

文章编号: 1000-5013(2009)01-0042-03

# 采用梯度滤波方法的夜间车辆检测

陈柏生, 陈锻生

(华侨大学 计算机科学与技术学院, 福建 泉州 362021)

**摘要:** 研究视觉交通监控的夜间车辆检测问题, 提出一种基于视频图像处理提取夜间交通车辆完整轮廓的方法. 通过梯度滤波消除路面反光的干扰, 然后对经过预处理的相邻视频帧图像实行三帧差分分割运动区域, 最后设计级联形态学滤波器对获得的车辆轮廓进行规整. 多段典型的夜间交通视频测试结果表明, 方法能有效地消除路面反光和环境光照的干扰, 准确地提取夜间交通车辆的完整轮廓.

**关键词:** 夜间视觉; 交通监控; 梯度滤波; 三帧差分; 级联形态学滤波

**中图分类号:** TP 391.41

**文献标识码:** A

作为全天候的交通监控的一部分, 夜间条件下的车辆监控因其复杂的光照条件一直是一个十分棘手的难题. 一些发达国家采用安装红外摄像机来获取夜间道路图像<sup>[1-2]</sup>, 在检测夜间行人时非常有效, 但检测夜间行驶的车辆时, 仍然会受到车头灯的强光、地面反射光和环境光线的影响, 而且红外摄像机价格昂贵. 目前较为通用的方法是采用普通电荷藕合器件(CCD)摄像机拍摄夜间图像, 通过检测图像中的车头灯来检测车辆<sup>[3-4]</sup>. 刘勃等<sup>[5]</sup>提出使用车辆尾灯来检测夜间车辆的方法. 这些研究都是在环境照度低, 车体很少部分可见的情况下进行的. 事实上, 目前各大中城市的道路夜间光照条件普遍较好, 车体可见度较高, 因此提取车灯不再是夜间车辆检测的唯一方案. 本文通过设计相应的算法, 提取夜间交通车辆的完整区域, 为后续的识别与跟踪提供更丰富的道路车辆信息.

## 1 夜间车辆检测

### 1.1 梯度滤波预处理

滤波器是实现图像增强的重要工具, 按照图像增强的实际效果, 滤波器大致可以分为平滑滤波器和锐化滤波器. 锐化滤波器的主要应用于增强边缘和其他突变(如噪声), 并削弱灰度变化缓慢的区域. 图像锐化处理常常使用一阶微分算子和二阶微分算子来实现, 微分算子的响应强度与图像在应用算子点的突变程度有关. 一阶微分响应与二阶微分响应相比, 具有如下特点: 一阶微分处理通常会产生较宽的边缘, 而二阶微分处理对细节有较强的响应, 如细线和孤立点; 一阶微分处理一般对灰度阶梯有较强响应, 而二阶微分处理对灰度阶梯变化产生双响应. 在图像处理中, 一阶微分是通过梯度来实现的.

有路灯照明的情况下, 车头灯的强光、地面反射光和环境光线可能对检测结果产生严重的影响, 如图1所示. 图1(b), (c)分别为直接使用帧间差分 and 背景差分都不能取得良好的检测效果. 注意到有路灯照明的夜间交通背景亮度分布均匀、紧致, 地面反射光渐变地溶入背景, 边缘十分模糊. 因此, 通过梯度滤波的方法消除地面反射光的影响. 为了保证车体区域像素亮度值保持较高的差异和扩大检测尺度, 以利于后续帧间差分检测算法的实现, 在梯度值的基础上再加上一个常数 $k$ (本文 $k$ 取值128), 有

$$f(i, j) = f(i, j) - f(i-1, j-1) + k. \quad (1)$$

### 1.2 帧间差分检测方法

背景差分 and 帧间差分是运动检测最常用的方法. 背景差分通过当前帧与背景图像相减来检测与背

收稿日期: 2007-10-25

通信作者: 陈柏生(1980-), 男, 讲师, 主要从事图像处理与模式识别的研究. E-mail: samchen@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(A0510020)

