

# 室内夜间微弱光源下运动目标检测和阴影去除

刘景波 秦 娜 金炜东

(西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 610031)

**摘要** 提出一种新的室内夜间微弱光源照明情况下的运动目标检测方法。首先进行背景建模, 获取稳固的背景图像, 之后对背景和当前帧图像进行图像增强处理, 提高其清晰度; 采用相对背景减法检测前景运动目标, 并对差分图像进行去噪和修补; 利用前景目标区域、阴影区域和背景区域像素亮度值存在差异的特点, 检测和去除背景差分图像中可能存在的阴影, 获得准确的运动目标。在室内夜间环境下采集视频进行试验, 结果验证了所提方法的有效性。

**关键词** 图像处理; 运动目标检测; 背景减; 微弱光源; 阴影去除

中图分类号 TP391.41 文献标识码 A doi: 10.3788/CJL200835s2.0341

## Moving Object Detection and Shadow Elimination in Indoor Night Environment with Weak Lighting

Liu Jingbo Qin Na Jin Weidong

(School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China)

**Abstract** A novel object detection algorithm is proposed for moving object detection under weak lighting. Firstly, background model is trained for obtaining steady background image. Definition of the background and current frame image are improved by image enhancement processing. Secondly, foreground objects is got by background subtracting method and the difference image is de-noised and mended. Finally, shadow in difference image is eliminated and exact moving object is got by different brightnessly between foreground, shadow and background. The effectiveness of the proposed method is demonstrated experimentally with several video clips collected in a indoor night environment.

**Key words** image processing; moving object detection; background subtraction; weak lighting; shadow elimination

### 1 引 言

视频监控是当前计算机视觉领域内一个重要的研究课题, 主要针对对包含运动目标的图像视频序列进行分析处理, 包括目标检测、分类和跟踪, 以及行为理解与描述等<sup>[1,2]</sup>。其中, 运动目标检测是视频监控中的基础和重要环节, 对于目标分类、跟踪和行为理解等后期处理非常重要。常用的检测方法主要包括: 背景减法<sup>[3,4]</sup>、帧差法<sup>[5]</sup>和光流法<sup>[6]</sup>等。背景减法以其实现快速简单, 能够有效分割出运动目标和易于硬件实现等优点而获得广泛应用, 但它对动态场景的变化特别敏感, 易受干扰。

目前大多数运动检测算法侧重于日间正常光源情况下的研究, 夜间情况下, 光线不足, 环境昏暗, 背景与前景运动目标的亮度和颜色对比度很低, 导致

用普通 CCD 摄像机拍摄所获得的图像的亮度、对比度和信噪比都较低, 几乎没有彩色信息<sup>[7]</sup>, 从而不易准确地检测到前景运动目标。而且, 光源位置和角度的变化, 对监控效果也有较大的影响。此时, 采用红外线摄像机虽然可以得到清晰的拍摄质量, 达到较好的侦测效果, 但红外线摄像机价格较为昂贵, 一般用户不易接受。

本文主要研究室内在夜间具有微弱光源情况下采用普通 CCD 摄像机进行运动目标检测的方法。此种监控环境条件下, 帧差法难以得到较好的前景, 光流法则不易找到一致性的像素点, 因此考虑以背景减法为基础构建有效的室内夜间运动目标检测方法。首先, 进行背景建模, 获得稳固的背景图像, 并根据场景变化对其实时更新; 其次, 针对低质量的背

