

交通视频监控系统中车辆阴影的去除方法^①

孙旭霞, 张 珊

(西安理工大学 自动化与信息工程学院, 西安 710048)

摘要: 针对智能交通系统(ITS)中车辆阴影带来的车辆误提取造成系统可靠性差, 且检测算法无法满足实时性的问题, 提出一种改进的基于 HSV 色彩模型与背景差分法的车辆阴影检测与去除方法。通过分析 HSV 色彩模型, 改善亮度分量的参数选取, 利用阴影与车辆和背景的亮度差检测目标车辆的阴影; 结合背景差分法去除阴影。实验结果表明, 该方法可以较准确检测车辆阴影, 有效提高交通控制中车辆提取的可靠性, 且能较好地满足实时性要求。

关键词: 智能交通; 车辆检测; 阴影去除; HSV 色彩模型; 背景差分法

Vehicles Shadow Suppression in Visual Traffic Surveillance

SUN Xu-Xia, ZHANG Shan

(Faculty of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Aiming at the problem that wrong extraction of vehicles shadow will cause low reliability and will not satisfy the real-time requirement in intelligent transportation system, an improved model based on HSV color space and difference of background is proposed. According to the analysis of the model, value is pushed out. The different values of shadow, vehicles and background can be used to extract shadows from target vehicles, and background subtraction is also used. Experiments on different scenes suggest that high effective detection rate of the proposed method can be reached, and this method is also effective to the reliability and real-time requirement in ITS.

Keywords: intelligent transportation; vehicles detection; shadow suppression; HSV color space; background subtraction

1 引言

视频监控与处理是智能交通系统中的一个重要组成部分。在道路车辆监控和检测的实际应用中, 阴影经常会被误认为目标车辆的一部分, 影响车辆定位和车辆面积的计算, 进而影响智能交通系统的正确控制。对于静止车辆, 阴影会造成车体面积增大, 导致车辆误判断; 对于运动车辆, 阴影会造成车辆之间的粘连, 导致车辆误计数。阴影问题已经成为车辆检测中影响检测精度的重要因素之一, 如何有效去除阴影成为现在的研究热点^[1,2]。

阴影具有两个重要的视觉特征: (1)阴影显著异于

背景而被视为前景; (2)阴影与目标物存在相同的运动属性。因此阴影检测成为实际应用系统中比较困难的问题。阴影一般分为两类: 自身阴影和投射阴影。自身阴影是目标表面未被光源直接照射而形成的暗区域; 投射阴影是指在光线照射方向上由于目标遮挡而形成的背景中的暗区域。一般情况下, 自身阴影作为车体的一部分对车辆的定位影响不大, 而投射阴影是影响车辆正确定位的主要因素^[3]。

目前, 国内外众多学者提出了多种阴影去除的方法。文献[4]在传统色彩空间的基础上, 将 LBP 纹理的概念引入阴影检测, 利用纹理不变性区分阴影与目标

① 收稿时间:2010-09-10;收到修改稿时间:2010-10-02

车辆, 在检测出阴影之后, 对阴影区域采用几何启发式准则去除目标物阴影, 该方法对阴影的边缘检测不佳。文献[3,5]采用光照评估的方法判断前景图像中是否存在阴影, 如果存在阴影, 通过多梯度分析和二值快速聚类方法分离目标车辆, 但是该类方法只考虑到目标车辆的定位, 没有提及车辆之间粘连问题的解决。文献[6]对 HSV 彩色空间的色度、饱和度及亮度展开分析, 进行阴影的检测和识别, 但是没有涉及车辆阴影的去除。

针对上述方法存在的问题, 本文在基于颜色空间的基础上, 提出一种改进的基于 HSV 颜色空间与背景差分法的车辆阴影去除方法。采用背景差分法提取目标车辆, 利用 HSV 模型中的亮度、色调、饱和度进行车辆阴影检测, 优化阈值参数, 最后结合背景差分法去除检测到的车辆阴影。