景有显著差异的前景区域, 相对能获得较完整的运动区域. 背景差分方法需要构造背景图像并周期地更新背景图像以适应场景的动态变化, 增加了额外的时间和空间花销. 由于车灯和路面反光的影响, 交通场景光线变化频繁, 要获得相对稳定、可靠的夜间背景图像非常困难, 预处理后的背景差分效果如图 1 (e) 所示. 帧间差分方法则是在相邻帧做差来检测运动区域, 实现简单, 运算速度快, 而且帧间差分方法

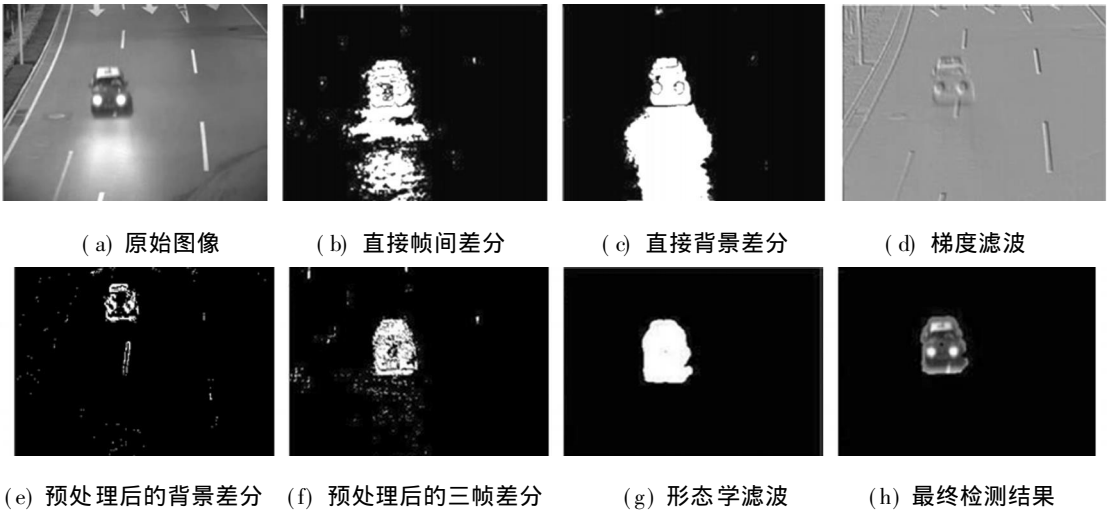


图 1 夜间车辆检测

Fig. 1 Process of night vehicle detection

能够避免由于背景中的车辆运动导致的“鬼影”问题. 帧间差分方法的缺点是容易在运动区域产生空洞, 如图 1(f) 所示. 本文使用级联形态学滤波的后处理进行补偿. 在实验中, 可以发现三帧差分方法比其他帧间差分方法能够获得更优的全局检测效果, 并且对摄像机抖动引入的噪声有很强的抵抗性能. 设当前帧图像为  $I_n$ , 相邻帧差分图像为  $D_n$ , 帧间差分操作为

$$D_n(i, j) = | I_n(i, j) - I_{n-1}(i, j) |. \tag{2}$$

进一步对差分图像施行二值化, 即

$$DD_n(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{if } D_{n-1}(i, j) > T_{n-1}(i, j) \wedge D_n(i, j) > T_n(i, j), \\ 0, & \text{其他.} \end{cases} \tag{3}$$

上式中, 二值化阈值  $T_n(i, j)$  由以该像素点为中心, 尺度的  $N_n = 5 \times 5$  的滑动窗口  $\Omega(x, y)$  获得, 即

$$T_n(i, j) = \frac{1}{N_{\Omega(s, t) \in \Omega(x, y)}} \sum D(s, t). \tag{4}$$

1.3 基于级联形态学滤波的后处理

路面反光、环境光线变化及摄像机抖动引入的图像噪声, 经过梯度滤波预处理后并没有被完全消除, 仍然有一些细小的残余噪声被作为前景像素在帧间差分操作中被检测出来. 帧间差分操作减除了车体区域亮度值高度一致的部分, 容易在提取的车体区域内部产生空洞. 这些检测的误差都将给后续基于区域分析的车辆识别和跟踪造成较大的困扰. 形态学算子是操纵区域对象的形体特征和拓扑信息的有力工具, 其运算效果取决于所采用的结构元的性质、大小和运算的内容. 采用能够较好保持区域形状的圆形结构元的 4 次开闭交互运算的级联形态学滤波算子, 根据对多段典型的夜间交通视频的实验效果及运算效率来确定圆形结构元的半径, 消除噪声区域和填充车辆内部空洞. 所采用的级联形态学滤波操作为 Opening, Closing, Opening, Closing, 其结构元的大小分别为 4, 6, 5, 13.

