junli, Yang Haiping, Shen Zhanfeng(1561)

Remote sensing image classification model based on projection pursuit regression ..... Zhang Zhengjian, Li Zuoyong, Qin Ningsheng, Liu Zhihong, Ba Sang(1568)

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2012)12-1528-06

论文引用格式: 安国成, 肖坦. 具有身份标识的多目标跟踪[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(12): 1528-1533.

## 具有身份标识的多目标跟踪

安国成, 肖坦

北京国铁华晨通信信息技术有限公司, 北京 100070

**摘要:** 针对多目标跟踪, 运动目标身份标号在目标发生遮挡、交错时容易混淆的问题, 提出一种基于颜色特征信息的多目标跟踪算法。即在目标跟踪过程中, 充分利用背景减法所获取的前景团块区域, 对其进行有效分类, 如噪声区域、单目标区域和多目标区域, 根据分类情况采用不同的处理机制。算法利用修正时间戳机制处理噪声区域, 利用 Kalman 预测处理快速运动, 利用均值移动算法处理目标标识混淆问题。通过多组实验可以看出, 新算法处理速度达到 30 帧/s、实时性能好, 具有很强地抑制背景干扰、目标长时间跟踪的特性。

**关键词:** 实时检测; 背景建模; 均值移动; 身份标识

### Multi-target tracking algorithms with identification label

An Guocheng, Xiao Tan

Beijing GuoTie HuaChen Communication & Information Technology Co., Ltd, Beijing 100070, China

**Abstract:** In order to solve the problem of target identification label confusion in multi-target tracking, especially with occluded or stacked targets, an algorithm based on color features is proposed for multi-target tracking. In the process of target tracking, the foreground is derived using the background subtraction method. The blobs in the foreground are classified into noise regions, single target regions, and multi-target regions. According to the blob classification, a different processing mechanism is used. The system adapts the correction time stamp to process noise regions, using Kalman prediction processing for fast motions and using the mean shift algorithm for processing target identification labels. Through several experiments, we show that the new algorithm has a good real-time performance (the tracking speed is 30 f/s), has a very strong background suppression, and has the characteristics for long-time target tracking.

**Key words:** real-time detection; background modeling; mean shift; identification Label

## 0 引言

视频行为分析是从视频序列中通过一定的图像处理算法, 提取视频中感兴趣目标行为的一种技术。随着实际应用需求的不断提高, 在视频目标跟踪的研究中, 针对多目标的研究越来越多, 因为粒子滤波算法<sup>[1]</sup>采用多假设机制, 其没有高斯

假设的限制, 可以处理非高斯的问题, 采用它进行多目标跟踪具有一定的先天优势, 所以在多目标跟踪中, 粒子滤波算法是一个重要的研究方向。Kyriakides 等人<sup>[2]</sup>提出利用运动目标的运动信息约束和一些随机约束对多目标跟踪, 这些约束受到目标所在环境、以及目标之间相互关系等因素影响。文献[2]只给出了一些仿真实验, 在真实场景中的跟踪效果如何还有待进一步研究。Cheng

收稿日期: 2011-12-14; 修回日期: 2012-06-28

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目(20100470588); 北京国家轨道交通高新技术产业化基地创新能力建设及安全监控共性技术研究(Z101110054910001)

第一作者简介: 安国成(1979—), 男, 工程师, 2009年于东南大学获信号与信号处理专业博士学位, 主要研究方向为视频人脸识别、目标检测与跟踪、人机交互技术。E-mail: anguocheng99@yahoo.com.cn

等人<sup>[3]</sup>在 1995 年对均值移动算法进行了深入研究并且以一种巧妙的方式进行聚类分析,从此该算法逐渐发展成一种重要的视频跟踪算法。Comaniciu 等人<sup>[4]</sup>将均值移动算法应用到视频跟踪以及图像分割中,并且取得了很好的效果,从而该算法成了一种重要的视频图像处理算法,其在目标跟踪中的应用得到广泛研究<sup>[5-6]</sup>。

在实际监控应用中,比如逗留检测,需要给运动目标不同的身份标号,以便记录每个目标在场景中逗留的时间。在一定的时间内,为了保持运动目标身份标号始终不发生变化,尤其是当具有不同身份标识的目标发生互相遮挡、交错等情况时,提出一种基于颜色特征信息的多目标跟踪算法。首先对背景进行建模,利用背景减除法提取有效的前景团块,然后根据前景团块所包含跟踪目标的多少采用不同的跟踪策略,即当前景团块只包含一个跟踪目标,那么将采用 Kalman 进行目标位置预测,然后采用最近邻匹配算法进行目标精确位置定位。当前景团块包含多个跟踪目标时,采用各个目标所保有的 Kalman 预测器进行目标位置预测,然后在融合的前景图像中进行均值移动,并且利用团块信息,如长度、宽度,对目标跟踪结果进行更新。该算法有效地融合目标检测算法和跟踪算法的特性,并且根据团块对应目标多少的不同,采用不同的处理方法,从而降低了算法的复杂度,能够满足实时性要求。

