

## 交通监控系统中基于多源信息融合的运动阴影检测

肖梅<sup>1</sup>, 韩崇昭<sup>1</sup>, 张雷<sup>2</sup>

(1 .西安交通大学电子与信息工程学院, 710049, 西安; 2 .长安大学太白山教学实习基地, 710064, 西安)

**摘要:** 针对目前运动提取算法常将运动阴影错误检测为前景目标的问题, 提出了一种交通监控系统中基于多源信息融合的运动阴影检测算法. 在颜色空间中利用亮度、色度和边缘信息检测阴影的可能区域, 使用逻辑“与”操作融合多源检测结果得到最终的阴影区域. 与其他算法相比, 新算法能更好地区分前景尤其是暗色前景及其阴影, 提高了阴影区域的检测精度, 更准确地实现了运动目标的提取. 仿真实验表明, 对不同颜色和尺寸的前景引起的阴影, 算法都能鲁棒地分离目标及其阴影区域, 前景提取效果好.

**关键词:** 运动阴影检测; 多源信息融合; 交通监控系统

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 0253-987X(2005)10-1077-04

### Moving Shadow Detection Based on Multi-Information Fusion in Traffic Monitoring System

*Xiao Mei<sup>1</sup>, Han Chongzhao<sup>1</sup>, Zhang Lei<sup>2</sup>*

(1 .School of Electronics and Information Engineering, Xi an Jiaotong University, Xi an 710049, China;

2 .Taibai Campus, Chang an University, Xi an 710064, China)

**Abstract:** Aiming at the problem that shadows cast by moving objects in traffic surveillance system were detected incorrectly as a foreground target by all most of the current moving detection algorithm, a method of moving shadow detection based on multi-information fusion was proposed, which can effectively detect the cast shadow of a moving vehicle in traffic image sequence. Luminance information, chrominance information and edge geometry information were used respectively to detect the candidate shadow regions. Finally, an logic AND operation was performed on the above candidate shadow regions in order to find the final shadow regions. Compared to other ways, the proposed algorithm has better results including the foreground segmentation from the moving shadow and detection precision, so the foreground can be extracted successfully. The algorithm has been tested under different conditions. The simulation results show that for the shadows caused by foreground with different color and size, this method can discriminate the target and shadow region effectively and robustly.

**Keywords:** *moving shadow detection; multi-information fusion; traffic monitoring system*

从视频中提取感兴趣的运动目标是交通监控的重要内容, 目前的运动提取算法常将运动前景引起的阴影错误检测为前景目标, 不利于后续的认识和跟踪处理. 阴影检测算法主要分为 2 类: 第 1 类是基于模型的方法<sup>[1]</sup>, 由于模型的建立需要场景、对象和光照等方面的先验知识, 故这类算法只适合特殊场

合中的简单对象的阴影识别与分类; 第 2 类是基于阴影属性的方法, 通过分析边缘<sup>[2]</sup>、纹理信息<sup>[3]</sup>、不同颜色空间<sup>[4,5]</sup>和阴影特征点<sup>[6]</sup>等来检测阴影, 但这类方法无法分辨暗色前景引起的阴影. 本文针对交通监控系统中的运动阴影, 提出了一种在色度、饱和度、亮度(HSV)颜色空间进行的基于多源信息融合

的运动阴影检测算法,能准确地检测不同颜色的前景引起的阴影.

## 1 阴影检测算法

假定背景图像已经从图像序列中构建出来,利用背景减法提取前景目标,再在提取的前景区域执行阴影检测算法,这样可以节省程序运行时间.阴影检测算法在 HSV 颜色空间中利用亮度、色度和边缘信息检测阴影的可能区域,使用逻辑“与”操作融合多源检测结果得到最终的阴影区域.

### 1.1 基于亮度信息检测阴影

由于阴影覆盖区域的亮度值比背景相应区域的亮度值要低,因此当前帧和背景帧亮度差分为正数的像素不可能是阴影.考虑噪声的影响,若前景像素亮度值比背景像素点的亮度值低于一定值  $T_I$  时,则认为该像素点可能为阴影.亮度信息操作的主要目的是检测出比背景暗的区域.基于亮度的阴影检测为

$$S_I(x, y) = \begin{cases} 1, & I_F(x, y) - I_B(x, y) < T_I \quad \text{且} \quad M(x, y) = 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

式中:  $(x, y)$  为像素坐标;  $M$  为提取的二值前景图, 1 为前景点;  $I_F$  为输入图像的亮度值;  $I_B$  为背景图像的亮度值;  $T_I$  为考虑噪声设定的灰度阈值.

