

交通视频序列阴影检测算法研究

万峻甫¹⁾ 刘建伟¹⁾ 向怀坤²⁾ 曹 泉²⁾ 王钧生²⁾

¹⁾(哈尔滨工业大学深圳研究生院, 深圳 518055) ²⁾(哈尔滨工业大学智能交通研究中心, 深圳 518055)

摘 要 针对交通视频序列中的阴影检测问题,在分析目前常用的几种阴影检测算法的基础上,提出了一种基于交通视频流的灰度图阴影检测算法。该算法首先通过建立一个具有鲁棒性和自适应性的背景模型来获取背景,同时对阴影进行初步模糊滤除,然后再通过车体的重构来准确去除阴影。实践表明,该算法准确度高,具有广泛的应用前景。

关键词 阴影检测 视频图像处理 智能交通系统

中图法分类号:TP391.41 **文献标识码**:A **文章编号**:1006-8961(2008)03-0467-05

Research on Shadow Detection in Grayscale Video Sequence for Traffic Images

WAN Jun-fu¹⁾, LIU Jian-wei¹⁾, XIANG Huai-kun²⁾, CAO Quan²⁾, WANG Jun-shen²⁾

¹⁾(Harbin Institute of Technology Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055)

²⁾(ITS R&D Center Harbin Institute of Technology Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055)

Abstract Analyzing the characteristics of the shadows in traffic video sequence, we propose a small improvement to an existing background modal based on several current shadow detection algorithms, and incorporate a novel technique for shadow detection in grayscale video sequence. We gain the background establishes a robustness and auto-adapted background modal. First we filtrate the shadow fuzzily, and then re-establish the images of car to remove the shadow exactly. This algorithm works well for traffic video sequence, and has a widespread application prospect.

Keywords shadow detection, image process, intelligent transportation system

1 引 言

在智能交通系统(intelligent transportation system, ITS)中,基于视频图像的实时动态交通信息采集技术仍然是研究热点之一。随着我国ITS建设的深入,对交通信息,尤其是实时动态交通信息的需求量巨大,而电子技术的飞速发展则为视频交通信息采集系统走向实用化、大众化奠定了坚实的基础。在视频交通信息采集系统中,运动车辆的自动检测与识别是技术关键,在众多的影响因素中,目标阴影对运动车辆

的检测与识别精度影响较大,甚至会导致系统整体性能下降。在实际应用系统中,由于目标总是伴有阴影,因此大多数的目标必须在去除阴影后才能正确检测与分割。目前有很多阴影检测算法^[1-3],它们大体可分为以下几种:①在HSV彩色空间^[4],利用色度、饱和度和亮度3方面的信息建立背景模型来对阴影进行检测和识别;②在RGB彩色空间中^[5],用矢量来表征像素点,并以当前图像中的像素点矢量与对应的背景点的矢量相减来得到能表征亮度和色度的彩色模型,然后在此基础上建立背景模型;③利用阴影的光学特性,并结合纹理特征,采用区域

生长的方法来检测阴影^[6]。虽然 RGB 或 HSV 彩色空间的图像可为阴影检测提供更多的信息,但是当使用单色摄像机时,只能基于灰度图来进行阴影的识别和处理。

本文以视频监控系统应用为目的,借鉴国内外相关的研究成果,提出了一种基于视频灰度图的阴影检测算法。

2 车辆阴影特征分析和算法流程

阴影提供了光源的方向信息。阴影可分为以下两部分:一是本影 (self shadow),二是投影 (cast shadow),其中本影本身是物体的一部分,它本身没有被光源照射,而投影则紧贴着物体,属于背景的一部分。从图 1 可以看出,本影和投影的特征很相近,尤其是在光照度特别低的情况下,本影和投影的相似性更加明显,由于投影和本影紧联在一起,所以区分本影和投影有一定难度。如果物体的灰度和阴影的灰度相差不大,在进行图像处理后往往会使阴影去除不净,或者导致物体不完整。

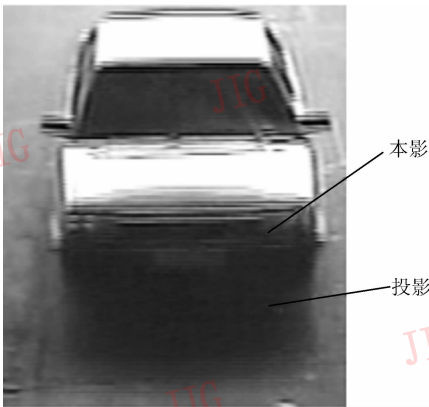


图 1 阴影示例图
Fig. 1 Hilbeshadow example

本文针对上述难点,在对阴影特征进行分析的基础上,研究提出了一种针对交通视频流的基于灰度图的阴影检测算法,其具体流程见图 2。算法的核心内容是:首先通过对当前帧做背景差分来获取运动物体,其中包括与物体一起运动的阴影;然后对物体和物体的对应背景做边缘检测,由于车体内部的边缘要比阴影区域的边缘多得多,因此利用此特性,再对两个边缘进行差分处理,就可以有效去除阴影部分的影响,但由于在去除阴影的同时,容易使车

