

文章编号:1001-9081(2010)01-0058-03

## 基于时空背景差的带跟踪补偿目标检测方法

王涛<sup>1,2</sup>,熊运余<sup>1,2</sup>

(1. 四川大学 计算机学院, 成都 610064; 2. 四川大学 视觉合成图形图像技术国防重点学科实验室, 成都 610064)

(wangbat@hotmail.com)

**摘要:**视频目标检测中,光照变化、摄像机噪声和错误背景更新是目前的难题。提出一种带跟踪补偿的时空背景差彩色图像运动目标检测方法。首先,建立混合高斯背景模型,通过在彩色图像差分中加入影响因子消除光照变化;接着,通过帧间差分及邻域差分,加上运动跟踪种子补偿,获得真实运动目标的种子点;在背景差分粗前景基础上,根据连通区域运动种子点过滤法,检测出最终的真实而且完整的前景目标。通过多个实际视频监控的视频数据集的实验,结果表明该方法的目标检测准确率和完整性均有很大程度的提高。

**关键词:**时空背景差;光照变化;跟踪补偿;运动检测

**中图分类号:** TP391.41 **文献标志码:** A

## Object detection method with tracking compensation based on space-time background difference

WANG Tao, XIONG Yun-yu

(1. College of Computer Science, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610064, China;

2. Key Laboratory of Fundamental Synthetic Vision Graphics and Image Science for National Defense, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610064, China)

**Abstract:** Varying illumination, noise of camera and inadequate background update are the challenges in the current video object detection. A moving object detection method with tracking compensation in color images based on space-time background difference was proposed. First, this paper established a Gauss background mixture model; and eliminated the varying illumination by adding impact factor in the color image difference. Then frame difference and domain difference were fused with moving tracking seeds compensation to get the seeds of real moving objects; based on the rough foreground which was got by background difference, according to the filter method based on the moving seeds which connected the region of moving objects, the final real and integral foreground target was found. The data collected from many real surveillance videos show that the accuracy and integrity of object detection are greatly improved by using this method.

**Key words:** space-time background difference; varying illumination; tracking compensation; motion detection

### 0 引言

背景差分方法是图像中运动分割中最常用的方法。它是利用当前图像与背景模型图像相差分并阈值化来检测出运动物体的一种技术。背景模型的好坏,直接影响到后期的判别和检测效果。根据文献[1-4],由Stauffer等提出的自适应混合高斯模型,将每个图像点采用多个高斯模型混合表示,各高斯分布具有不同的权值和优先级,按照优先级从高到低排序,取定权值大于某个阈值的若干个分布为背景分布,其余为前景分布。在运动检测时,将每帧中各点与各高斯背景分布逐一匹配,若没有表示背景的高斯分布与之匹配,则判断该点为前景点,否则为背景点。在没有任何高斯分布与之匹配时,整个背景模型进行更新。

自适应混合高斯模型能有效去除场景中的树叶、纸片晃动等带来的噪声,提高检测效果,但仍不能有效地消除光照的剧烈变化以及背景更新等因素带来的噪声,本文在自适应混合高斯模型的基础上提出一种带跟踪补偿的时空背景差彩色图像运动目标检测算法。该算法先将像素三原色的方差考虑到背景减除里,在彩色图像差分中加入影响因子消除光照变

化,再通过帧间差分及基于空间信息的邻域差分,消除背景更新,摄像机抖动等引起的噪声;接着加上运动跟踪种子补偿,获得真实运动目标的种子点;在背景差分粗前景基础上,通过连通区域运动种子点过滤法,得到真实而完整的前景目标。

### 1 光照变化消除

由于电灯闪烁、云层遮挡阳光等原因,可能会引起室内、室外光线的剧烈变化,导致场景背景图像的各个颜色分量的突然变化,分割得到的前景中会出现大量的噪声。图1为某银行外视频监控采集的光照变化检测示意图。可以看到,由于户外强烈的自然光变化,造成了分割得到的前景中存在大量的噪声。