### 1 算法介绍

为了实现系统的自动初始化功能,采用混合高斯的前景团块检测算法。算法具体流程如图 1 所示。

本文算法主要包括 3 个处理模块:

1) 基于混合高斯的前景团块检测模块,该模块主要提供被标记好的前景团块,这些被标记好的团块可能是场景临时噪声、单个被跟踪目标、多个目标由于遮挡造成的大团块区域。为了区分场景临时噪声和初始跟踪目标,采用时间印机制进行目标确认。

2) 快速目标跟踪模块,均值移动算法<sup>[7]</sup>虽然速度很快,但当目标超过该算法作用范围,会发生目标丢失,最近邻匹配算法性能也受目标运动算法快慢的影响。为此,采用 Kalman 滤波器对被跟踪目标位置、尺度进行预测,以提高目标跟踪的精

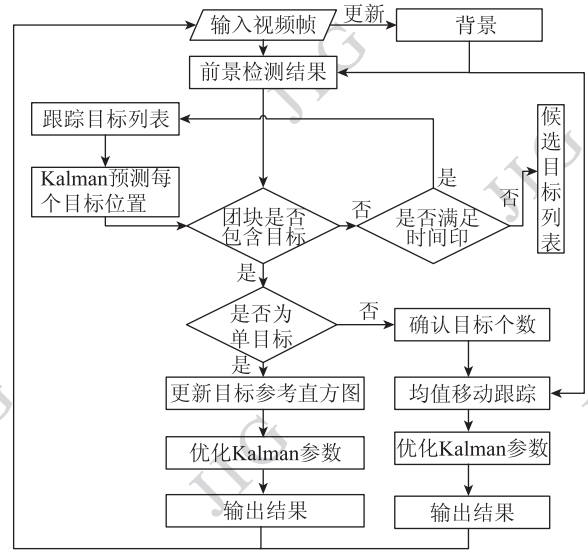


图 1 系统流程图  
Fig. 1 System flow

确度。

3) 多目标的混合跟踪处理模块,该模块主要处理当发生多目标遮挡时,不同目标身份标识确认问题。

## 2 目标前景信息提取

### 2.1 背景建模与更新

背景减除算法是目标检测的基本算法,其研究包括背景构造、背景更新、阴影剔除等诸多方面。采用背景减除算法对前景目标检测,首先要对背景进行构造,通常可以采用混合高斯模型。假设某一像素在一段时间内的样本值为  $x_1, x_2, \dots, x_N$ , 采用  $M$  个高斯函数对其进行背景构造,即

$$Pr(x_t) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{1}{(2\pi)^{\frac{d}{2}} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(x_t - x_i)^T \Sigma^{-1} (x_t - x_i)} \quad (1)$$

则  $t$  时刻像素属于背景的概率密度为

$$Pr(x_t) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \prod_{j=1}^d \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_j^2}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(x_{tj} - x_{ij})^2}{\sigma_j^2}} \quad (2)$$

然后根据  $Pr(x_t)$  大小来区分前景、背景。

为了处理光照变化、场景中物体发生位置变化等情况需要进行背景更新,即

$$B_{t+1} = \alpha I_t + (1 - \alpha) B_t \quad (3)$$

式中,  $B_t$  为  $t$  时刻提取的背景模型,  $I_t$  为当前时刻图,  $\alpha$  为更新速度。

## 2.2 团块合并和改进时间印机制

为了消除前景检测断裂和漏洞,采用形态学算法,对前景团块进行膨胀腐蚀运算,并且将距离小于一定阈值的团块合并。采用直方图交集<sup>[8]</sup>来比较两个给定直方图  $q, p$  的相似度

$$s = \sum_{u=1}^m \min(q_u, p_u) \quad (4)$$

式中,  $m$  为颜色分量总数(本文  $m = 4096$ )。当  $s$  大于 0.8, 并且累积时间超过 15 帧的时候, 此时的前景团块即认为是一个被跟踪目标所产生的。当前景团块被确认为是一个新产生的跟踪目标时, 系统利用当前团块尺度信息、历史位置信息对该新目标所对应的 Kalman 预测器进行初始训练, 并且实时更新该目标的颜色直方图。