体的一些信息丢失,因此须对车体进行重构处理。具体内容在下文中一一给出。

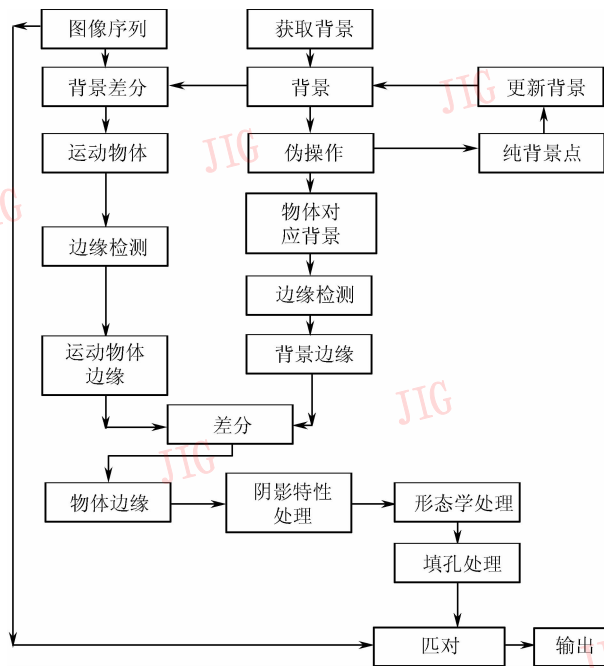


图 2 阴影检测和去除算法流程图
Fig. 2 Algorithm flow chart of shadow detection and remove

3 算法实现

3.1 背景提取

大家知道,好的视频图像背景是算法的关键影响因素之一。本文先介绍 W4 模型^[7]是否有效,然后在该模型上做一些小的改进,以期获取好的图像背景。W4 背景模型是从背景图像统计序列中,通过双峰分布构建的具有鲁棒性的背景模型。其算子分为以下两个阶段:(1)通过统计几秒钟中值滤波后的图像来分离不动体和运动体,通常需要 20~40s,由于车辆较少,因此实验中取 100 帧(4s)进行统计已经足够;(2)用不动体来构建初始背景。具体构建过程如下:

V 代表一个连续的具有 N 幅图像的序列, $I_k(i, j)$ 代表在图像序列中第 k 幅图片坐标点 (i, j) 的灰度值, $\sigma(i, j)$ 和 $\mu(i, j)$ 分别代表该点的方差和均值。初始化背景模型由 3 个向量组成,对像素点 (i, j) 来说,在序列 V 中, $I_{\min}(i, j)$ 代表像素点 (i, j) 灰度的最小值, $I_{\max}(i, j)$ 代表像素点 (i, j) 灰度的最大值, $d_{\max}(i, j)$ 代表像素点 (i, j) 的最大帧间差分。背景初始模型 $B(i, j) = [I_{\min}(i, j), I_{\max}(i, j), d_{\max}(i, j)]$ 可表示为

$$\begin{bmatrix} I_{\min}(i,j) \\ I_{\max}(i,j) \\ d_{\min}(i,j) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \min I_k(i,j) \\ \max I_k(i,j) \\ \max |I_k(i,j) - I_{k-1}(i,j)| \end{bmatrix} \quad (k \in V) \quad (1)$$

根据文献[6],若要保证在背景的统计中仅仅是不动点,可在获取背景之后,再通过对每一个输入第 k 幅图像 $I_k(i,j)$ 和背景做差分来获得运动物体。如果像素点的灰度值满足

$$|I_k(i,j) - \mu(i,j)| \leq 2\sigma(i,j) \quad (2)$$

那么此像素点就为背景点。但是即使像素点的灰度值在 $I_{\min}(i,j)$ 和 $I_{\max}(i,j)$ 之间,式(2)的计算结果也经常把运动点判断为背景点。为了解决这个问题,本文采用修正条件来确定运动物体,即

$$\begin{aligned} I_k(i,j) &> I_{\min}(i,j) - kd_{\min}(i,j) \&\& \\ I_k(i,j) &< I_{\max}(i,j) + kd_{\min}(i,j) \end{aligned} \quad (3)$$

为使背景自适应增强,可对背景时刻进行更新:

$$\begin{aligned} B_k(i,j) &= B_{k-1}(i,j) \times \alpha + I_k(i,j) \times (1 - \alpha) \\ I_k(i,j) &\in R_1 \end{aligned} \quad (4)$$