2 背景差分法

背景差分法^[7]是一种常用的目标物检测方法, 它的基本思想是将当前每一帧图像与事先存储或者实时得到的背景图像相减, 若像素差值大于某一阈值, 则判定此像素出现在检测目标车辆上, 将相减后的图像进行二值化处理, 可以给出目标车辆的位置、大小、形状等信息。算法原理描述如式:

$$D_k(i, j) = C_k(i, j) - B_k(i, j) \quad (1)$$

C_k 是 CCD 摄像头拍摄到的当前场景, 像素点 (i, j) 处的像素值用 $C_k(i, j)$ 表示, k 为该图在时间序列中的序号。 B_k 是当前背景, $B_k(i, j)$ 表示像素点 (i, j) 的值。 $D_k(i, j)$ 是前景与背景差值图像。

式(1)表明: 背景差分法的原理简单, 算法复杂度低、运算速度快, 而且能够比较准确的获取目标信息。

交通背景是该方法提取目标车辆的关键因素, 它会直接影响检测结果的准确性。然而一天不同时间段光线、天气等会使背景发生变化, 这就需要背景更新。背景更新直接影响阴影去除工作的正确与否, 影响车辆计数的准确率。对于背景更新, 采用与文献[7]类似的方法—自适应背景更新, 即只需要在时间上对背景图像和当前图像进行均值滤波, 原理如式(2)所示:

$$B_{n+1}(x, y) = \alpha B_n(x, y) + (1 - \alpha) I_n(x, y) \quad (2)$$

如果取 $B_{i,j}(0) = I_{i,j}(0)$, 上式可写为:

$$B_{i,j}(n) = \alpha^{n-1} I_{i,j}(0) + \alpha^{n-2} (1 - \alpha) I_{i,j}(1) + \dots + (1 - \alpha) I_{i,j}(n-1) \quad (3)$$

其中, $B_{n+1}(x, y)$ 、 $B_n(x, y)$ 分别表示当前帧和前一帧的自适应背景, $I_n(x, y)$ 是前一帧的前景, α 是前景与背景的比例系数, 它根据交通环境和经验确定。

实际上, 各种环境因素导致同一场景相邻两帧图像的背景像素点不完全一一对应, 图像直接相减不能将目标车辆准确提取。论文采用相邻两帧图像对应像素点做邻域比较的方法, 若当前帧像素点的灰度值与前一帧对应点或该点邻域内某点的灰度值相近, 则认为背景点, 即: 将其灰度值置 0, 否则置 255。这样可以完整的提取出车辆信息。

图 1 是在一帧图像中采用背景差分法所得到的目标物。

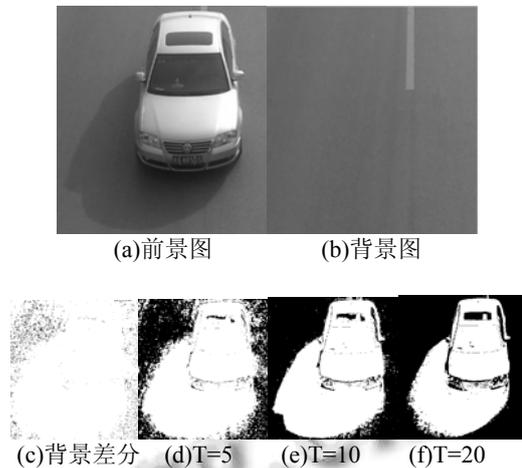


图 1 背景差分法得到目标物

3 阴影检测与消除

3.1 HSV 模型

HSV (Hue, Saturation, Value) 模型是由表示频谱颜色的色调 H (用 0 度到 360 度的角度来表示)、表示颜色丰富程度的饱和度 S 和表示颜色的亮度 V 组成, 是一种基于人的视觉系统的颜色模型。其中, V 体现了无色的亮度概念, 是描述色彩感觉的关键参数。文献[8]提出在 HSV 空间中区分目标物和阴影, 实验证明该颜色模型在阴影检测方面比 RGB 颜色空间精确。目前, 在车辆检测的很多研究中, 该模型常常用来检测和去除车辆阴影。图 2 是 RGB 颜色空间和 HSV 颜色空间的数学模型。

