

融合颜色相关性和纹理差异的阴影检测方法

李 晗^{a,b}, 武奇生^c

(长安大学 a. 信息工程学院; b. 陕西省道路智能检测与装备工程技术研究中心; c. 电控学院, 西安 710064)

摘 要: 在雨天交通视频中, 车辆同时受阴影和水汽拖尾的干扰。为此, 在分析目标车辆、路面、阴影和水汽拖尾区域特性的基础上, 提出一种融合颜色相关性和纹理差异的阴影检测方法。由当前点与背景点的 HIS 向量点积测量颜色相关程度, 检测出车辆目标和水汽拖尾区域, 利用当前区域和背景区域的纹理差异区分深色车辆和阴影。实验结果表明, 该方法能较好地检测雨天交通视频中运动车辆的投射阴影, 且能有效去除水汽拖尾, 从而保证车辆的正确分割。

关键词: 自动事件检测; 阴影去除; 颜色相关性; 纹理差异

Shadow Detection Method with Color Correlation and Texture Difference

LI Han^{a,b}, WU Qi-sheng^c

(a. School of Information Engineering; b. Provincial Technology Research Center for Road Traffic Intelligent Detection and Equipments Engineering; c. School of Electrical and Control Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

【Abstract】 In rainy highway environment, segmentation of vehicle is disturbed by both cast shadow and the water trailing region. For solving this problem, on the analysis of the characteristics of target vehicle, road, shadow and water vapor trailing area, this paper presents a shadow detection method based on color correlation and texture difference. Color correlation is estimated between current pixel and background pixel through dot product of Hue, Saturation, Intensity(HIS) vectors to detect vehicle object and water trailing region. The texture difference based on gradient of current region and background region is calculated to distinguish dark vehicle from cast shadow. Experimental results show that this method can effectively eliminate both the cast shadow and the water trailing region of moving vehicles in rainy highway video, it can ensure the accurate segmentation of vehicle objects.

【Key words】 Automatic Incident Detection(AID); shadow elimination; color correlation; texture difference

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.15.046

1 概述

基于视频的交通自动事件检测(Automatic Incident Detection, AID)是智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)的重要部分, 其中, 阴影检测是跟踪和检测的必要前提。实际高速公路监控系统多处于户外, 易受环境因素影响^[1]。在事故多发的雨天环境下, 路面积水导致阴影检测变得更复杂, 需要同时去除车辆的自身投射阴影和水汽拖尾才能完成阴影检测和运动目标分割。

目前, 阴影检测主要有基于模型和基于特征的方法。基于模型的方法需要场景、目标和光照的先验知识, 适用范围很窄。基于特征的方法需要建立如亮度较低、色度相同等阴影区域特性假设、分离目标和阴影。文献[2]利用光照方向和边缘信息检测阴影, 但需要预知光照方向。文献[3]利用 HSV(Hue, Saturation, Value)三分量的统计不变性检测阴影, 但对黑灰等颜色车辆处理效果不理想。文献[4]利用 YUV 空间的色度畸变和纹理特征去除阴影, 但不适用于亮度低而饱和度和高的情况。以上方法对雨天交通视频的水汽拖尾和投射阴影检测结果不理想。

考虑水汽拖尾、阴影和车辆目标的颜色特征具有相似特性, 而纹理特征各有其方向性和分布规律, 因此, 本文提出一种融合颜色相关性和纹理差异的阴影检测算法, 以实现雨天路况下车辆目标的准确分割。

2 雨天路况下的阴影检测难点

在雨天路况下, 车辆目标的阴影和水汽拖尾区域示意图如图 1 所示, 车辆目标除投射阴影(A 区)外, 还存在水汽拖尾(B 区)。因此, AID 系统不但要检测运动目标的投射阴影, 还需要去除水汽拖尾, 从而保证车辆的正确分割。



图 1 雨天目标阴影和水汽拖尾区域的示意图

3 阴影检测系统框架

本文阴影检测系统框架如图 2 所示。利用混合高斯背景建模, 融合基于颜色相关性的阴影检测 SDCC(Shadow Detec-

基金项目: 交通运输部基础研究基金资助项目(2010319812080); 中央高校基本科研业务费专项基金资助项目(CHD2010JC117)