## 3 多目标身份确认

为了解决目标快速运动问题, 采用 Kalman 对跟踪目标进行预测, 从而扩大均值移动算法的作用范围和提高最近邻算法的精确度。另外, 为了提高跟踪算法的跟踪性能, 利用前景检测的结果, 在图像中对应前景检测的颜色空间进行目标跟踪, 并且根据前景检测的结果对最终跟踪位置进行修正。

### 3.1 均值移动算法

采用均值移动算法对目标跟踪, 需要确定跟踪线索, 如目标的颜色、纹理或者梯度信息, 但是基于颜色信息的目标跟踪具有很好的鲁棒性, 并且实现简单, 系统运行效率高。在跟踪之前, 系统对被跟踪目标进行参考模板的核直方图建模

$$\hat{q}_u = C \sum_{k=1}^n K\left(\left\|\frac{\mathbf{x}_0 - \mathbf{x}_k}{h}\right\|^2\right) \delta[b(\mathbf{x}_k) - u] \quad (5)$$

$$u = 1, 2, \dots, m$$

式中,  $\mathbf{x}_0, \mathbf{x}_k$  分别表示跟踪目标的中心像素坐标和第  $k$  个像素的坐标,  $n$  为目标像素总数目,  $m$  为量化颜色分量数目,  $K(\|\mathbf{x}\|^2)$  是核函数,  $h$  表示核函数的带宽,  $\delta(\cdot)$  是 Kronecker delta 函数, 函数  $b: R^2 \rightarrow \{1, 2, \dots, m\}$  的作用是计算位置在  $\mathbf{x}_k$  处的像素所属颜色分量,  $C$  为归一化常数, 使得  $\sum_{u=1}^m \hat{q}_u = 1$ 。在后继的跟踪过程也采用类似的方法对位置  $y$  的候选模板建立核概率密度  $\hat{q}_u(y)$ 。Comanicu 采用 Bhattacharyya 相似度来度量两者之间的距离<sup>[4]</sup>, 即

$$d(y) = \sqrt{1 - \rho[\hat{q}(y), \hat{q}]} \quad (6)$$

然后对  $\rho[\hat{q}(y), \hat{q}]$  进行泰勒展开得到权重

$$\omega_k = \sum_{u=1}^m \sqrt{\frac{\hat{q}_u}{\hat{q}_u(y_0)}} \delta[b(\mathbf{x}_k) - u] \quad (7)$$

根据初始位置  $y_0$  按照式(8)计算新位置  $y_1$ , 然后将  $y_0 \leftarrow y_1$ , 经过若干次迭代, 直到得到目标的最终跟踪位置为

$$y_1 = \frac{\sum_{k=1}^n \mathbf{x}_k \omega_k K'\left(\left\|\frac{y_0 - \mathbf{x}_k}{h}\right\|^2\right)}{\sum_{k=1}^n \omega_k K'\left(\left\|\frac{y_0 - \mathbf{x}_k}{h}\right\|^2\right)} \quad (8)$$

### 3.2 基于前景检测的目标跟踪算法

使用一种融合前景检测结果的视频目标跟踪算法, 即在前景检测所对应的图像空间进行目标跟踪。目标跟踪流程如图 2 所示。首先对背景进行建模, 利用背景减除法和帧间差分算法对前景区域进行有效提取, 然后在提取的前景区域内进行均值移动目标跟踪。该算法有效地融合了基于像素级别的背景减除与帧间差分算法和基于块级别的均值移动算法各自具有的优点, 通过该策略, 跟踪系统在目标快速运动、有场景相似颜色干扰等情况下具有很好的跟踪性能。

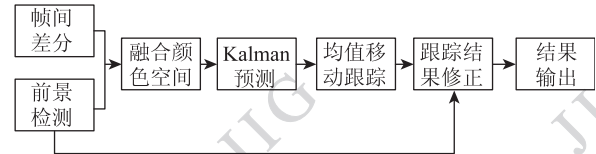


图2 目标跟踪流程图

Fig. 2 Target tracking flow

通过基于多高斯背景建模可以获取较为明显的前景区域, 这些区域可能包括跟踪目标, 也包括其他前景目标。随着时间的变化, 此时背景可能发生变化, 为了抑制光照变化的影响, 将彩色图像转换成灰度图像, 并且前景检测的阈值设置较大, 由于跟踪目标与背景颜色相近, 所以检测到的前景可能存在漏洞或者残缺, 然而这种漏检的像素可以降低对跟踪模块的影响。为了进一步增强跟踪性能, 使用帧间差分的方法, 可以抑制场景的渐变影响, 并且增加目标由于运动而产生的新像素, 最后将两种检测结果进行“或”融合, 从而获取跟踪候选前景区域图像, 此候选图像剔除了大部分背景干扰, 使跟踪在有效的区域内进行, 使均值移

