

基于颜色和运动信息的夜间车辆检测方法

刘 勃 周荷琴 魏铭旭

(中国科学技术大学自动化系,合肥 230027)

摘 要 在城市交通流量视频检测系统中,夜间车辆检测一直是个难题。传统的方法都是基于形态学算子,通过检测车头灯来检测车辆,这种方法运算量较大,而且受环境光线影响比较大,为此,提出了一种基于颜色和运动信息的夜间车辆检测方法。该方法首先利用颜色信息在图像中检测出车辆尾灯,并对车辆尾灯进行连续的跟踪;然后利用运动信息和先验知识对车辆尾灯进行匹配;最后统计出交通流量。实验结果表明,该算法可以准确的检测出夜间正常行驶的车辆,并且能够适应雨天等复杂天气条件。

关键词 智能交通系统 车辆检测 RGB 颜色空间 运动跟踪

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2005)02-0187-05

Vehicle Detection at Night Using Color and Motion Information

LIU Bo, ZHOU He-qin, WEI Ming-xu

(Department of Automation, University of Science & Technology of China, Hefei 230027)

Abstract In the video detection system of urban traffic flow, it is a hard work to detect vehicle at night. The traditional methods are based on vehicle headlights and headlight beams using mathematical morphology, they are sensitive to environment illumination with high computing cost. This paper presents a method based on color and motion information. Firstly, the algorithm detects and tracks vehicle taillights using color information on the images, then matches the detected vehicle taillights using motion information and priori knowledge, finally vehicle flow is computed. As shown in experiments, the algorithm can exactly detect moving vehicles at night and it is robust to rainy conditions.

Keywords intelligent transportation system, vehicle detection, RGB color space, motion tracking

1 引言

交通流量检测是智能交通系统的重要组成部分,传统的交通流量检测是采用埋式感应线圈的方法,由于存在施工复杂、维护困难、会破坏路面等缺点,正逐渐被基于视频的检测方法所替代。在交通流量的视频检测中,夜间车辆的检测一直是个难题,这主要是因为夜间道路光线条件复杂,采用普通 CCD 摄像机很难准确获取车辆的图像。一些发达国家采用安装红外摄像机^[1,2]或者 CCD 摄像机和红外摄像机相结合^[3,4]的方法来获取夜间道路图像,这种方法在检测夜间行人时非常有效,但是在检测

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,而且红外摄像机的价格昂贵。目前通用的方法仍然是采用普通 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^[5,6],这种方法受车灯的强光和地面灯光反射影响特别严重,有时甚至会在摄像机中形成一大片亮斑,此时根本无法进行车辆的准确检测,必须人工去调整摄像机的光圈,显然这种方法不能满足现代交通智能化发展的需求;而且在城市交通中,这种方法受路灯和路边建筑物灯光影响也很大,特别是在雨天,当路面上有很多路灯和建筑物灯光的倒影时,情况更严重,文献[1]、[2]中采用形态学算子来解决这个问题。但是,一方面形态学算子的计算比较

收稿日期:2004-01-08;改回日期:2004-07-20

第一作者简介:刘勃(1977~),男,2000年于中国科学技术大学自动化系获自动控制专业学士学位,现为中国科学技术大学自动化系模式识别与智能系统专业博士研究生。主要研究方向为图像处理、智能交通系统等。E-mail:boliu@ustc.edu

耗时,达不到交通流量检测的实时性要求;另一方面由于车灯在图像中成像面积较小,面积计算往往不准确,而形态学算子,如体态比等对面积比较敏感,对于车灯之类的小目标,形态学算子的计算准确度不高,导致检测准确度下降。