**作者简介:** 刘景波(1979—), 男, 博士研究生, 主要从事图像处理、智能视频监控等方面的研究。E-mail: lj79@126.com

**导师简介:** 金炜东(1959—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事智能信息处理、系统仿真与优化等方面的研究。

E-mail: wdjin@home.swjtu.edu.cn

景和当前图像进行增强处理,改善和提高画质;最后,采用相对差分背景减法检测前景运动目标,对检测结果进行去噪和修补,并去除可能的阴影,得到准确的前景运动目标。

## 2 背景建模

### 2.1 背景初始化

背景初始化是背景减法中最重要且首先要被完成的部分<sup>[8]</sup>。夜间室内,运动目标一般较少,故采用一种快速动态背景初始化方法,以获得稳定的背景图像。首先,取  $N$  帧图像(对于夜间室内环境,一般为 5~15 s 内的视频帧图像);其次,统计每个像素点  $(x, y)$  各个颜色通道(RGB)强度值的直方图,选取具有最大冗余度的强度值  $I_c(x, y)$  作为初始背景图像像素值的候选值,这里,  $c$  分别代表 R、G 和 B 三个颜色通道;最后,将  $I_c(x, y)$  与以像素点  $(x, y)$  为中心的  $k \times k$  小邻域内的其他候选值的均值  $\mu_c$  比较( $k$  值为 2),若  $I_c - \mu_c < 3\delta_c$ ,  $\delta_c$  为该小邻域中所有值的方差,则将  $I_c(x, y)$  作为该点的初始背景图像像素值,否则,则选取次最大冗余度的强度值再进行判断,以选取满足条件的初始背景像素值,最终建立一个初始背景图像,供后续背景减法使用。

### 2.2 背景更新

背景图像建立后还需随着时间不断更新以适应环境的变化。已有的背景图像自适应更新方法大致分为两类<sup>[9]</sup>:建立背景模型并采用自适应方法对模型参数进行调整,从而获得新的背景图像;从过去的一组观测图像中按照一定的假设选择像素灰度构成当前的背景图像。Surendra 算法<sup>[10]</sup>就属于第二类方法,算法核心在于通过直方图统计和经验取值而区分当前帧图像中的前景区域和背景区域。当前帧图像中的背景区域像素值和背景图像中的相应区域加权平均,作为当前背景图像中背景区域的像素值,前景区域则保持原来像素值不变。该算法能较快地适应背景中光照的变化和场景中物体的变化,适应时间较短,算法步骤如下:

- 1) 将初始化所获背景图像作为背景  $B_0$ ;
- 2) 选取阈值  $T$ ,初始迭代次数  $m=1$ ,最大迭代次数为 MaxSteps;
- 3) 求当前帧与其前一帧图像的差分图像  $D_t$ :

$$D_t = \begin{cases} 1, & |I_t - I_{t-1}| \geq T \\ 0, & |I_t - I_{t-1}| < T \end{cases} \quad (1)$$

- 4) 由二值图像  $D_t$  更新背景图像  $B_t$ ,即

$$B_t = \begin{cases} B_{t-1}(x, y), & D_t = 1 \\ \alpha \times I_t + (1 - \alpha) \times B_{t-1}(x, y), & D_t = 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $B_t, D_t$  分别为背景图像和当前帧帧间差分二值图像的灰度值;  $I_t$  为输入的第  $t$  帧图像;  $\alpha$  为迭代速度系数;

5) 迭代次数  $m = m + 1$ ,返回 3);当迭代次数  $m = \text{MaxSteps}$  时,结束迭代,此时的  $B_t(x, y)$  可视为最新的背景图像。

## 3 图像增强处理

一般来说,在夜间微弱光源环境下拍摄所得图像,其 R、G、B 像素值大约分布于 0~90,对比度相当低,视频画质普遍较暗且噪声较多,难以有效识别出前景运动目标。为了提高运动目标的检测效果,需要对图像进行增强处理,增加其清晰度。常用的图像增强方法中,对比度增强法能够利用图像的局部信息提高图像的局部对比度;直方图均衡化则是把原始图像的直方图变换为均匀分布形式,以增加像素灰度值的动态范围,从而达到增强图像整体对比度的效果。对比度增强和直方图均衡化处理可以使昏暗的图像画面变得明亮清晰。但太过锐利的画面,会导致背景相减时噪声过多。因此,再使用  $3 \times 3$  的模板对经过上述处理过的图像进行模糊化处理。模糊化的目的在于求局部像素的平均值,像素平均的结果将能抹平图像中过多的噪声。背景和当前帧图像经过上述处理后,进行背景减法时将能更清楚地检测出前景运动目标。