式中, R_1 为动态区域, α 为更新系数。

$$\begin{aligned} B_k(i,j) &= B_{k-1}(i,j) \times \beta + I_k(i,j) \times (1 - \beta) \\ I_k(i,j) &\in R_2 \end{aligned} \quad (5)$$

式中, β 为更新系数(本文分别定义为 0.005, 0.05), R_2 为静态区域。此公式代表对背景点进行更新速度较快,而非背景点更新速度较慢,这样就可获得一个比较真实的和自适应性比较强的背景。

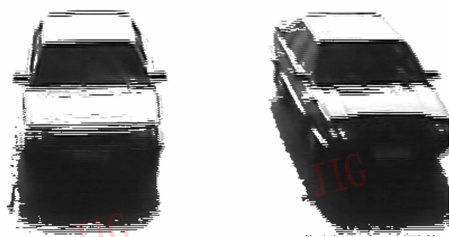
3.2 阴影去除

通过分析阴影的特性可知,阴影部分的边缘相对于车体本身的边缘要少得多。图 3(d)显示了车体与与车体相连的阴影部分的边缘检测结果,由该检测结果可以发现,车体内部(车体本身)的边缘要比车体外部(阴影部分)的边缘要明显得多。本文称车体本身的边缘特性为强边缘特性,而称阴影部分的特性为弱边缘特性,为了分离强边缘特性和弱边缘特性,可对与车体本身对应的背景进行边缘检测,先获取一个弱边缘(如图 3(e)所示);然后用运动部分的边缘和背景边缘做差分,这样就可以去除阴影(如图 3(f)所示)。

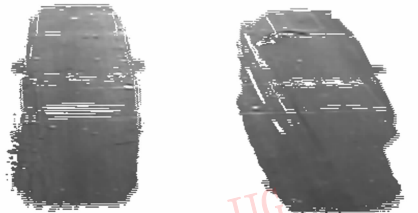
图 3(a)~图 3(f)显示了阴影去除的过程。图 3(a)为实际的物体场景,图 3(b)为物体经过分离背景后的图像,图 3(c)为物体所对应的背景图像,图 3(d)为提取的物体边缘图像,图 3(e)为与物体对应的背景边界的提取结果,图 3(f)为图 3(d)和图 3



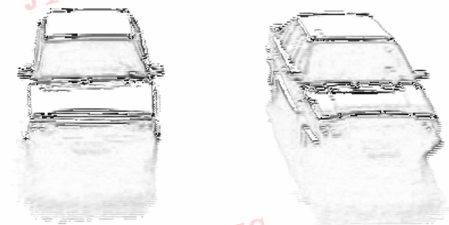
(a) 实际图像



(b) 背景分离后图像



(c) 车体背景图像



(d) 车体边缘图像



(e) 背景边界



(f) 差分图像

图 3 阴影的检测和去除示例

Fig. 3 Example of detecting and removing the shadow

(e) 的差分,也就是对物体进行边缘提取后的图像和与物体对应的背景图像进行的差分结果。针对不同的效果,本文采用 Robert 算子获得的检测效果最佳。

3.3 车体重构

基于本影和投影的特性,由于在阴影区没有一种特定的灰度值分布,而且可能车体和阴影区有相同的灰度特性,所以需要车体进行重构。下面将根据物体的边缘信息和阴影特性来重构车体。

在阴影区域不仅有一定的入射光被挡住,而且在阴影区域有多种原因导致阴影的灰度值较低(如图 4(a)所示)。

NCC(national computing center)提出了一种很好的对区域中的阴影进行估计的方法。该方法提出,阴影和阴影对应的背景的像素之间存在着一定的比率关系,但由于这种比率关系有时会错误而导致运动物体本身(车体)也会错误地被认为是阴影,阴影区域内的每一个像素值在邻域内大体上是一个常数。若考虑一个 $(2M + 1) \times (2M + 1)$ 大小的邻域,并将其定义为 R ,本文定义 $M = 1$,则被定义的阴影满足以下公式:

$$\sigma\left(\frac{I(i,j)}{B(i,j)}\right) < \sigma_{\max} \&\&$$
$$\sigma_{\min}\left(\frac{I(i,j)}{B(i,j)}\right) < 1 \tag{6}$$

$B(i,j)$ 为背景的坐标点 (i,j) 的灰度值, $I(i,j)$ 为当前帧的坐标点 (i,j) 的灰度值。 $\sigma\left(\frac{I(i,j)}{B(i,j)}\right)$ 为在邻域 R 中的 $\left(\frac{I(i,j)}{B(i,j)}\right)$ 方差, $\sigma_{\max}$ 为在邻域 R 中的 $\left(\frac{I(i,j)}{B(i,j)}\right)$ 最大方差,此值为阈值,一般根据实验数据获得。 $\sigma_{\min}$ 也为阈值,主要是为了防止把图像中像素值特小的像素判断为阴影,例如车窗和车前的本影。实验结果如图 4 所示。