作者简介: 李 晗(1980—), 女, 讲师、博士研究生, 主研方向: 视频处理, 目标检测; 武奇生, 教授

收稿日期: 2011-02-16 **E-mail:** hanli@chd.edu.cn

tion based on Correlation of HIS Color Vector)和基于纹理差异的阴影检测 SDTD(Shadow Detection based on Texture Difference)的结果, 实现阴影去除。

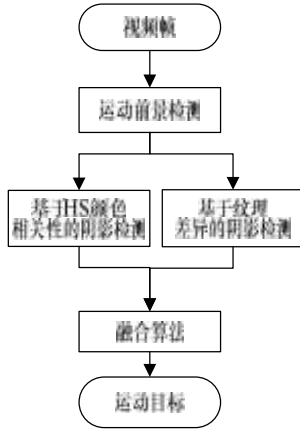


图2 阴影检测系统框架

4 阴影检测的实现

4.1 运动前景检测

室外监控场景存在光照变化、树叶晃动等因素, 背景具有多模态的统计特性。因此, 本文采用混合高斯模型对背景进行建模^[5]。

4.2 基于颜色相关性的阴影检测

高速公路路面的饱和度和亮度值很低, 和车辆目标存在显著差异。

被投射阴影覆盖的区域亮度偏低, 色调值偏蓝黑。水汽拖尾区域呈现白色调, 亮度和饱和度都较大。因此, 本文采用 HSI(Hue, Saturation, Intensity)颜色空间, 利用向量点积^[4]定义颜色相关系数, 描述当前像素与对应背景点的色度、亮度和饱和度的变化程度:

$$\rho(OI, OI_b) = \frac{\frac{1}{N^2} \sum_{i,j} (OI_{ij} \times OI_{bi,j} + M_{i,j} M_{bi,j}) - \overline{M} \overline{M}_b}{\sqrt{v(OI)} \times \sqrt{v(OI_b)}} \quad (1)$$

$$v(OI) = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j} (OI_{i,j} \times OI_{i,j} + M_{i,j} \times M_{i,j}) - \overline{M}^2 \quad (2)$$

$$v(OI_b) = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j} (OI_{bi,j} \times OI_{bi,j} + M_{bi,j} \times M_{bi,j}) - \overline{M}_b^2 \quad (3)$$

其中, OI 和 OI_b 是当前点和对应背景点的 HSI 空间向量; $M_{i,j}$ 、 $M_{bi,j}$ 表示 $N \times N$ 窗口的当前点和背景点; \overline{M} 和 v 为窗口均值和方差。

经观察阴影点和背景点的色调、饱和度接近, 亮度略低, 互相关系数值趋近 1; 目标点和背景点的色调存在差异, 饱和度和亮度随车辆颜色不同, 值在(0.20,0.75)范围内; 水汽拖尾点和背景点的 H 值、S 值和 I 值差别很大, 相关系数接近 0。因此, 设定检测规则如下:

$$f(i,j) = \begin{cases} 0 & \text{if } |\rho(OI, OI_b)| < Th_1 \\ 1 & \text{if } Th_1 < |\rho(OI, OI_b)| < Th_2 \\ 0 & \text{if } |\rho(OI, OI_b)| > Th_2 \end{cases} \quad (4)$$

其中, “1” 为前景点; “0” 判为阴影点; 门限值 Th_1 和 Th_2 分别为 0.20 和 0.75。

基于颜色相关性的阴影检测结果如图 3 所示。可知, SDCC 能去除图 3(a)的非深色车辆目标的水汽拖尾, 但对图 3(c)的黑色车辆分割不准确。这是由于深色车辆和阴影的色彩信息相似, 被误检为阴影。



图3 基于颜色相关性的阴影检测结果

4.3 基于纹理差异的阴影检测

交通视频中除颜色信息外, 纹理特征具有一定规律: 车辆目标区域具有丰富的纹理信息, 大多近似平行或垂直道路方向的边缘; 水汽拖尾区域在小范围内具有密集、重复的纹理模式; 背景路面平坦, 纹理变化很少。3 类区域的纹理(以边缘表征)如图 4(b)所示。