## 4 运动检测

### 4.1 背景减法

获得清晰度提高的背景和当前帧图像后,用背景减法进行运动目标检测。背景减法的一般做法是判断当前帧图像与背景图像的差分值是否大于设定阈值,如果大于,则判定该像素属于前景运动目标,表示为

$$|I_t(x, y) - B_t(x, y)| > T, \quad (3)$$

式中  $B_t(x, y), I_t(x, y)$  是某一像素的特征值或是某些特征的组合,可以是图像的亮度,也可以是亮度、颜色和位置等信息的组合。 $T$  为阈值,通常根据先验知识确定。然而,在室内夜间昏暗的环境下,图像的对比度很低,直接采用(3)式进行背景减法,合适的阈值  $T$  将难以确定,不利于图像的二值化。因此,采

用相对差分方法来代替绝对差分方法,以增加在昏暗环境下的前景和背景的对比度,表示为

$$\frac{|I_i(x,y) - B_i(x,y)|}{B_i(x,y)} > T. \quad (4)$$

#### 4.2 图像后处理

背景减后的背景差分图图像会因为前景运动目标与背景的像素值过于接近,而容易出现碎化和破洞现象,难以获得比较完整的前景运动目标,而且可能还含有噪声,严重影响到后续追踪及行为分析等研究的有效性。因此使用形态学方法对背景差分图图像进行后处理。首先,运用形态学中的开运算初步将噪声去除并修补破洞;其次,对于经过形态学处理后的连通域,计算其面积,对于面积小于一定值的区域,不视为是前景运动目标,将其抛弃。本文在开运算中所用结构元素为  $3 \times 3$  的方形结构。经过处理,能够获得包含前景运动目标主要部分在内的区域。

#### 5 阴影去除

室内夜间微弱光源环境下,光源的位置和角度会使检测到的前景运动目标伴随多变的阴影,给检测结果带来误判,因此,需要对运动目标检测结果进行阴影的检测和去除。在夜间昏暗的环境中,阴影的像素亮度值通常比前景目标的像素亮度值大,但又会比背景的像素亮度值小,存在着一定的关系<sup>[11,12]</sup>,因此,可以利用这种特点对阴影进行检测和去除。因为是利用像素亮度值(灰度值)作为检测

的属性,采集所得的视频图像又都是 RGB 色彩空间,因此,检测直接在 RGB 色彩空间中进行。阴影检测和去除的具体方法如下:

1) 计算背景图像与当前帧图像的像素值差距,若  $D_r$ 、 $D_g$  和  $D_b$  皆大于零,则表示此像素点比背景点暗,可能为阴影,继续进行判断。这里,  $D_r$  为 r 值差距,  $D_g$  为 g 值差距,  $D_b$  为 b 值差距。

$$D(r,g,b) = B(r,g,b) - I(r,g,b). \quad (5)$$

2) 针对可能的阴影点,分别计算其  $(D_r, D_g)$ 、 $(D_g, D_b)$  和  $(D_b, D_r)$  的比值,通常阴影区域像素点的颜色信息会与背景图像相近,而前景区域像素点的颜色信息会与背景图像有明显差异。因此,若  $R(rg) > T(rg)$  或  $R(gb) > T(gb)$  或  $R(br) > T(br)$ ,则代表此像素点的 r、g、b 值差距不一致,判断为前景点;反之则为阴影点,予以去除。

$$\begin{cases} R(rg) = \min(D_r, D_g) / \max(D_r, D_g), \\ R(gb) = \min(D_g, D_b) / \max(D_g, D_b), \\ R(br) = \min(D_b, D_r) / \max(D_b, D_r), \end{cases} \quad (6)$$

式中,  $R(rg)$  为像素点的 r、g 差距比值,  $R(gb)$  为像素点的 g、b 差距比值,  $R(br)$  为像素点的 b、r 差距比值,  $T(rg)$ 、 $T(gb)$  和  $T(br)$  为三个阈值,依据经验设定。