经过前面的车体重构处理,下面还需对车体进行完善。本文采用形态学处理方法来对车体进行填充,首先把车体中有孔的地方填充起来,然后通过和当前帧进行对比来恢复原图像,获得的恢复图像如图 4(d)所示,最后把图片散点滤出,剩下的车体如图 4(e)所示。

4 结 论

本文通过改进和运用已有的方法来获取背景,

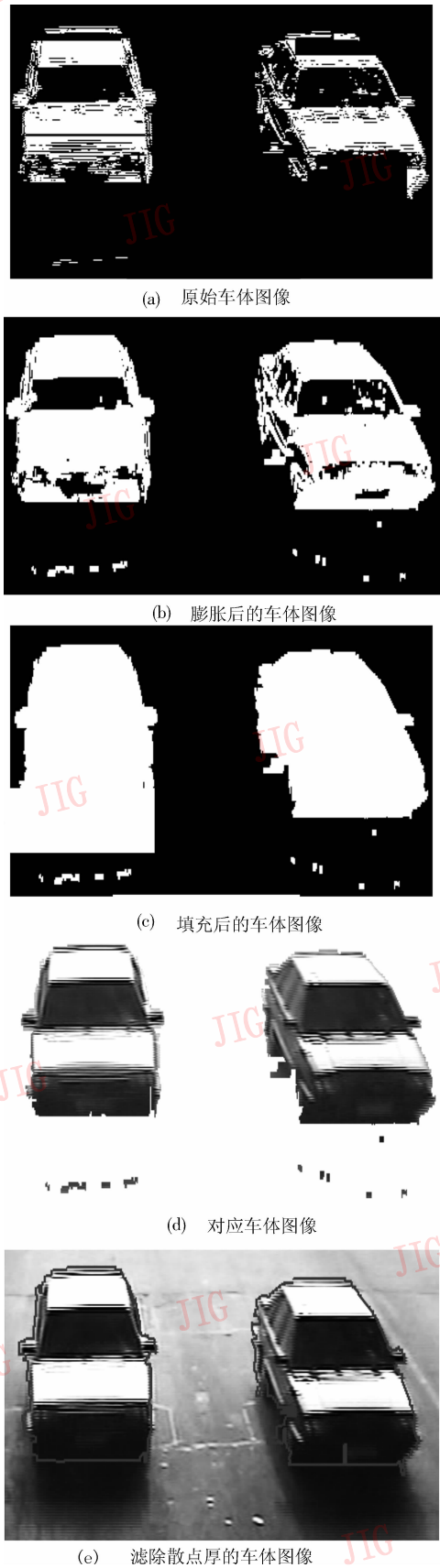


图 4 车体重构
Fig. 4 Rebuilding the images of car

同时提出了一种基于交通视频流的灰度图阴影检测方法。该方法重点突出了以下 3 点:①获取背景模型,即获得一个具有鲁棒性,自适应能力强的背景模型;②阴影检测,即针对阴影本身的特性来去除阴影;③车体重构,即针对阴影的特性和车体本身的特性来准确去除阴影和重构车体。此算法还需要对 $\sigma\left(\frac{I(i,j)}{B(i,j)}\right), \sigma_{\max}, \sigma_{\min}$ 做进一步估计,这在下一步工作中将重点解决,以确保阴影的检测更加准确。

参考文献 (References)

1 Chien S Y, Ma S Y, Chen L G. Efficient moving object segmentation algorithm using background registration technique [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2002, 12(7) :577 ~ 586.

2 Cucchiara R, Grana C, Piccardi M, *et al.* Detecting moving objects, ghosts, and shadows in video streams[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(10) :1337 ~ 1342.

3 Elgammal A, Duraiswami R, Harwood D, *et al.* Background and foreground modeling using nonparametric kernel density estimation for visual surveillance[J]. Proceedings of the IEEE, 2002, 90(7) : 1151 ~ 1163.

4 Cucchiara R, Grana C, Piccardi M, *et al.* Improving shadow suppression in moving object detection with HSV color information [A]. In: Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems [C], Oakland, California, USA, 2001 : 334 ~ 339.

5 Wang J M, Chung Y C, Chang C L, *et al.* Shadow detection and removal for traffic images [A]. In: Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Networking, Sensing & Control [C], Taipei, Taiwan, China, 2004 : 21 ~ 23.

6 Rosin P L, Ellis T. Image difference threshold strategies and shadow detection[A]. In: Proceedings of the 6th British Machine Vision Conference[C], Birmingham, UK, 1994 : 347 ~ 356.

7 Haritaoglu I, Harwood D, Davis L. W4: Real time surveillance of people and their activities[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8) :809 ~ 830.