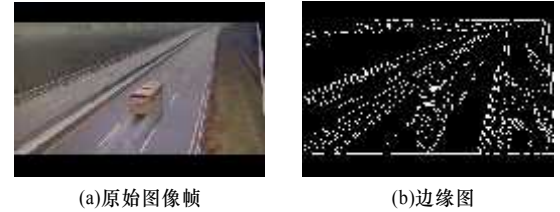


图4 3类区域的纹理比较

车辆目标和水汽拖尾区域会显著改变对应背景的纹理特征, 投射阴影具有半透明特性, 会保留背景的纹理特征。因此, 计算当前区域与背景区域的边缘强度差异可进一步检测阴影。本文利用文献[6]中的梯度算子获得对当前 2×2 像素区域的纹理描述。计算当前点 $G_{ic}(x,y)$ 和对应背景点 $G_{ib}(x,y)$ 的梯度差, 设定阈值 T_g , 判断是否为物体点:

$$G(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } abs(\sum_{i=1}^4 |G_{ic}(x,y)| - \sum_{i=1}^4 |G_{ib}(x,y)|) > T_g \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (5)$$

对图 3(a)和图 3(c)的车辆基于纹理特征的阴影检测结果如图 5 所示。

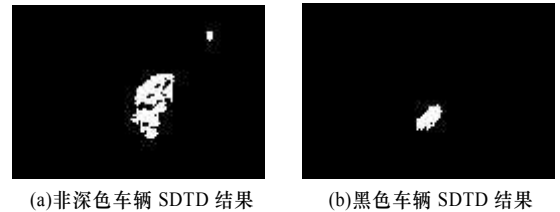


图5 基于纹理特征的阴影检测结果

由图 5(b)可知, SDTD 可以区分深色车辆与阴影, 这是由于梯度差能在去除阴影的边界和弱边缘同时保留物体梯度。但对于非深色车辆效果不理想, 如图 5(a)所示, 原因在于单一阈值 T_g 无法区分梯度变化大的像素点是来自水汽拖尾区域还是车辆目标。

4.4 融合颜色相关性和纹理差异的方法

SDCC 能去除非黑色车辆的水汽拖尾区域, 但对黑色车辆检测效果不好; SDTD 能较好分割黑色车辆和阴影, 但对

水汽拖尾区域的去除不理想。可知, SDCC 和 SDTD 具有一定的互补性。因此, 对两者的结果进行先“与”后“或”操作: 先“与”去除噪声, 再“或”保留尽可能多的物体像素。最后进行形态学处理和连通区域填充, 得到最终运动目标。

5 实验与结果分析

实验选取河南中原高速路段监控视频, MPEG-4 编码, 帧率 25 f/s, 分辨率 320×240 像素。算法运行平台为 CPU 2.5 GHz、内存 2.0 GB。图 6、图 7 为原图及检测分割结果。



图 6 第 166 帧图像的阴影检测结果

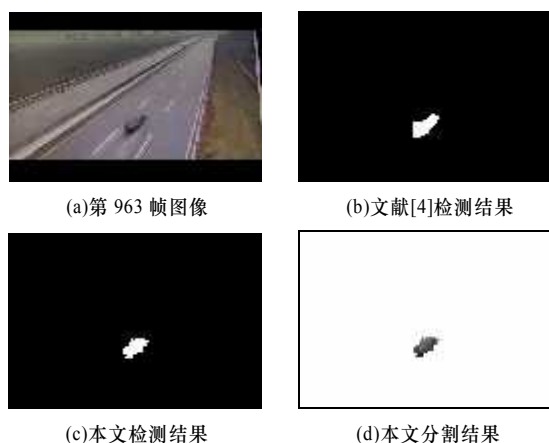


图 7 第 963 帧图像的阴影检测结果

图 6(b)和图 7(b)分别是图 6(a)和图 7(a)的文献[4]检测结果。可以看出, 该方法对非深色车辆的内部去除过度, 存在很多孔洞, 同时并未完全去除水汽拖尾部分。对于深色车辆, 上半车身被错误去除, 部分阴影被保留。图 6(c)和图 7(c)是本文对图 6(a)和图 7(a)的检测结果, 图 6(d)和图 7(d)是对应的车辆分割结果。

