

一种运动车辆阴影去除的新算法

王振亚, 曾黄麟

(四川理工学院自动化与电子信息学院, 四川 自贡 643000)

摘要: 文章提出一种改进运动车辆阴影去除新算法, 首先通过帧差获得车辆和阴影的轮廓图像, 然后对轮廓点应用离散 K-L 变换解除 R、G、B 分量的相关性, 并运用颜色聚类检测出阴影区域, 最后用帧差法产生的运动车辆图像与获得的阴影图像差分得到去除阴影的运动车辆, 实验表明该方法能够更好地实现运动车辆阴影的去除。

关键词: 离散 K-L 变换; 阴影去除; 差分法; 车辆检测

中图分类号: TP391

文献标识码: A

引言

运动车辆产生的阴影可分为静态阴影和动态阴影。静态阴影在车辆检测中通常将其当作背景; 动态阴影指的是运动的车辆或行人等相对运动的物体产生的阴影, 这种阴影通常可分为自身阴影和投射阴影两类。自身阴影是指物体不能被光源直接照射的部分, 也就是物体自身背光的一面; 投射阴影是指在光照条件下, 位于光源方向的物体的投影, 在背景中形成的相对较暗的区域。由于背景的实时更新, 静态阴影被建模为图像背景的一部分, 因而不会影响运动目标的检测, 同样也不会影响到后续的目标识别和分类操作; 而动态阴影会随同运动目标一起被检测出, 且同运动目标粘连在一起, 影响运动目标的定位和轮廓的确定, 甚至会造成多个运动目标的合并, 为运动目标的分离以及跟踪带来困难^[1-2]。因此对交通视频进行车辆检测与跟踪时, 动态阴影的检测与消除是非常重要的一个环节, 已成为车辆检测研究热点之一。

在运动车辆检测中, 大致可分为两类: 一是基于模型的方法, 它是利用场景、运动目标、光照条件等先验知识, 建立阴影模型, 对三维运动物体模型的棱、线、角进行匹配, 最终实现阴影的检测。该方法只能用于简单对

象的阴影的识别与分类, 如: 树木、建筑物等。另外, 先验知识并不总是可靠的, 这样就限制了应用领域; 二是基于阴影特征的方法, 此方法利用了阴影的边缘、亮度、色彩等特征等。利用了阴影的颜色特征主要基于 RGB 颜色空间阴影检测和基于 HSV 颜色空间阴影检测, 考虑 H、S、V 分量进行处理, 与 RGB 空间的方法相比, 更加充分的利用了色彩信息, 在取值比较合理的情况下可以得到较好的效果, 但是由于要在 H、S、V 三个参数中进行比较, 对时间的要求比较高, 难以满足实时性要求。

本文将就动态阴影的检测与去除进行探讨研究, 提出一种改进运动车辆阴影去除新算法。本文首先用背景差分法检测出运动前景区域, 再通过计算运动前景颜色信息从前景目标中判断出阴影区域。由于 R、G、B 颜色分量具有高度相关性, 独立地在这三个颜色分量上进行阴影检测效果并不好, 因此采取 K-L 变换去除 R、G、B 分量之间的相关性, 这样更有利 R、G、B 各分量的聚类。然后再根据影子区域的灰度一般比较均匀, 而车辆区域的颜色与影子区域的颜色一般相差较大的事实, 利用聚类方法确定阴影的精确区域。

1 一种改进运动车辆阴影去除新算法

在基于颜色特征的阴影检测中, 基于 RGB 颜色空

间阴影检测是将监控场景内的像素分为三类: 背景像素、前景像素和阴影像素。被阴影遮盖的像素值可以用该位置未被阴影遮盖时的像素值经过线性变化预测得到。设背景像素在没被阴影遮盖时的值为 $V = [R, G, B]^T$, 那么阴影遮盖时其像素值为 $V' = DV$, 其中 $D = \text{diag}(dR, dG, dB) = \text{diag}(0.48, 0.47, 0.51)$ 是通过实验得到的经验值。该检测方法, 将当前图像中被判为前景的每个点与背景在阴影遮盖时的值相比较, 再结合该点的属于三种区域 (物体、背景、阴影) 的先验概率, 求对应的三个后验概率, 作最大相似判定。