对于彩色图像,因为光照变化引起颜色值 $r, g, b$ 变化,三个分量的改变基本相同,从而 $(r, g, b)$ 差分的方差比较小,本文考虑将像素三原色的方差考虑到背景减除里,在差分函数里加入这个方差作为影响因子,来消除光照和阴影的影响,改进的彩色图像差分见式(1),其中 $\Delta p_{x,y}$ 是像素点三原色的欧式距离, $c$ 和 $b$ 分别对应当前帧图像和背景图像, $cov$ 作为相关性系数。

收稿日期:2009-07-16;修回日期:2009-09-07。 基金项目:国家863计划项目(2007AA01Z328)。

作者简介:王涛(1984-),男,四川成都人,硕士研究生,主要研究方向:图像处理、模式识别;熊运余(1979-),男,四川广安人,博士研究生,主要研究方向:计算机视觉、模式识别、图像融合。

$$d_{x,y} = \sqrt{\|\Delta p_{x,y}\| \times \text{cov}(\Delta p_{x,y})} \quad (1)$$

其中  $\Delta p_{x,y} = (r_c, g_c, b_c)_{x,y} - (r_b, g_b, b_b)_{x,y}$ 。光照变化区域的相邻像素点,光照变化基本相同,设当前图像为  $I(x,y)$ , 对应背景为  $I'(x,y)$ , 令:

$$\begin{cases} d(x,y) = \ln \frac{I(x,y)}{I'(x,y)} = \ln(I(x,y)) - \ln(I'(x,y)) \\ d'(x,y) = \ln \frac{I'(x,y)}{I'(x+1,y)} = \ln(I'(x,y)) - \ln(I'(x+1,y)) \end{cases} \quad (2)$$

基本上,光照变化区域保留了该区域的纹理信息,也就是上式  $d(x,y)$ 、 $d'(x,y)$  的差值小于一定阈值可以作为判定光照变化的准则之一,然而基于像素级的比值不变性,可能会出现某些奇异点,因此考虑空间连续性来消除孤立的奇异点。定义邻域小窗口  $\omega$  (以  $(x,y)$  为中心,  $\omega$  长  $\times$   $\omega$  宽), 其不变性判别函数定义如下:

$$\varphi(x,y) = \sum_{(i,j) \in \omega} |d(i,j) - d'(i,j)| \quad (3)$$

邻域光照比值不变性的  $t$  时刻光照变化  $IC$  判别为:

$$IC_t(x,y) = \begin{cases} 1, & \varphi(x,y) \leq \lambda \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

其中  $\lambda$  为阈值。

光照变化消除效果见图 1(d) 可以看出本文方法消除了大部分因光照变化而产生的前景噪声,同时又较好地保证了真实前景的完整性。

前文消除光照变化带来的噪声后,前景仍然可能存在其他噪声,这是因为未能完全消除背景更新、光线变化和摄像机噪声等引起的前景噪声问题。根据文献[5-9],本文在时空背景差基础上,先得到背景差分,再通过改进的邻帧差运动种子法来进一步消除前景噪声。

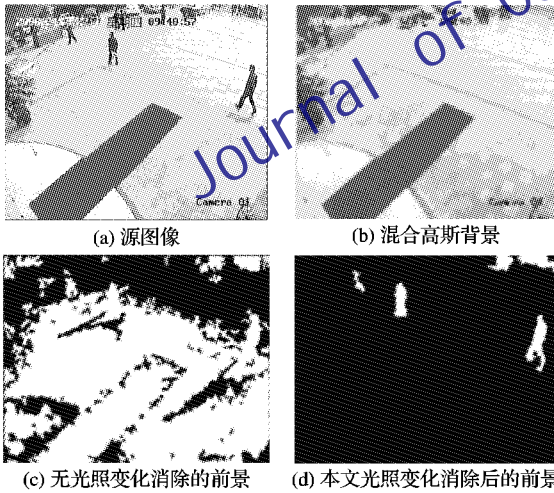


图1 室外光照干扰消除示例

## 2 背景差分

在混合高斯背景下,只要输入像素值和其中的任何一幅高斯背景匹配,则认为该像素为背景,而输入像素值与该像素点的所有背景都不匹配,则认为是前景<sup>[10]</sup>。背景差分:

$$D_{bt}(x,y) = \min_k |I_t(x,y) - B_t^k(x,y)|; \quad \forall k \in \{1, 2, \dots, q\} \quad (5)$$

其中:  $I_t(x,y)$  为像素  $(x,y)$  在  $t$  时刻输入值;  $B_t^k(x,y)$  为像素  $(x,y)$  在  $t$  时刻构建的第  $k$  个背景图像,假设背景图像总数为  $q$ 。

基于背景差分的运动分割:

$$M_{bt}(x,y) = \begin{cases} 1, & D_{bt}(x,y) > \delta_b \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

其中  $\delta_b$  为阈值。

## 3 邻帧差运动种子法

基于帧间差分的运动检测即帧差法<sup>[10]</sup>,它根据相邻帧或隔帧图像间亮度变化的大小来检测运动目标,能实现实时处理且对光线变化不敏感。帧间差公式如下:

$$D_{ft}(i,j) = |I_t(i,j) - I_{t-s}(i,j)| \quad (7)$$

其中  $s$  为帧间隔,  $s$  通常取  $1 \sim 3$ , 由于行人运动速度较慢,我们在行人目标检测中采用的前第三帧进行差分。为避免重复计算,帧间差运动检测只针对  $M_b$  ( $M_b$  为直接背景差分结果) 中的前景区域进行,帧间差分运动检测公式如下:

$$M_{ft}(i,j) = \begin{cases} 1, & D_{ft}(i,j) > \sigma_f \text{ 且 } M_{bt}(i,j) = 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (8)$$

式中  $\sigma_f$  为门限值。为提高效果,对得到的差分图像先进行了形态学膨胀处理。接着对背景差分图像进行八连通标记,计算每个标记块的邻帧差前景数并作为该连通标记块的运动种子数。设连通集  $S_i = \{(s_i^{(n)}), n = 1, \dots, N\}$ , 则连通体  $k$  对应的种子计算公式为:

$$S_k = \sum_{(m,n) \in S_k} |M_{ft}(m,n)| \quad (9)$$

消除种子点数小于一定阈值的无效前景,即判定种子数符合一定阈值来判定是否为真实运动前景,真实前景的计算见式(10),式中  $S_k$  为  $(i,j)$  所属连通体  $k$  的种子总数,  $\gamma$  为连通体运动种子阈值,一般根据目标面积大小经验性调整。

$$M_{nt}(i,j) = \begin{cases} 1, & M_{bt}(i,j) = 1 \text{ 且 } S_k > \gamma \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

图2是邻帧优化的具体示例,图中(a)为混合高斯背景,(b)、(c)为源图像,(d)为消除光照变化后未加邻帧优化前景,(e)为邻帧差后形态学膨胀腐蚀处理结果,(f)为邻帧优化后的前景。从图中可以看出,图(d)中出现了好几处前景噪声,图(e)滤掉了大多数噪声,但同时造成了前景较大的损失,图(f)为在图(d)基础上进行连通体种子数判断后的结果,在消除噪声的基础上,前景的完整性得到很好的保留。