### 1.2 基于色度信息检测阴影

与背景相比较,阴影区域的色度信息不变或只有轻微变化,利用 HSV 颜色空间的色度信息,认为色度变化很小的区域可能为阴影区域,基于色度的

阴影检测为

$$S_H(x, y) = \begin{cases} 1, & |H_F(x, y) - H_B(x, y)| < T_H \quad \text{且} \quad M(x, y) = 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

式中:  $H_F$  为输入图像的色度值;  $H_B$  为背景图像的色度值;  $T_H$  为考虑噪声设定的灰度阈值.

### 1.3 基于边缘信息检测阴影

由于交通监控系统背景(通常指道路)纹理信息单一,所以阴影内部区域的边缘密度较低,边缘信息主要集中于外轮廓位置.基于边缘信息检测阴影的目的是设法消除外轮廓边缘,从保留的前景的边缘点构建前景物体,再利用提取的前景图像减去构建的前景,即得到检测的运动阴影区域.为保证程序的实时性,基于边缘信息检测的阴影算法在 HSV 空间的亮度分量中进行,实验结果如图 1 所示.基于边缘信息检测阴影的步骤如下.

1.3.1 对提取的前景区域进行边缘检测 对当前帧  $F$ (见图 1a)中的前景区域采用经典的 Sobel 边缘提取,记为  $E$ .当输入图像中有多个分离的运动前景时,需要分块提取边缘,如图 1c 所示.

1.3.2 去除外轮廓边缘点 由于运动阴影边缘几乎都集中于外轮廓上,故需要去除阴影边缘而保留前景的边缘.对于无噪声的理想图像,采用  $E$  和  $M$  的直接差分即可,实际中由于噪声的存在,直接差分只能去除极少量的阴影边缘,因此本文方法如下.

(1)对  $M$  提取边缘信息,记为  $E_M$ .