动陷入局部极值点的机会变小,提高算法的跟踪性能。

整个算法具体流程如下:

- 1) 读入  $T$  帧图像进行多高斯背景建模;
- 2) 前景检测与标注,采用时间印,确认目标;
- 3) 当跟踪目标确认,初始化 Kalman 滤波器,并且提取目标颜色特征直方图;
- 4) 利用当前帧和前帧进行帧差,获取帧差模板;
- 5) 利用当前帧和背景进行前景检测,获取前景模板;
- 6) 在当前帧,利用帧差模板和前景模板,获取跟踪候选区域的前景图像;
- 7) 利用 Kalman 预测器对目标进行预测;
- 8) 如果前景团块为单目标,采用最近邻对目标跟踪,更新目标特征,并输出最终位置;
- 9) 如果前景团块包含多个目标,对每个目标分别进行均值移动跟踪;输出结果。

## 4 实 验

为了验证基于检测结果的均值移动跟踪算法在弱目标跟踪的跟踪性能,使用了一段吊牌快速旋转的视频,吊牌的分辨率大小为  $17 \times 17$ ,系统的其他参数同上面的实验。具体跟踪效果见图 3。吊牌的主要颜色分布与背景颜色分布类似,从第 285 帧的跟踪效果可以看出,吊牌的跟踪窗口被背景中的相似特征颜色区域所吸引,即此时该区域的颜色空间分布与吊牌的颜色空间分布不同,但是由于均值移动算法对颜色分布的空间位置不是十分敏感,致使跟踪算法陷入局部极值点,而本文有效地利用了背景减除、帧间差分算法,所以整个跟踪算法具有更好的抗干扰特性。

将本文算法在上述视频中进行算法测试,表 1 给出了总体跟踪性能比较。跟踪目标的真实位置由手工标注,具体方法是,两个人分别独立在每帧中对目标区域标注 3 次,然后求其平均值作为真实目标位置。但是如果连续两次标注的误差超过某个阈值(如 2 个像素),则重新标注图像中的目标位置。 $X$  轴误差和  $Y$  轴误差分别表示在  $X$  轴、 $Y$  轴方向上的误差。在每帧中,如果跟踪的目标中心落在手工标注的目标区域内,则认为跟踪成功,并且计算相应的误差,否则认为跟踪失败。整段视频的跟踪成功率



(a) 原始跟踪结果 (帧号: 259、269、285、293)



(b) 本文算法跟踪结果 (帧号: 259、269、285、293)

图 3 弱颜色目标跟踪

Fig. 3 Target tracking based on color

定义为全部成功跟踪的帧数除以该序列的总视频帧数<sup>[9]</sup>,即

$$S = \frac{E}{N} \times 100\% \quad (9)$$

式中, $N$  表示总视频帧数; $E$  表示有效跟踪帧数; $S$  表示跟踪成功率。

表 1 算法跟踪性能比较

Table 1 Algorithms comparison

视频序列	跟踪算法	$X$ 轴误差	$Y$ 轴误差	跟踪成功率/%
吊牌视频	均值移动	$3.6 \pm 3.1$	$3.9 \pm 4.8$	71.4
	本文算法	$2.1 \pm 2.4$	$2.7 \pm 3.1$	90.6

注: $X$  轴和  $Y$  轴误差表示为均值  $\pm$  标准差。

为了验证本文算法所具有的优良性能,使用的视频场景是室外一段监控录像,视频分辨率是  $320 \times 240$ ,视频一共包含 4 300 帧图像。背景建模使用视频的前 100 帧,混合高斯的个数为 4。背景建模采用灰

度空间。均值移动算法使用 RGB 颜色空间, 并且对 3 个颜色分量采用  $16 \times 16 \times 16 = 4096$  划分, 即量化颜色分量数目  $m$  是 4096, 均值移动最大迭代次数为 5 次, 迭代终止条件是  $\varepsilon = 0.9$ 。从图 4 视频可以看出跟踪的目标运动速度较快。从跟踪效果可以看出, 新算法通过背景建模很好的抑制了背景颜色在跟踪过程中的作用, 从而提高了整个算法的跟踪精度。