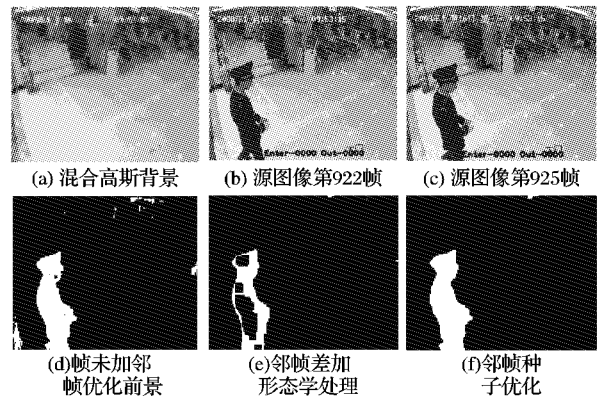


图2 邻帧优化消除前景噪声的示例

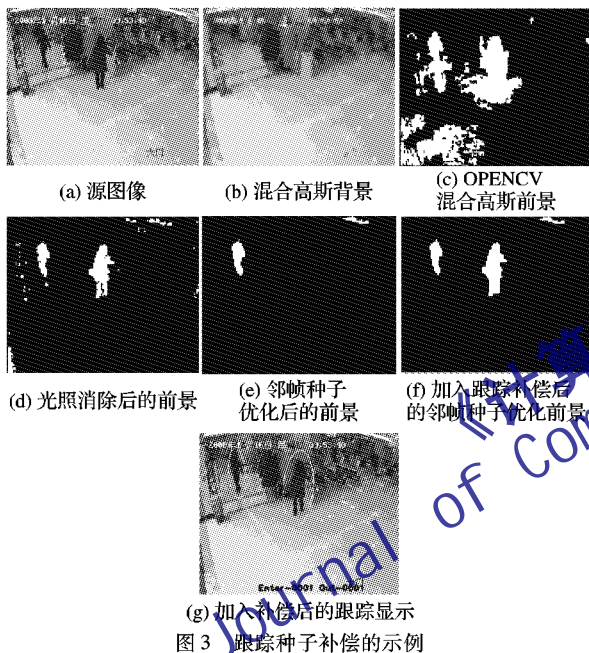
## 4 跟踪结合种子补偿优化

在某些情况下,邻帧差法会导致分割出的运动目标出现拉伸、空洞的现象;而当前景运动很慢且时间间隔选择不合适时,容易出现检测不到物体的情况,当目标运动很慢且时间间隔选择不合适时,容易出现种子点达不到阈值的情况。为此,

提出跟踪结合种子补偿方法,对建立跟踪的运动目标 BLOB,定义跟踪 BLOB 邻域小窗口  $\omega$  (以 BLOB 预测位置 ( $CenterX$ ,  $CenterY$ ) 为中心),在其估计位置  $\omega$  区域进行人工种子补偿,改写式(8)如下:

$$M_f(i, j) = \begin{cases} 1, & D_f(i, j) > \sigma_f \text{ 且 } M_{bc}(i, j) = 1 \\ & \text{或 } (i, j) \in \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (11)$$

图3为跟踪种子补偿的例子,(a)为源图像,(b)为混合高斯背景,(c)为 OPENCV 混合高斯前景,(d)为未进行邻帧种子优化前的本文方法,(e)为进行了邻帧优化,但是未进行跟踪补偿的前景,(f)为加入跟踪补偿的邻帧种子优化的前景检测,(g)为根据(f)得到的跟踪显示。可以看出,(e)中属于前景的两行人中的一人,因为停下来去取号牌,而导致在邻帧种子优化算法中被滤掉了,图3(g)采用运动跟踪补偿后获得了正确的前景,同时成功滤掉了噪声。



## 5 带补偿的运动种子法算法流程

具体的带运动种子补偿的邻帧优化算法实现如下,图4为根据算法各步骤得到的结果:

步骤1 首先进行高斯平滑处理,建立高斯混合背景,将视频中某一帧作为相邻帧前帧 pLast,与背景差分得到前景粗差分结果  $M_b$ ,如图(a);

步骤2 记新的视频帧为相邻帧后帧 pFrame,同样,利用步骤1得到新的粗差分结果  $M_f$ ,如图(b);

步骤3  $M_b$  进行帧间差分,得到  $M_r$ ,如图(c);