2 实验结果与分析

图 1(g) 显示了级联形态学滤波的效果, 表明很好地消除了噪声区域和填充车辆区域内部的空洞, 并较准确的保持了车辆区域的完整轮廓. 图 1(h) 显示了运动车辆的最终检测结果. 对多段典型的夜间交通视频进行测试, 并分别统计了场景中的车辆数目  $n$ , 车辆检出率  $\eta_1$ 、误检率  $\eta_2$  和漏检率  $\eta_3$ , 结果如表 1 所示. 图 2 为对夜间路灯照明场景下 600 帧图像序列的检测结果统计. 由表 1, 图 2 可看出, 在夜间路灯照明场景下基本可以做到较高准确率的检测, 误检率都比较低. 这主要是因为实验中最大的干扰因

| 表 1 车辆检测统计                              |              |             |             |             |
|---|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Tab. 1 Statistics of vehicles detection |              |             |             |             |
| 编号                                      | $n/\text{辆}$ | $\eta_1/\%$ | $\eta_3/\%$ | $\eta_5/\%$ |
| 1                                       | 365          | 92.3        | 7.7         | 3.56        |
| 2                                       | 417          | 90.7        | 9.3         | 2.25        |
| 3                                       | 248          | 93.2        | 6.8         | 3.34        |

素,也就是路面的反光区域和车辆投射阴影基本上被梯度滤波预处理消除.误检主要是大型车辆投射出强烈的灯光在路面形成的大面积强反光区域,未能被梯度滤波预处理消除,而被作为运动前景错误检出.漏检现象发生在道路车辆较多的状况下.造成漏检的原因主要是车辆的相互遮挡,大型车辆投射的浓重阴影覆盖其他车辆,多车辆的强烈前照灯光将车辆联结成难以区分的一整片.

### 3 结束语

提出了一种基于梯度滤波和级联形态学滤波的夜间车辆检测方法,用以提取夜间行驶车辆的完整轮廓.相对单纯使用检测车灯、检测车辆的传统方法,该方法可提供更丰富的信息用于监控系统后续的车辆识别和车辆跟踪,解决车辆相互遮挡和大型车辆强光照射导致的漏检问题、提高检出率.利用检测结果开展车型识别和车辆跟踪将是今后研究方向.

#### 参考文献:

[1] SCHREINER K. Night vision: Infrared takes to the road[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1999, 19(5): 6-10.

[2] TSUJI T, HATTORI H, WATANABE M, et al. Development of night vision system[J]. IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, 2002, 3(3): 203-209.

[3] TAKTAK R, DUFAUT M, HUSSON R. Vehicle detection at night using image processing and pattern recognition[M]. Austin: IEEE Computer Society Press, 1994: 296-300.

[4] RITA C, MASSIMO P, PAOLA M. Image analysis and rule based reasoning for a traffic monitoring system[J]. IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, 2000, 1(2): 119-130.

[5] 刘勃,周荷琴,魏铭旭.基于颜色和运动信息的夜间车辆检测方法[J].中国图象图形学报, 2005, 10(2): 187-189.

## Nighttime Vehicle Detection Based on Grad Filtering

CHEN Ba-sheng, CHEN Duan-sheng

(College of Computer Science and Technology, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

**Abstract:** To study the nighttime vehicle detection of the visual traffic surveillance, a real time scheme to abstract vehicles' contour at night for visual traffic surveillance system is proposed in this paper. Firstly, a preprocessing based on grad filtering is employed to eliminate the influence of the reflection of the road. Foreground is then detected by three frame differencing. Moreover, a post processing based on a cascaded morphology filter is exploited to exclude the noises and fill the holes resulting from the operator of inter frame differencing. Experiments are done on several video sequences representing typical night traffic scene. Results show the presented method is able to eliminate the influence of the reflection of the road effectively, and abstract vehicles' contour exactly.

**Keywords:** nighttime visual; traffic surveillance; grad filtering; three frame difference; cascaded morphological filtering

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 吴逢铁)