图 4 双目标跟踪场景  
Fig. 4 Two target tracking

从上面可以看到, 当场景中只有一个目标的时候, 系统输出稳定、精确的目标跟踪位置, 当有另外一个目标进入场景, 经过时间印的确认之后, 确定该目标是一个稳定、长期存在的目标, 为此也分配给她一个身份标识。当两个目标发生交错而产生互相遮挡的时候, 系统启动基于均值移动的精确定位, 从而保证了目标身份标识的稳定性。从最后一张图可以看出, 两个目标发生交错之后, 依然保持了各自的身份标识。从而可以看出本文算法具有很强的实用性。

为了进一步验证本文算法, 使用另外一段监控视频, 监控时间为傍晚, 从画面可以看出, 监控场景比较迷糊, 视频的场景包括单个目标的逗留、车辆的驶入、司机下车、其他运动目标进入场景等多个场景模式。视频长度约为 4 min, 具体跟踪效果如图 5 所示。

从图 5 中可以看出当车辆驶入之后, 由于其引起了背景的改变, 所以也被检测出来, 但是通过时间的累积, 发现该目标长时间处于静止, 通过背景学习机制, 该目标逐渐被学到背景之中。之后发生了双目标的交错现象, 并且系统均保持了各自目标身份标识的稳定性, 随之又有其他目标进入场景, 但是由



图 5 多目标跟踪场景(傍晚)  
Fig. 5 Multi-target tracking for night

于采用了单目标多目标分别处理的机制, 其并不影响系统的跟踪性能。为了进一步验证本文算法在多目标情况下的处理性能, 使用一段长达 20 min 的监控视频录像, 该录像中包含运动的 3 人, 他们在监控场景中随意走动, 并且可以奔跑、蹲下等任意运动。具体监控效果如图 6 所示。多目标跟踪(图 5、图 6)



图 6 多目标跟踪场景(白天)  
Fig. 6 Multi target tracking for day

背景建模使用视频的前100帧,混合高斯的个数为4。背景建模采用灰度空间。均值移动算法使用RGB颜色空间,并且对3个颜色分量采用 $16 \times 16 \times 16 = 4096$ 划分,即量化颜色分量数目 $m$ 是4096,均值移动最大迭代次数为5次,迭代终止条件是 $\varepsilon = 0.9$ 。

## 5 结 论

利用背景建模的方法提取前景图像,分别处理单个目标和多个目标情况。针对单个目标,算法采用最近邻匹配进行目标跟踪,对于多个目标,算法在融合颜色空间中,采用Kalman均值移动算法。通过该策略,跟踪算法在目标快速运动、有场景相似颜色干扰等情况下具有很好的适用能力,从而提高了目标跟踪的长期稳定性以及跟踪精度。通过多组实验也可以看出,本文算法具有很强地抑制背景干扰的能力,提高了均值移动跟踪算法的鲁棒性。另外,算法的计算量小,可以满足实时性的需求。

### 参考文献 (References)

- [1] Okuma K, Taleghani A, Freitas N D, et al. A boosted particle filter: multitarget detection and tracking [M]//Lecture Notes in Computer Science. Berlin: Springer 2004: 28-39.
- [2] Kyriakides I, Morrell D, Antonia P S. Sequential Monte Carlo methods for tracking multiple targets with deterministic and stochastic constraints [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2008, 56(3): 937-948.
- [3] Cheng Y Z. Mean shift, mode seeking, and clustering [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1995, 17(8): 790-799.
- [4] Comaniciu D, Ramesh V, Meer P. Kernel-based object tracking [J]. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2003, 25(5): 564-577.
- [5] Chen J J, An G C, Zhang S F, et al. A mean shift algorithm based on modified parzen window for small target tracking [C]//IEEE ICASSP. Texas, USA: IEEE, 2010: 1166-1169.
- [6] Wang J Q, Yagi Y. Adaptive mean-shift tracking with auxiliary particles. [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 2009, 39(6): 1578-1589.
- [7] An G C, Chen J J, Zhang F J, et al. Target tracking based on Mean Shift with improved weights [J]. Journal of Image and Graphics, 2011, 16(7): 1283-1288. [安国成,陈建军,张凤军,等.改进权值计算的均值移动目标跟踪[J].中国图象图形学报,2011,16(7): 1283-1288.]
- [8] Swain M J, Ballard D H. Color indexing [J]. International Journal of Computer Vision, 1991, 7(1): 11-32.
- [9] Chen J J, An G C, Zhang S F, et al. Small target tracking based on histogram interpolation mean shift [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2010, 32(9): 2119-2125. [陈建军,安国成,张索非,等.基于直方图插值的均值移动小尺寸目标跟踪算法[J].电子与信息学报,2010,32(9): 2119-2125.]