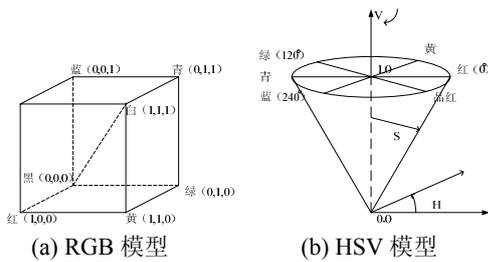


图 2 RGB 颜色空间和 HSV 颜色空间

一般情况下，CCD 拍摄到的帧图像是基于 RGB 颜色空间，需先将 RGB 颜色空间转化为 HSV 颜色空间。RGB 色彩模型与 HSV 色彩模型的转换关系如式 (4)：

$$\begin{aligned}
 H &= \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 \times [(R-G) + (R-B)]}{\left[(R-G)^2 + (R-B)(R-G) \right]^{1/2}} \right\} \\
 S &= 1 - \frac{3 \min(R, G, B)}{R + G + B} \\
 V &= \frac{1}{3}(R + G + B)
 \end{aligned} \tag{4}$$

HSV 空间反映了人的视觉系统感知色彩的方式。研究表明：在一定的亮度条件下，同一物体在阴影区域和不在阴影区域的色调基本一致，饱和度略有降低，阴影主要会使目标区域色彩的明暗发生变化。利用这一特点就可以对车辆阴影进行检测。

3.2 阴影检测

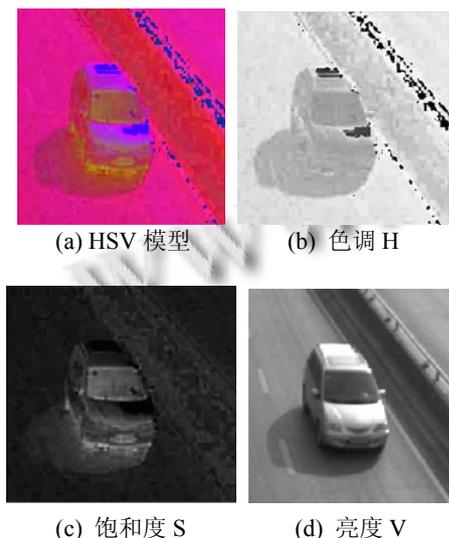


图 3 HSV 模型以及 H、S、V 三个通道

根据上述理论分析，论文采用 HSV 模型进行车辆

阴影检测，该颜色模型的色调、饱和度、亮度三个分量对于阴影检测有较好的效果。图 3 是单车的 HSV 模型以及 H、S、V 三个通道：

图 3 可以看出：在色调分量中，目标车辆的阴影与车体基本一致；在饱和度分量中，阴影与车体有一些差别；在亮度分量中，阴影与目标车辆和背景的高度差别最大。根据 HSV 空间的这一特性可以将目标车辆与阴影区别开来。

3.3 阴影去除

通过 3.2 分析，针对 HSV 模型中的 H、S、V 这三个分量，阴影判别和去除的公式如 3.2 所示：

$$S(X) = \begin{cases} shadow & \alpha < \frac{C(X)}{B(X)} < \beta \text{ and} \\ & \text{abs}(C(X) - B(X)) < T \text{ and} \\ moving_object & \text{abs}(C(X) - B(X)) < T \\ & \text{else} \end{cases} \tag{5}$$

上式中， $C_i(X)$ ， $B_i(X)$ ， $T(X)$ 分别表示当前待检测的像素在 HSV 空间下前景和背景以及相应阈值的 H、S、V 分量，其中 $i=H, S, V$ 。 α 和 β 是阴影与背景之间亮度分量的比例阈值，两者都是小于 1 的变量， α 的取值考虑到光线的强弱，光线越强， α 的取值就越小。在固定的交通场景中，判别阴影存在区域的阈值 T^S ， T^H ， α ， β 可通过实验确定。

阴影判别之后，结合背景差分法去除阴影。背景差分法的前景与背景相减量可以是灰度值、亮度值、色度值或其它参数，本文采用亮度值相减，具体步骤如下：

- 1) 将拍摄到的 C_k 和 B_k 转换成亮度图像。
- 2) 判断亮度图像是否满足判别式(5)，如果满足，则该像素点为车辆阴影区域；反之，则为目标车辆区域。
- 3) 用 B_k 中该点的像素值取代阴影在该点的像素值。
- 4) 背景差分法分离背景与目标物，去除阴影，得到真正的目标车辆。