步骤4 在  $M_r$  中遍历跟踪的 BLOB 链表,对 BLOB 预测质心  $3 \times 3$  的区域进行运动种子补偿,得到  $M_{r1}$ ,如图(d);

步骤5 对  $M_b$  的二值图像进行八连通标记,在标记过程中,判断连通体是否在  $M_{r1}$  中有运动种子点,如果有,则保留为真实前景,否则该连通体设置为前景噪声。处理结果即为运动目标真实前景  $M_q$ ,如图(e);

步骤6 将 pLast 更新为 pFrame,  $M_b$  更新为  $M_f$ ;

步骤7 对  $M_q$  进行形态学处理,转后续处理,如图(f);

步骤8 转步骤2。

## 6 结语

本文算法针对光照变化、摄像机噪声等运动目标检测中的难点,在高斯混合背景模型基础上,综合考虑了像素点的颜色、时间、空间等信息,利用  $r$ 、 $g$ 、 $b$  差分的方差作为影响因子来消除剧烈光照变化带来的噪声;再通过邻帧差运动检测算法既有效地消除了摄像机抖动,背景更新等带来的噪声,又保证了前景的完整性;结合 BLOB 运动跟踪,实现种子补偿,从而避免了运动跟踪过程中前景出现拉伸,空洞,甚至丢失的情况。通过多个实际视频监控的视频数据集的实验,证明该算法适用于各种复杂环境,且目标检测准确率和完整性均有很大程度的提高,能够准确检测出运动前景。

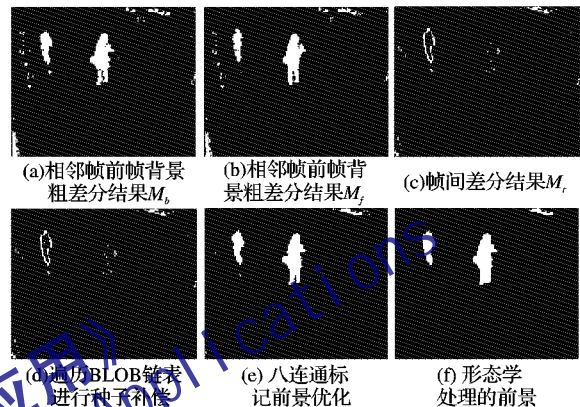


图4 带补偿的运动种子法算法实现示例

### 参考文献:

- [1] STAUFFER C, GRIMSON W. Adaptive background mixture models for real-time tracking [C]// Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. New York: IEEE, 1999: 246-252.
- [2] LI Y. On incremental and robust subspace learning [J]. Pattern Recognition, 2004, 37(7): 1509-1518.
- [3] ZIVKOVIC Z. Improved adaptive Gaussian mixture model for background subtraction [C]// Proceedings of 17th International Conference on Pattern Recognition. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004: 28-31.
- [4] MAHADEVAN V, VASCONCELOS N. Background subtraction in highly dynamic scenes [C]// IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. New York: IEEE, 2008: 1-6.
- [5] 袁晓彤, 郭礼华, 杨树堂. 利用区域变形和背景只更新实现运动对象跟踪 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(5): 921-927.
- [6] 向世明, 陈睿, 邓宇. 在线高斯混合模型和纹理支持的运动分割 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(7): 1504-1509.
- [7] 肖梅, 韩崇昭, 张雷. 基于时空背景差的运动目标检测算法 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006, 18(7): 1044-1048.
- [8] BUGEAU A, PEREZ P. Detection and segmentation of moving objects in highly dynamic scenes [C]// IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. New York: IEEE, 2007: 1-8.
- [9] 姚会, 苏松志, 王丽, 等. 基于改进的混合高斯模型的运动目标检测方法 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2008, 47(4): 1-7.
- [10] WANG YANG, LOE K F, WU J K. A dynamic conditional random field model for foreground and shadow segmentation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2006, 28(2): 279-289.