为了很好地解决上面所提到的问题,提出一种通过检测车尾灯来检测车流量的方法。交通流量的视频检测系统中普遍使用的是 CCD 彩色摄像机,获取的彩色图像中各种颜色是由 RGB 三基色构成的,由于夜间光线较暗,车体的颜色信息不能准确获得,但是红色车尾灯的颜色信息能够被摄像机准确的捕捉下来。根据三基色理论,通过分析车尾灯中 R、G、B 3 个色彩分量,可以在夜间彩色图像中检测出车尾灯,并且将车尾灯、交通信号灯和路灯等其他光源区分开来。道路中各种车辆的车尾灯数量不一样,不能简单地将车尾灯数量除以 2 来统计车流量,通过对车尾灯进行连续的跟踪,得到车尾灯的运动信息,再结合同一辆车上车尾灯之间存在固定的位

置关系等先验知识,可以对图像中的车尾灯进行匹配,将属于同一辆车的车尾灯归在一起,这样就可以准确地统计出车流量。在该方法中,摄像机是朝着车辆驶离的方向拍摄,图像受车头强光和地面反光的影响很小,不用人工调整光圈,而且充分利用了颜色信息,不需要计算形态算子,减小了计算量,使得检测速度明显提高,能够满足实时性要求。

2 夜间彩色图像在 RGB 空间上的色彩直方图分析

通过分析夜间彩色图像在 R、G、B 3 个颜色通道上的灰度直方图,可以了解夜间彩色图像中车尾灯的颜色特性。图版 I 图 1 为普通 CCD 彩色摄像机拍摄的夜间交通图像,它在 RGB 空间上的整体灰度直方图如图 1(a)所示,图 1(b)为车尾灯在 RGB 空间上的灰度直方图。

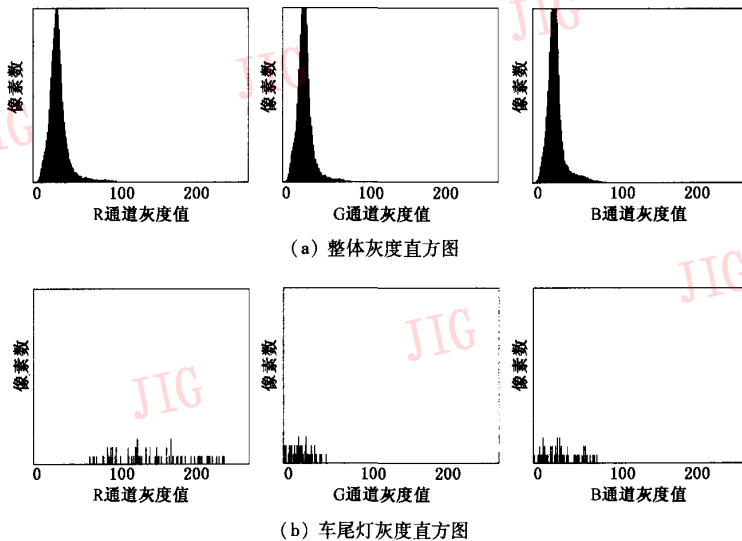


图 1 夜间交通图像 R、G、B 通道的灰度直方图

Fig. 1 R、G、B channel grayscale column graph in night traffic scene

可以看出,夜间彩色图像整体在上 R、G、B 3 个颜色通道上对应点的灰度值都比较接近,表现在色彩直方图上,即 R、G、B 3 个分量的灰度直方图在形状上很相似;而车尾灯区域由于明显的偏红色,R 通道的图像灰度值在 100 以上的像素个数远大于 G 和 B 通道中的个数,并且 R 通道大多数像素的灰度值大于 G 和 B 通道的值。利用这一特性,通过计算图像中各个像素的偏红水平,即 R 通道灰度值在 R、