基于 HSV 颜色空间阴影检测利用 HSV 空间是一种比较直观的颜色模型, 这个模型中颜色的参数分别是: 色彩 (Hue), 饱和度 (Saturation), 亮度 (Value)。模型的三维表示从立方体演化而来, 对应于圆柱坐标系中的一个圆锥形子集。这种去除阴影的方法是在进行 HSV 转换、背景差分之后用如下的算法来去除阴影:

$$Shadow(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } \alpha \leq \frac{IV(x, y)}{BV(x, y)} \leq \beta \\ & \& |S(x, y) - BS(x, y)| \leq TS \\ & \& |H(x, y) - BH(x, y)| \leq TH \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

其中 $I(x, y)$ 表示当前图像, $B(x, y)$ 表示当前背景图像, TS, TH 分别表示色彩、色度分量的阈值。因为阴影点的 V (亮度) 值通常总是小于非阴影相应点的 V 值, 所以 β 取值小于 1, 而 α 则考虑了当前光线的强弱, 通常光线越强, 太阳高度越高 (如中午), α 值就取得越小。对于 S 来说, 阴影通常具有比较低的值, 而且, 阴影同背景模型的差异往往为负值; 之所以考虑 H , 只是想得到一个更好的处理效果。 TS, TH 的选取可通过试验来确定。

离散 K-L 变换是一种最佳正交变换, 它应用多维数据集的统计特性构造最佳坐标系, 将多维数据向量投影到此坐标系中, 从而能产生数据集的新的不相关的向量分量。

对于道路上任一的像素点 $X(i, j) = [R(i, j), G(i, j), B(i, j)]^T$, 其中 (i, j) 代表道路像素的位置, $R(i, j), G(i, j), B(i, j)$ 分别是 (i, j) 的红色, 绿色, 蓝色分量。采集 M 个背景道路图像样本 $X(i, j)$, 求取它们的样本均值 $\mu Y(i, j)$, 及相应的转换矩阵 $A(i, j)$, 协方差矩阵 $CY(i, j)$ 。分别求取 $Y(i, j) = [y1(i, j), y2(i, j), y3(i, j)]$, $P(i, j) = [p1(i, j), p2(i, j), p3(i, j)]$, $Y(i, j)$ 为 (i, j) 处的实际像素与该处背景样本均值的差的离散 K

-L 变换, 而 $P(i, j)$ 为 (i, j) 处的背景样本均值的离散 K-L 变换。利用 K-L 变换去除 R, G, B 分量之间的相关性。

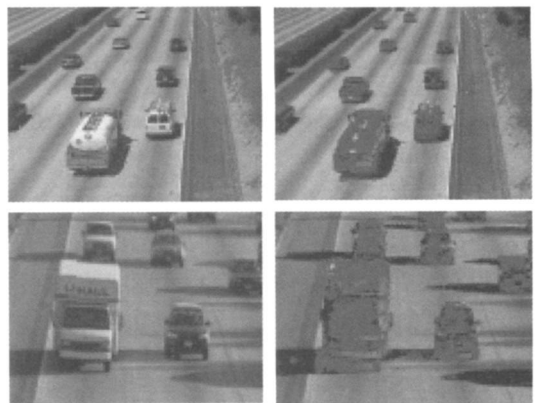
颜色聚类将首先通过以下三个特征量反映影子区域与车辆区域的颜色特点:

$$I1 = (R + G + B) / 3 \quad (2)$$

$$I2 = B / (R + G + B) \quad (3)$$

$$I3 = R / (R + G + B) \quad (4)$$

第一个分量是亮度, 影子区域的亮度应小于原背景区域的亮度, 而车辆区域的亮度与原背景区域的亮度关系不确定。第二个分量是蓝色成分占的比重, 第三个分量是红色成分占的比重。通过对大量道路场景图象的观察和统计发现: 与背景区域相比, 影子区域的蓝色成分更多, 红色成分更少^[7], 如图 1 所示。



(a) 公路 1 原始图像 (b) 公路 1 颜色检测图
(c) 公路 2 原始图像 (d) 公路 2 颜色检测图

图 1 不同公路检测结果 (红色像素点确定为车辆, 蓝像素点显示为阴影)