#### 6 实验结果

实验环境为夜间的办公室室内空间。拍摄设备为镜头不可调节的普通 CCD 摄像机,拍摄时摄像机

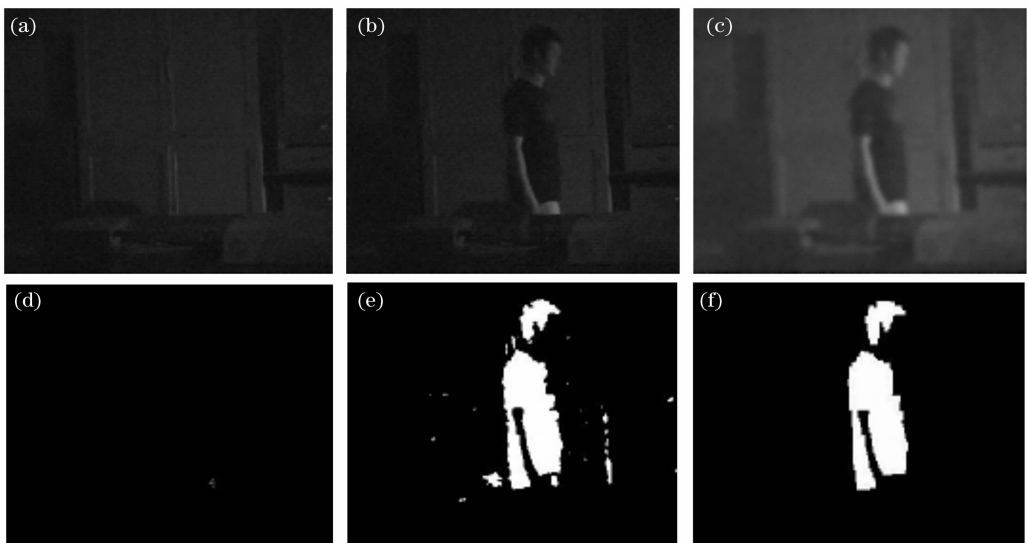


图1 实验1结果。(a)背景图像,(b)当前帧图像,(c)增强后的当前帧图像,(d)传统差分图像,(e)增强后的差分图像,(f)去噪和修补后的差分图像

Fig.1 Experimental results of target 1. (a) Background image, (b) current image, (c) current image with enhancement, (d) traditional difference image, (e) difference image after enhancement, (f) difference image after de-noising and mending

静止。常见的室内微弱光源有天花板夜灯、壁灯和低亮度的台灯等,实验中为低亮度的台灯,且为一台。首先用摄像机预先录制含有运动目标的场景,然后对录制的视频进行测试。实验使用的计算机设备为 P4 1.7 G 处理器,512 M 内存的 PC 机,软件平台采用 Matlab R2007b。分辨率为  $352 \text{ pixel} \times 288 \text{ pixel}$ ,处理速度约为 10 frame/s。

图 1 和图 2 分别是两个不同目标的检测结果。可以看出,若直接采用传统的背景减法则无法检测

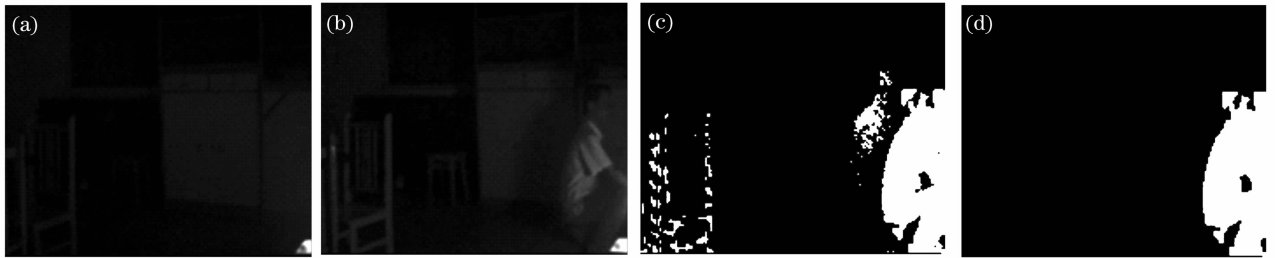


图 2 实验 2 结果。(a)背景图像,(b)当前帧图像,(c)包含阴影和噪声的差分图像,(d)消除阴影和噪声后的差分图像  
Fig. 2 Experimental results of target 2. (a) Background image, (b) current image, (c) difference image with shadow and noise, (d) difference image after eliminating and de-noising