G、B 3 个通道中所占的比重,可以判断该像素点是否属于车尾灯。

3 夜间车辆的检测和跟踪算法

3.1 算法流程

除了颜色信息外,还需要将车尾灯的运动信息结合起来,才能够将图像中的车尾灯正确分配到所

属的车辆上,这就需要检测出来的车尾灯进行跟踪,图2给出了整个算法的流程。

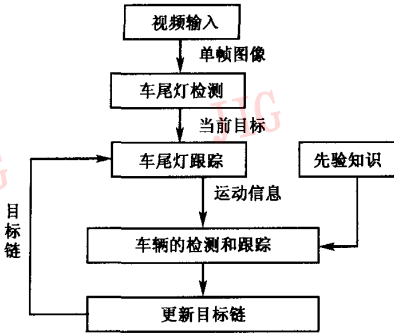


图2 车辆检测和跟踪算法流程图

Fig.2 Vehicle detection and tracking algorithm flow chart

算法首先利用颜色信息,将当前图像中的车尾灯检测出来,并对车尾灯进行跟踪,跟踪算法要用到目标链,目标链中包含了已知的目标,通过对车尾灯的跟踪,可以获取车尾灯的运动信息,根据运动信息和先验知识可以将图像中的车尾灯进行归类,使得同一辆车的车尾灯能够被归为同一类,这样就能获取车辆的位置和运动信息,而车辆的跟踪则已经在对车尾灯的跟踪过程中完成了,最后要更新目标链,为下一帧图像处理做准备。

3.2 车尾灯的检测

通过以上对夜间图像色彩直方图的分析可知,利用R、G、B 3个色彩通道的对应点灰度值的特征可以将车尾灯从夜间图像中分离出来。设 $V_i = (R_i, G_i, B_i)$ 为图像中像素 i 的色彩空间向量。定义像素 i 的偏红水平为

$$r_i = \frac{G_i + B_i}{2R_i} \quad (1)$$

r_i 越小表明像素 i 越偏向红色,如果像素 i 属于车尾灯,那么 $r_i \in [0, 1]$ 。虽然利用式(1)可以精确地计算图像中每点的偏红水平,以判断该点是否属于车尾灯,但是这样做运算量较大,实际上只需考虑图像中某一区域的偏红水平,就可以确定车尾灯的位置,定义区域 S 的偏红水平为

$$r_s = \frac{\sum_{i \in S} (G_i + B_i)}{2 \sum_{i \in S} R_i} \quad (2)$$

运用式(2),对于可能的车尾灯区域,只需进行一次乘法和一次除法运算,显然比对图像中所有点都直接用式(1)计算偏红水平的运算量小。车尾灯的检

测算法步骤如下(设原始图像为 I):

- (1) 检测夜间图像 I 中每个像素 i 的 R 通道
if $R_i \geq T_R$ then $V'_i = V_i$
else $V'_i = (0, 0, 0)$

得到图像 I_1 , V'_i 为图像 I_1 中像素 i 的色彩空间向量, I_1 中大部分夜间背景噪声被滤掉,主要保留了比较亮的光斑, T_R 为 R 通道的灰度阈值,如果 T_R 取得比较合适,图像 I_1 中将只剩下偏红色的光斑和白色光斑。

- (2) 计算图像 I_1 中光斑的偏红水平 r_s
if $0 \leq r_s \leq T_{r_s}$ then $V''_i = V'_i$
else $V''_i = (0, 0, 0)$

T_{r_s} 为颜色阈值,最终得到图像 I_2 , V''_i 为图像 I_2 中像素 i 的色彩空间向量, I_2 中只包括偏红色的光斑,即要检测的目标,这些目标中包括真正的车尾灯,也可能包括车尾灯的倒影,但是这并不影响车辆的检测,因为两者的运动特征是一样的,可以将车尾灯及其倒影都归为一类,同属于一辆车。

3.3 目标的跟踪

要获取车尾灯的运动信息,就必须对检测出来的目标进行跟踪。定义图像 I_2 中的目标 i 的特征向量 $\varphi_i = (x, y, m_G, m_B)^T$, x 和 y 为目标 i 的中心坐标, m_G 和 m_B 为目标 i 在色彩空间上的 G 通道和 B 通道上的灰度均值,考虑到图像 I_2 中各个目标在 R 通道上的灰度均值差别不是很大,所以可以不考虑 R 通道的灰度均值,这样可以减少计算量。下面给出目标的跟踪算法步骤:

- (1) 计算当前帧中各个目标的特征向量 φ 。
- (2) 将当前帧中的各个目标与目标链中的目标进行匹配,目标链保存了已知的目标。匹配的判据为欧拉距离:

$$d_{ij} = (\varphi_i - \varphi_j)^T (\varphi_i - \varphi_j) \quad (3)$$

其中, φ_i 为当前帧中目标 i 的特征向量, φ_j 为目标链中目标 j 的特征向量。

- (3) 更新目标链,用当前帧中的目标 i 更新目标链中与之匹配的目标 j 。如果在目标链中找不到与目标 i 匹配的目标 j ,那么就将目标 i 作为新的目标插入目标链中;反之,如果在当前帧中找不到与目标 j 匹配的目标 i ,那么就将目标 j 从目标链中删除。

- (4) 计算目标链中目标的位移 s 和速度 v 。

重复步骤1到步骤4,就能够对目标进行连续的跟踪,并且获取目标的运动信息。

3.4 车辆的检测和跟踪

车尾灯的检测并不是最终目的,最终目的还是要检测车辆,这就要判断哪些车尾灯属于同一辆车。在实际城市交通道路图像中,不能简单地将靠得最近的两个车尾灯归为同一辆车,必须考虑以下情况:

(1) 城市交通中存在各种类型的车辆,摩托车、小轿车、大卡车、公交巴士等,这些机动车的车尾灯数量各不一样,而且考虑到某些故障车辆可能会有坏了的车尾灯,所以机动车车尾灯并不是简单地成对出现。

(2) 在雨天,路面潮湿或有积水的情况下,路面会倒映出车尾灯,这些车尾灯倒影也可能被检测出来。

为了解决上述问题,必须结合先验知识和车尾灯的运动信息,才能对车尾灯进行准确地合并,减少车辆的误检和漏检。定义目标(车尾灯及其倒影)距离如下:

$$dx_{ij} = |x_i - x_j| \quad (4)$$

$$dy_{ij} = |y_i - y_j| \quad (5)$$

x_i 和 x_j 为目标 i 和目标 j 中心的横坐标, y_i 和 y_j 为目标 i 和目标 j 中心的纵坐标。定义目标运动特征差分向量如下:

$$M_{ij} = (|s_i| - |s_j|, |v_i| - |v_j|) \quad (6)$$

s_i 和 s_j 为目标 i 和目标 j 中心的位移矢量, v_i 和 v_j 为目标 i 和目标 j 中心的速度矢量。

对于同一辆车的车尾灯,已知如下先验知识:

(1) 车尾灯及其倒影之间的横向距离和纵向距离总是在一定范围之内,例如小轿车,夜间行驶时总

是开着一对车尾灯,两个车尾灯横向距离为 1.5m 左右,纵向距离为 0。

(2) 因为车尾灯及其路面倒影都是随着车辆做相同的运动,速度矢量和位移矢量的大小几乎相同,所以它们之间的运动特征差分向量 M_{ij} 趋近于零向量。

根据上述先验知识,就可以通过以下算法实现对车辆的检测和跟踪。

(1) 计算当前目标链中各个目标之间的距离 dx_{ij} 和 dy_{ij} ,将满足下面条件的目标归为同一类:

$$dy_{ij} \rightarrow 0 \text{ 且 } dx_{ij} \leq \alpha_x \text{ 或 } dx_{ij} \rightarrow 0 \text{ 且 } dy_{ij} \leq \alpha_y \quad (7)$$

其中, α_x 和 α_y 分别为横坐标和纵坐标的距离阈值。

(2) 计算同一类目标中各个目标之间的运动特征差分向量 M_{ij} ,将满足下面条件的目标归为同一辆车:

$$|M_{ij}| \leq \beta \quad (8)$$

β 定义为运动特征差分的阈值。

当目标链中的目标全部合并完成以后,就得到了需要检测的车辆,定义集合 $C_i = (i_1, i_2, \dots, i_k)$ 表示被检测的车辆, C_i 是同一辆车的车尾灯(可能还包括地面倒影)的集合, $i_1, i_2, \dots, i_k \in \psi$, ψ 为目标链中目标的集合。对车辆 C_i 的跟踪可以通过对集合中任意一个元素的跟踪来完成, C_i 的运动信息提取可以通过计算集合中所有元素的运动信息的均值来完成。