可以看出, 本文方法对阴影、水汽拖尾等的去除效果更好。算法运行时间约 30 ms/帧, 基本符合监控系统的实时性要求。

6 结束语

本文根据雨天室外视频中运动车辆、阴影及水汽拖尾区域的亮度、色调及饱和度分布规律, 结合不同区域的纹理边缘特征, 提出结合颜色相关性和纹理差异的阴影检测方法。该方法简单有效, 可为 AID 系统中的交通参数统计、检测系统中的流量统计和测速等提供依据。

参考文献

- [1] Jun Cai, Mohamed S, Wael B. A Robust Video-based Algorithm for Detecting Snow Movement in Traffic Scenes[J]. Journal of Signal Processing Systems, 2009, 56(2/3): 307-326.
- [2] 林坤杰, 万晓冬. 基于边缘信息及光照方向的阴影检测算法[J]. 计算机工程, 2009, 35(20): 192-193, 196.
- [3] 董 蓉, 李 勃, 陈启美. 路况视频中 HSV 彩色不变量阴影检测法研究与改进[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(12): 2483-2488.
- [4] 刘 洋, 李玉山, 张大朴. 基于色度畸变和纹理特征的阴影消除方法[J]. 计算机科学, 2005, 32(9): 211-215.
- [5] Stauffer C, Grimson W. Adaptive Background Mixture Models for Real-time Tracking[C]//Proceedings of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. [S. l.]: IEEE Press, 1999.
- [6] 刘 宏, 李锦涛, 刘 群, 等. 融合颜色和梯度特征的运动阴影消除方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2007, 19(10): 1219-1225.

编辑 陆燕菲

(上接第 133 页)

以抓住概念关系之间的特定模式, 使单个模板的可理解性和正确率都得到一定的保证; 在次模板的构建过程中, 采用了生物信息学中序列比对的方法, 从含有关键成分的句子中抽取公共成分, 利用公共成分构建模板, 使得单个模板的可理解性以及模板集的覆盖能力得到一定的保证。在大规模童话故事做了实验, 本文方法的抽取概念对准确率及覆盖能力都优于 DIPRE 系统, 但概念对的召回率还是不够, 原因在于由一些较长上下文得到的模板, 其组成部分也往往比较多, 虽然置信度较高, 但在新的上下文环境中很难匹配。因此, 下一步将对较长的模板给予一定的处理, 比如在首位适当去除一些词, 通过改进获得更高的可读性和正确性。

参考文献

- [1] Brin S. Extracting Patterns and Relations from the World Wide Web[C]//Proc. of the International Workshop on the Web and Databases. New York, USA: [s. n.], 1998.
- [2] 刘海峰, 王元元, 姚泽清, 等. 文本分类中一种混合型特征降

维方法[J]. 计算机工程, 2009, 35(2): 194-196.

- [3] Gao Jianfeng, Nie Jianyun, Wu Guangyuan, et al. Dependence Language Model for Information Retrieval[C]//Proc. of the 27th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. Dublin, Ireland: [s. n.], 2004.
- [4] Ounis I, Pasca M. RELIEF: Combining Expressiveness and Rapidity into a Single System[C]//Proc. of SIGIR'98. Melbourne, Australia: [s. n.], 1998.
- [5] Agichtein E, Gravano S. Snowball: Extracting Relations from Large Plain-text Collections[C]//Proc. of the 5th ACM International Conference on Digital Libraries. San Antonio, USA: [s. n.], 2000.
- [6] Agichtein E, Gravano S. Snowball: Extracting Relations from Large Plain-text Collections[C]//Proc. of the 5th ACM International Conference on Digital Libraries. San Antonio, USA: [s. n.], 2000.

编辑 顾姣健