## 7 结 论

针对室内夜间微弱光源环境条件下,光线不足导致在使用普通 CCD 摄像机监控时,运动目标检测效果差的问题,提出一种新的处理方法。通过夜间在室内采集监控视频进行实验,结果验证了本文方法能够克服夜间室内光线不足给监控效果带来的不利影响,在具有微弱光源的情况下,能准确地检测到运动目标,并能识别和去除运动目标可能存在的阴影,正确地将运动目标从背景中分离出来。检测效果表明采用该方法可以在室内使用普通 CCD 摄像机进行监控。

## 参 考 文 献

- Collins R T, Lipton A J, Kanade T. A system for video surveillance and monitoring[R]. Pittsburgh: Robotics Institute, Carnegie Mellon University, 2000
- Liu Guixi, Shao Mingli, Liu Xianhong *et al.*. Video moving object auto-extraction in real scene[J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(8): 1150~1155  
刘贵喜,邵明礼,刘先红等. 真实场景下视频运动目标自动提取方法[J]. *光学学报*, 2006, **26**(8): 1150~1155
- Cohen I, Medioni G. Detecting and tracking moving objects for video surveillance[C]. *Proc. of the IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, 1999. 325
- Stauffer C, Grimson W E L. Adaptive background mixture

到运动目标,如图 1(d)所示。而用本文提出的方法则可有效地检测出运动目标,并能为后续处理提供相对完整的目标图像。

夜间室内环境监控条件比较恶劣,背景和运动目标颜色的差异度,微弱光源的数量、位置和角度,背景物体表面对光线的反射率,运动目标的数量、运动状态和运动速度等,都严重影响检测到检测效果,需要进一步深入研究解决。

- models for real-time tracking[C]. *Proc. of the IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1999. 246~252
- Lipton A J, Fujiyoshi H, Patil R S. Moving target classification and tracking from real time video[C]. *Proc. of the Workshop on Application of Computer Vision*, 1998. 8~14
- Smith S M, Brady J M. ASSET-2: Real-time motion segmentation and shape tracking [C]. *Proc. of Fifth International Conference on Computer Vision*, 1995. 814~820
- Cai Yinghao, Huang Kaiqi, Tan Tieniu *et al.*. Context enhancement of nighttime surveillance by image fusion[C]. *Proc. of the 18th International Conference on Pattern Recognition*, 2006. 980~983
- Xu Fengliang, Liu Xia, Fujimura K. Pedestrian detection and tracking with night vision[J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation System*, 2005, **6**(1): 63~71
- Hou Zhiqiang, Han Chongzhao. A background reconstruction algorithm based on pixel intensity classification [J]. *J. Software*, 2005, **16**(9): 1568~1576  
侯志强,韩崇昭. 基于像素灰度归类的背景重构算法[J]. *软件学报*, 2005, **16**(9): 1568~1576
- Surendra Gupte, Osama Masoud, Robert F. K. Martin *et al.*. Detection and classification of vehicles[J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2002, **3**(1): 37~47
- Horprasert T, Harwood D, Davis L. A statistical approach for real-time robust background subtraction and shadow detection [C]. *Proc. IEEE ICCV' 99 Frame-Rate Workshop*, 1999
- Prati A, Mikic I, Grana C *et al.*. Shadow detection algorithm for traffic flow analysis: a comparative study [C]. *Proc. of the IEEE International Transportation System Conference*, 2001. 340~345