图 3 示意了算法的中间和最终处理结果,通过对晴天原始图像(图版 I 图 2(a))进行线性运算,将图中的高亮区域检测出来,图 3(a)为高亮区域的

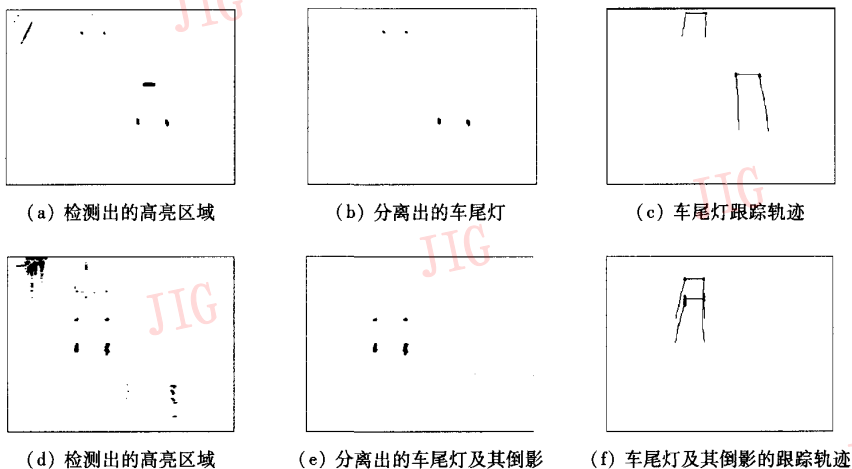


图 3 车尾灯的检测和跟踪示意图

Fig. 3 Vehicle tail light detection and tracking

二值化图;在高亮区域计算偏红水平,将车尾灯分离出来,得到如图3(b)的结果;最后对车尾灯进行逐帧地跟踪和匹配,就能得到如图3(c)所示跟踪结果,图中配对的车尾灯轨迹就可以看作是车辆的运动轨迹。图3(d)、(e)、(f)为雨天图像(图版I图2(b))的处理效果。可以看出,利用颜色信息,车尾灯及其路面倒影都被检测出来了,而且利用运动信息,车尾灯及其倒影都被正确归类为同一辆车。

4 实验结果

利用上述算法分别对晴天和雨天条件下的两组夜间视频进行车辆检测实验,实验平台为PC机,配置 Intel Pentium 1.7GHz CPU、512M 内存,安装 Win2000 操作系统,两组夜间视频的播放长度都为30min,图像的幅宽为320×240。

表1给出了本文算法对晴天、雨天夜间视频处理的结果,该组实验以人工统计的车辆数作为对比数据,给出算法的漏检率和误检率, $T_R = 180$, $T_{is} = 0.85$ 。

表1 夜间车辆检测结果

Table 1 Night vehicle detection result

道路情况	晴天			雨天		
	人工统计	算法检测	漏检率 (%)	人工统计	算法检测	误检率 (%)
单车道	190	187	1.6	173	177	2.3
双车道	393	381	3.1	338	350	3.6

实验结果表明,该算法具有较低的漏检率。车辆的漏检主要是由于前后两辆车靠得太近,后面车辆的车头灯光照在前面车辆的尾部,将前面车辆的车尾灯红色信息掩盖了,这种情况主要发生在交通比较拥挤时。对于双车道或者多车道,由于车辆并列行驶可能会引起一些漏检,所以漏检率要略高于单车道的漏检率。即使是在雨天,路面有灯光倒影的情况下,该算法仍然能够比较准确地进行车辆检测,与晴天条件不同的是,由于雨天路面灯光倒影较多,导致算法检测的车辆数要略多于实际车辆数(人工统计),不过车辆误检率和晴天条件下的漏检