4 算法原理

针对固定场景的交通控制系统，采用背景差分法将拍摄到的交通前景图像减去预先得到的背景图像，得到目标物的存在区域。对于存在阴影的目标物区域，采用本文提出的方法检测与去除阴影；如果目标物区域不存在阴影，则进行下一帧图像的判断。算法的流

程如图 4 所示:

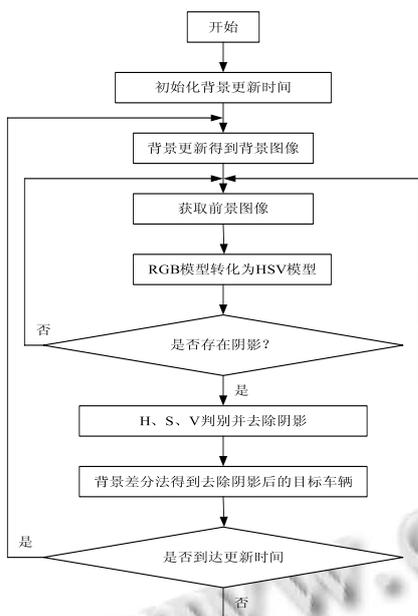


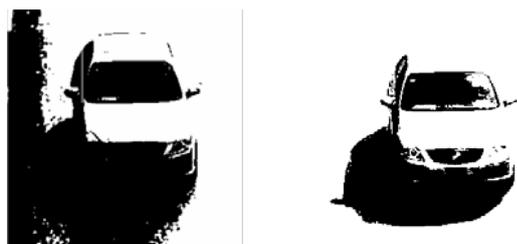
图 4 阴影检测与去除流程

算法利用 HSV 颜色模型检测阴影, 结合背景差分法去除阴影, 算法简单, 可以满足视频监控系统的实时性要求。

5 结果分析

阴影去除实验结果如图 5 所示, (a)、(b)图中, HSV 二值化图像比 RGB 二值化图像更加清晰的描述了车辆阴影区域, (c)图和(d)图表明: 当比例阈值 $\alpha = 0.3$, $\beta = 0.8$ 时, 去除阴影的同时模糊了车体轮廓; 当比例阈值 $\alpha = 0.4$, $\beta = 0.7$ 时, HSV 模型比较准确去除车辆的投射阴影, 车辆的轮廓图像清晰可见。

经过大量实验数据测试, $\alpha = 0.8$, $\beta = 0.6$, 比例阈值选取为 $\alpha = 0.4$, $\beta = 0.7$ 时, 阴影去除效果较好, 且目标车辆检测精度较高。



(a)RGB 模型二值化图像 (b)HSV 模型二值化图像



(c)去除阴影 $\alpha = 0.3$, $\beta = 0.8$ (d)去除阴影 $\alpha = 0.4$, $\beta = 0.7$
图 5 单车辆阴影去除

在交通场景中采用论文提出的方法, 选择合适的 α 和 β 值, 可实现多车辆的阴影去除, 解决车辆之间的粘连问题, 以保证车辆的正确计数。实验结果如图 6 所示, (a)图是 HSV 模型下的二值化图像, (b)图是在 $\alpha = 0.4$, $\beta = 0.7$ 的阴影去除, (c)图中 $\alpha = 0.3$, $\beta = 0.8$, (d)图中 $\alpha = 0.5$, $\beta = 0.6$:



(a)HSV 二值化图像 (b) $\alpha = 0.4$, $\beta = 0.7$
(c) $\alpha = 0.3$, $\beta = 0.8$ (d) $\alpha = 0.5$, $\beta = 0.6$
图 6 多车辆阴影去除

实验结果可以看出: 图 6 采用改进的基于 HSV 色彩空间与背景差分法, 解决了车辆之间的粘连问题, 在确定参数 α 和 β 时, $\alpha = 0.4$, $\beta = 0.7$ 是比较合理的参数选取。