(2)对  $E_M$  做数学形态学膨胀操作,记为  $W_E$

$$W_E = E_M \oplus b \quad (3)$$

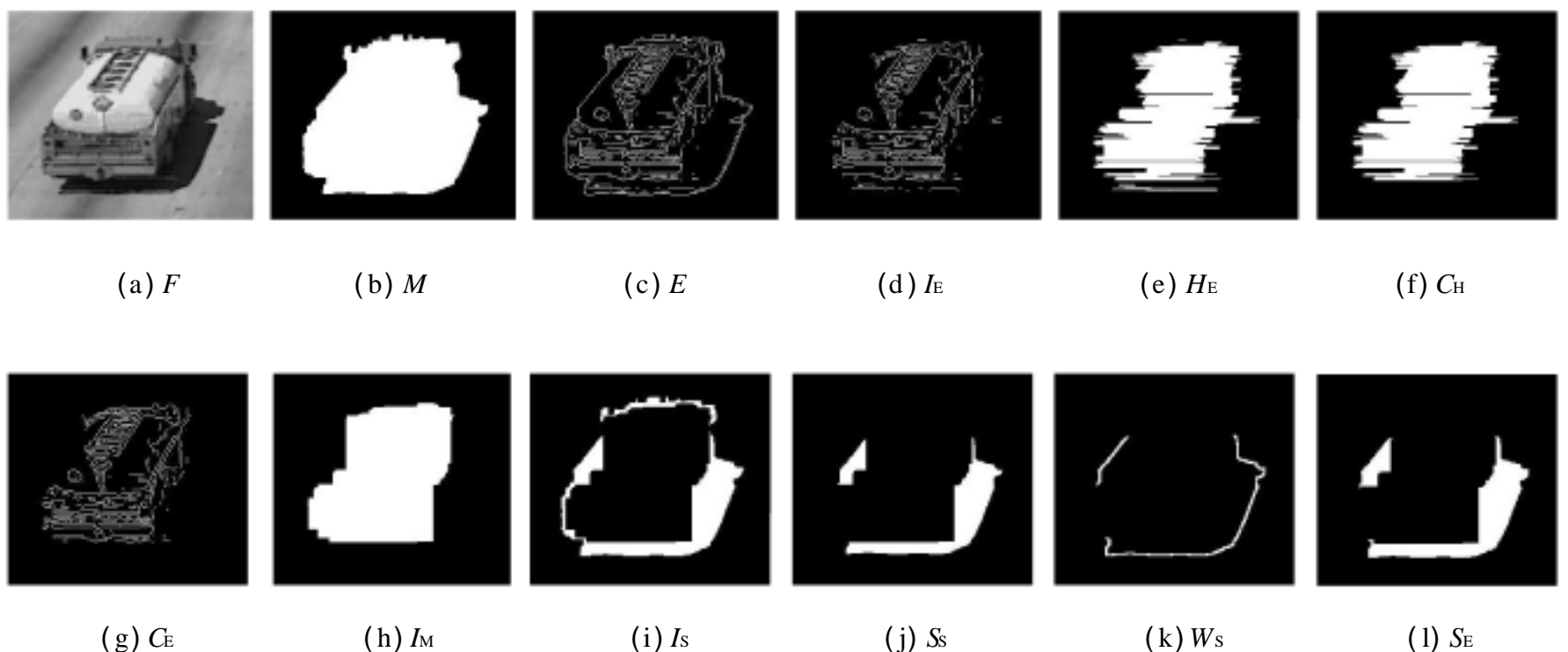


图 1 基于边缘信息的阴影检测

式中:  $b$  为膨胀结构元素, 通常膨胀宽度为 5 ~ 9 个像素, 本文膨胀 7 个像素, 取  $b$  为  $7 \times 7$  .

(3) 得到去除外轮廓边缘点的最初的物体内部边缘, 记为  $I_E$  (如图 1d 所示) .

$$I_E(x, y) = \begin{cases} 1, & E(x, y) = 1 \text{ 且 } W_E(x, y) = 1 \text{ 且 } M(x, y) = 1 \\ \text{其他} & \end{cases} \quad (4)$$

1.3.3 校正前景内部的边缘信息  $I_E$  消除了大部分阴影边缘, 但仍存在一些零星的、远离边缘密集区的噪声点和阴影边缘点, 去除不可靠边缘点对后续的处理比较重要. 校正前景内部的边缘信息分为水平和垂直操作, 以水平操作为例说明如下.

从上到下水平扫描, 寻找每一行中边缘点的起始列和终止列, 认为该行中位于起始列和终止列之间的像素均为前景, 设置为 1, 其余像素位置设定为 0, 得到最初的水平扫描图  $H_E$  (如图 1e 所示). 标记  $H_E$  中的连通区域, 去掉小于 5% 的  $H_E$  总面积的区域块 (这里面积指像素的数目), 得到修正后水平扫描图  $C_H$  (如图 1f 所示) .

垂直操作和水平操作类似, 不再赘述.  $V_E$  和  $C_V$  分别表示垂直操作得到的最初垂直扫描图和修正后垂直扫描图.

经过水平和垂直操作几乎所有不可靠的边缘都已经消除, 个别不可靠的边缘不影响阴影检测结果, 校正后的物体内部边缘图记为  $C_E$  (如图 1g 所示) .

$$C_E(x, y) = \begin{cases} 1, & E(x, y) = 1 \text{ 且 } C_V(x, y) = 1 \text{ 且 } C_H(x, y) = 1 \\ \text{其他} & \end{cases} \quad (5)$$

1.3.4 构建运动物体内部区域 再次对  $C_E$  进行如上所述的水平和垂直操作, 分别记为  $H_C$  和  $V_C$ , 则运动物体内部区域  $I_M$  表示为

$$I_M(x, y) = \begin{cases} 1, & H_C(x, y) = 1 \text{ 或 } V_C(x, y) = 1 \\ \text{其他} & \end{cases} \quad (6)$$

$I_M$  需要利用数学形态学开闭运算填补空洞, 实验结果如图 1h 所示.

1.3.5 最初阴影区 前景模板  $M$  和前景内部区域  $I_M$  差分得到最初的阴影检测结果, 记为  $I_S$ , 实验结果如图 1i 所示.

$$I_S(x, y) = \begin{cases} 1, & M(x, y) = 1 \text{ 且 } I_M(x, y) = 1 \\ \text{其他} & \end{cases} \quad (7)$$

1.3.6 提取  $W_E$  中的阴影区域 从图 1i 中可看出  $I_S$  检出了大多数阴影区, 由于  $I_S$  是针对运动物体内部区域操作得到的结果, 所以  $I_S$  还保留着  $W_E$  部分, 下面需要判别  $W_E$  中的阴影部分.