率相差无几,说明该算法对天气条件的适应能力比较强。实验中算法的实际处理帧率为20~24fps,能够满足交通流量检测系统对实时性的要求。

5 结论

基于夜间图像颜色信息和运动信息的夜间车辆检测算法,通过检测车尾灯来检测车辆。其基本思想有别于传统的夜间车辆检测算法,解决了传统算法中计算形态学算子时耗时多和准确度不高的问题,消除了环境光线、夜间车头灯光及其路面反光的影响。实验结果表明,即使在雨天也能够有效地对夜间车辆进行检测和跟踪;另外由于避免了复杂的计算,处理速度较高,能够满足实时性要求。基于本文的算法思想,将车头灯和车尾灯的检测算法融合在一起,实现夜间双向多车道的车辆检测将是今后要进一步研究的内容。

参考文献(Reference)

- Schreiner K. Night Vision: infrared takes to the road[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1999,19(5):6~10.
- Tsuji T, Hattori H, Watanabe M, et al. Development of night-vision system[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2002,3(3):203~209.
- Fay D A, Waxman A M, Aguilar M, et al. Fusion of multi-sensor imagery for night vision: color visualization, target learning and search[A]. In: Proceedings of the Third International Conference on Information Fusion[C], Paris, 2000;TuD3_3~TuD3_10.
- Das S, Zhang Y L, Krebs W K. Color night vision for navigation and surveillance[A]. In: Proceedings of the Fifth Joint Conference on Information Sciences[C], Atlantic City, New Jersey, USA, 2000:746~749.
- Taktak R, Dufaut M, Husson R. Vehicle detection at night using image processing and pattern recognition[A]. In: Proceedings of IEEE International Conference of Image Processing[C], Austin, Texas, USA, 1994:296~300.
- Cucchiara R, Piccardi M. Vehicle detection under day and night illumination[A]. In: Proceedings of Third International ICSC Symposia on Intelligent Industrial Automation, Special Session on Vision Based Intelligent Systems for Surveillance and Traffic Control[C], Genoa, Italy, 1999:789~794.



图1 普通CCD彩色摄像机拍摄的夜间交通图像

Fig.1 Night color traffic scene



(a) 原始图像(晴天)

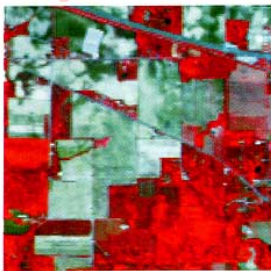


(b) 原始图像(雨天)

图2 车尾灯原始图像

Fig.2 Image of vehicle tail light

刘春红等：一种新的高光谱遥感图像降维方法



- 玉米
- 牧场
- 草地
- 干草
- 大豆
- 林地

图1 波段50、27、17的假彩色图像

Fig.1 False color image of band 50、27、17



图2 土地资源利用图

Fig.2 Field resource utilized map

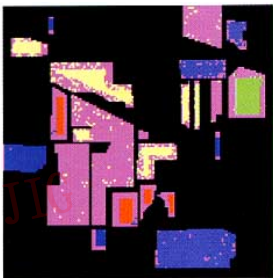


图3 220波段分类图

Fig.3 220 bands classification figure

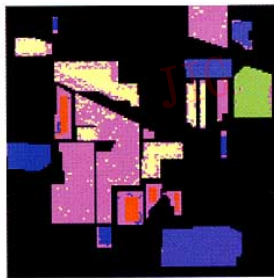


图4 180波段分类图

Fig.4 180 bands classification figure

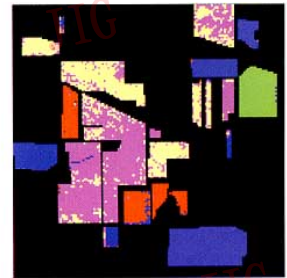


图5 50波段分类图

Fig.5 50 bands classification figure