对上文得到的每一组可能的影子种子点, 分别求取其 $I1, I2, I3$ 分量的平均值, 及对应的背景区域的三组分量 $Ib1, Ib2, Ib3$ 根据以上分析, 影子种子点的特征为:

$$I1 < Ib1, I2 > Ib2, I3 < Ib3 \quad (5)$$

不符合 (2-4) 式的假影点就被筛选掉。

然后根据影子区域的灰度一般比较均匀, 而车辆区域的颜色与影子区域的颜色一般相差较大的事实, 利用聚类方法确定影子的精确区域。

定义 RGB 图像的点距离如下:

$$dr(Pi, Pj) = |r(xi, yi) - r(xj, yj)| \quad (6)$$

$$dg(Pi, Pj) = |g(xi, yi) - g(xj, yj)| \quad (7)$$

$$db(Pi, Pj) = |b(xi, yi) - b(xj, yj)| \quad (8)$$

其中 $dr(Pi, Pj), dg(Pi, Pj), db(Pi, Pj)$ 分别表示点 Pi 与点 Pj 在红色、绿色和蓝色分量上的距离, $r(xi, yi)$,

$g(x_i y_i)$, $b(x_i y_i)$ 为点 P_i 的 RGB 分量, $r(x_j y_j)$, $g(x_j y_j)$, $b(x_j y_j)$ 为点 P_j 的 RGB 分量。

对于第 i 组像素点, 基于颜色的影子聚类方法步骤如下:

第 1 步 计算平均 RGB 分量如下:

$$r(S_i) = \frac{\sum_{j=1}^{Num(S_i)} r(S_{ij})}{Num(S_i)} \quad (9)$$

$$g(S_i) = \frac{\sum_{j=1}^{Num(S_i)} g(S_{ij})}{Num(S_i)} \quad (10)$$

$$b(S_i) = \frac{\sum_{j=1}^{Num(S_i)} b(S_{ij})}{Num(S_i)} \quad (11)$$

其中 S_{ij} 是第 i 组像素点中的第 j 个点, $Num(S_i)$ 是第 i 组像素点的数目;

第 2 步 对第 i 组像素点中的第 j 个点考察它周围的 8 个点, 如果第 k 个点未被标识, 则计算它与第 i 组像素点的点距离如下:

$$dr(S_i P_k) = |r(S_i) - r(x_k y_k)| \quad (12)$$

$$dg(S_i P_k) = |g(S_i) - g(x_k y_k)| \quad (13)$$

$$db(S_i P_k) = |b(S_i) - b(x_k y_k)| \quad (14)$$

其中 $1 \leq k \leq 8$

第 3 步 对 P_k 进行标识:

$$f(P_k) = \begin{cases} 1 & dr(S_i P_k) \leq t, dg(S_i P_k) \leq t, db(S_i P_k) \leq t \\ 0 & \text{others} \end{cases} \quad (15)$$

如果 $f(P_k) = 1$, 则将点 P_k 加入到第 i 组像素点, 实验中阈值 t 设为 50

第 4 步 重复以上步骤, 直到第 i 组的像素点数不再增加。最后形成的新的像素点区域即是影子区域。

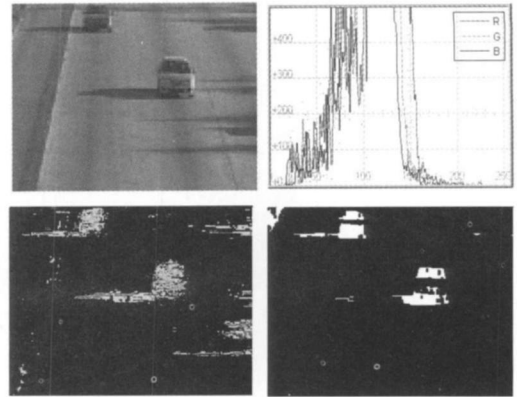
2 运动车辆阴影去除实验结果与分析

利用颜色信息从前景运动目标中判断出运动阴影区域后将前景运动目标图像与运动阴影区域图做图像帧差就可将运动车辆阴影去除。再做后续处理, 就可以检测出运动的车辆。

实验结果如图 2 所示, 下图分别是原始彩色图, 彩色 RGB 直方图, KL 变换后颜色聚类图, 去除阴影图。

基于正确阴影检测和错误阴影检测的统计来定量评估阴影检测的精度, 分别以正确阴影检测率和错误阴影检测率来度量。正确阴影检测率和错误阴影检测率分别定义如下:

$$\text{正确阴影检测率} = \frac{\text{真实阴影点的数目}}{\text{理想阴影点的数目}}$$



(a) 原始图像 (b) RGB 直方图
(c) KL 变换聚类后二值化图 (d) 阴影去除图

图 2 运动车辆阴影去除实验结果

$$\text{错误阴影检测率} = \frac{\text{虚假阴影点的数目}}{\text{真实阴影点的数目} + \text{虚假阴影点的数目}}$$

表 1 运动车辆阴影去除几种算法效果比较

阴影检测方法	正确阴影检测率 (%)	错误阴影检测率 (%)
基于 RGB 空间	97.32	0.86
基于 HSV 空间	95.47	2.49
本文方法	98.28	0.58

由表 1 可见, 本文提出的阴影检测方法能获得较高的正确阴影检测率和较低的错误阴影检测率, 因此该方法优于基于 RGB 和基于 HSV 空间检测阴影的方法。

3 结束语

由于运动车辆阴影动态随同运动目标, 甚至会造成多个运动目标的合并, 影响运动目标的定位和轮廓的确定。本文提出首先通过帧差获得车辆和阴影的轮廓图像, 用帧差法产生的运动车辆图像与获得的阴影图像差分得到去除阴影的运动车辆, 并对轮廓点应用离散 K-L 变换解除 R、G、B 分量的相关性, 实验表明该方法与基于 RGB 和基于 HSV 空间检测阴影的方法相比能够更好地实现运动车辆阴影的去除。如何在去除阴影的同时能更多的保留车辆的有效信息将是下一步研究的重点。

参考文献:

- [1] Zeng Huang lin, Wang Zhenya. A New Algorithm of an Improved Detection of Moving Vehicles[M]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg Advances in Swarm Intelligence 2010
- [2] Collado JM, Hilarío C, A. de la Escalera et al. Model

- Based Vehicle Detection for Intelligent Vehicles [J].
IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2004, 572-577.
- [3] Prati A, Mikic I, Trivedi M, et al Detecting Moving Shadows Formulation, Algorithms and Evaluation [J]. IEEE Transactions on PAMI, 2003, 25 (7): 918-923
- [4] Mikic I, Cosman P, Kogut G, et al Moving shadow and object detection in traffic scenes [J]. 15th International Conference on Pattern Recognition, Barcelona SPA N, 2000, 321-324
- [5] Cucchiara R., Grana C, Piccardi M, et al Improving Shadow Suppression in Moving Object Detection with HSV Color Information [J]. IEEE Intelligent Transportation System Conference Proceedings, 2001: 334-339.
- [6] Cucchiara R, Grana C, Piccardi M, et al Detecting objects shadows and ghosts in video streams by exploiting color and motion information [J]. Proceedings of the IEEE Int'l Conference on Image Analysis and Processing 2001, 488-493
- [7] 袁基炜, 史忠科. 一种运动车辆的阴影消除新方法 [J]. 西安交通大学学报, 2005, 39 (6): 598-602
- [8] 潘翔. 基于彩色信息和边缘特征的运动阴影检测 [J]. 浙江大学学报, 2004, 38 (4): 88-93
- [9] 裴立志, 王润生. 基于主成分分析的运动阴影检测算法 [J]. 国防科学技术大学学报, 2009, 10 (3): 2687-2693

A New Algorithm of a Moving Vehicle Shadow Elimination

WANG Zhen-ya, ZENG Huang-lin

(School of Automation and Electronic Information, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract This article proposes a new algorithm improved for a moving vehicle shadow elimination in dynamic moving target image processing. Difference of the contour frame of a moving vehicle and shadow image is taken to do discrete K-L transformation of contour points of a moving vehicle in order to remove R, G, B relevant components of a moving vehicle and shadow image. Shadow area is detected by way of color clustering. Image of a moving vehicle removal shadow is detected by difference method of the frame image of moving vehicles produced with the shadow image. It is shown that a new algorithm of a moving vehicle shadow elimination presented here is of better accuracy and effects in experiments of moving vehicle image processing.

Key words discrete K-L transformation; shadow elimination; difference method; vehicle detection