(1) 寻找阴影的种子点

$$S_S(x, y) = \begin{cases} 1, & I_S(x, y) = 1 \text{ 且 } W_E(x, y) = 1 \\ \text{其他} & \end{cases} \quad (8)$$

(2) 标记  $S_S$  中的连通区域, 去除面积小于 10% 的  $S_S$  总面积的零碎区域, 实验结果如图 1j 所示.

(3) 分块提取  $S_S$  中各个连通块的外接矩形, 将外接矩形向外均匀加宽膨胀结构元素  $b$  的宽度, 在外接矩形以内且和阴影种子点  $S_S$  连通的  $W_E$  部分则被认为是阴影, 记为  $W_S$  (如图 1k 所示) .

1.3.7 基于边缘信息检测的阴影检测 保留  $S_S$  和  $W_S$  的共同部分, 得到基于边缘信息检测的阴影结果  $S_E$  (如图 1l 所示) .

$$S_E(x, y) = \begin{cases} 1, & S_S(x, y) = 1 \text{ 且 } W_S(x, y) = 1 \\ \text{其他} & \end{cases} \quad (9)$$

1.4 基于多源信息融合的运动阴影检测

采用逻辑“与”运算融合前面的检测结果, 得到基于多源信息融合的运动阴影检测

$$S(x, y) = \begin{cases} 1, & S_S(x, y) = 1 \text{ 且 } S_H(x, y) = 1 \text{ 且 } S_E(x, y) = 1 \\ \text{其他} & \end{cases} \quad (10)$$

## 2 实验与比较

对算法进行仿真实验, 选择单前景和多前景的实验结果, 如图 2 和图 3 所示. 选择文献 [2] 中的多梯度方法和文献 [5] 中的 HSV 空间法作比较. 由图 2 可以看出, HSV 空间法和多梯度法无法鉴别黑色车辆和其阴影, 它们将整个前景都认为是阴影区域, 从而导致根本无法检测到前景, 而本文算法则能准确地分割黑色前景和其阴影部分, 实现正确的运动目标提取. 从图 3 可以看出, 多梯度法和 HSV 空间法只能检测出白车引起的运动阴影, 而把旁边的黑车误认为是其阴影被检测出来, 阴影的错判导致错误地提取出前景物体. 对不同颜色的前景引起的运动阴影作实验, 结果表明, 本文算法正确检出了阴影区域, 从而实现了正确的前景分割.

## 3 结 论

本文提出一种交通监控系统中基于多源信息融



合的运动阴影检测算法,该算法无须场景、对象或光照方向等先验知识,能够直接从含有运动前景的图像中检测阴影,有效地去除了阴影,避免了其对后续处理的影响。同时,灰度阈值、色度阈值仅仅是考虑噪声而设定的,在很大的参数变化范围内都可以得到满意的结果。通过对实际图像序列的处理表明,本文算法能够很好地进行阴影检测,从而可正确地分割出真实的前景目标。

#### 参考文献:

- [1] Inoguchi K. Shadow elimination method for moving object detection [A]. Fourteenth International Conference on Pattern Recognition, Brisbane, Australia, 1998.
- [2] Bevilacqua A. Effective shadow detection in traffic monitoring applications [A]. The 11th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, Plzen Bory, Czech Republic, 2003.
- [3] Fung G S K, Yung N H C, Pang G K H, et al. Towards detection of moving cast shadows for visual traffic surveillance [A]. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Tucson, USA, 2001.
- [4] Cucchiara R, Grana C, Piccardi M, et al. Detecting objects, shadows and ghosts in video streams by exploiting color and motion information [A]. 11th International Conference on Image Analysis and Processing, Palermo, Italy, 2001.
- [5] Salvador E, Cavallaro A, Ebrahimi T. Shadow identification and classification using invariant color models [A]. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Salt Lake, USA, 2001.
- [6] Wang J M, Chung Y C, Chang C L, et al. Shadow detection and removal for traffic images [A]. IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, Taipei, Taiwan, 2004.

(编辑 刘 杨)