通过单车辆和多车辆阴影的检测与处理结果, 结合背景差分法的基于 HSV 空间阴影去除法比较准确

去除了交通路口排队等待的静止车辆和运动车辆阴影,从而解决车辆的误判断及车辆之间的粘连问题,保证车辆检测的正确性。

6 结语

目标车辆检测与跟踪是智能交通控制系统的关键技术,而由于光照变化产生的目标车辆阴影的检测与去除将会直接影响到交通控制的合理与否。

本文在 HSV 色彩空间的基础上,采用亮度分量为,色调与饱和度分量辅助的方法对目标车辆的阴影进行检测,结合背景差分法去除车辆阴影,实验结果证明该方法可以比较正确的去除由光照变化产生的阴影,较好的避免车辆的误提取,算法简单、快速,在智能交通控制系统中具有一定的应用价值。

参考文献

- 1 Prati A, Mikic I. Detecting moving shadows: algorithms and evaluation. *IEEE Trans. on Pattern and Machine Intelligence*, 2003,25(7):918-923.
- 2 Fung GSK, Yung NHC, et al. Towards detection of moving cast shadows for visual traffic surveillance. 2001:2505-2510.

- 3 付萍,方帅,徐心和,等.视频监控系统中运动目标检测的阴影去除方法. *计算机工程*,2007,33(10):22-24.
- 4 张玲,程义明,谢于明,等.基于局部二元图的视频对象阴影检测方法. *系统工程与电子技术*,2007,29(6):974-977.
- 5 黄鑫娟,周洁敏.基于光度特性和多梯度分析的运动阴影去除法. *计算机应用*,2010,30(2):370-373.
- 6 刘辉,杨晨晖,等.一种基于边缘信息与 HSV 颜色空间相结合的阴影检测算法. *现代计算机*,2009,39:51-55.
- 7 林洪文,涂丹,李国辉.基于统计背景模型的运动目标检测方法. *计算机工程*,2003,29(16):97-108.
- 8 Cucchiara R, Grana C, Picardi M, et al. Detecting Objects, Shadows and Ghosts in Video Streams by Exploiting Color and Motion Information. *Proc. of the 11th International Conference on Image Analysis and Proceeding (ICIAP 2001)*. 2001-9Gligor VD, Donescu P. Fast encryption and authentication: XCBC encryption and XECB authentication modes. Matsui M, ed. *FSE 2001*. LNCS 2355, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002: 92-108.

(上接第 41 页)

确得到明显的提升,这不仅能够提供更好的客户感受,而且由于 CPU 占用降低,系统能够承载更多的用户。因此,下一步工作可以设计减少呼叫数据库的数目,从而减少数据同步量,降低网络带宽,并减轻日常管理维护工作。

6 结语

虽然内存数据库能够提供比磁盘数据库更好的性能,并且其实现的代价低于同等性能要求情况下增加硬件的成本。但是它的应用也需要付出一定的代价。由于内存数据库启动时间长,必须有后台磁盘数据库做容灾,在内存数据库主库和备库都异常宕库的情况下接管呼叫处理工作,保证业务的连续性。另外,内存数据库执行存储过程的效率不高,必须将存储过程改写为动态库,从而增加了开发的难度。

尽管如此,内存数据库仍然十分值得研究和应用。内存数据库代表未来数据库技术发展的一个新方向,

在下一代网络中,随着业务智能的提高,数据处理的复杂度、规模和性能要求越来越高,采用内存数据库来改善系统性能将不可避免。

参考文献

- 1 Shen QW, Liao JX. A CVM approach for service migration. *Proc. of International Symposium on Communications and Information Technologies*. 2005:775-778.
- 2 Garcia-Molina H, Salem K. Main memory database systems: an overview. *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*. 1992,4(6):509-516.
- 3 李通洋,朱晓民.彩铃数据高效同步的设计与实现. *中国科技论文在线*,2009-02-13.
- 4 IBM Corporation. *IBM SolidDB and IBM SolidDB Universal Cache High Availability User Guide (Version 6.3)*, 2009.
- 5 IBM SolidDB. [2010-8-19]. <http://www.ibm.com/developerworks/data/products/soliddb/>