

一种改进的 ViBe 算法结合多特征融合的阴影移除方法

甘 玲, 赵华翔

(重庆邮电大学 计算智能重庆市重点实验室, 重庆 400065)

摘 要: 由于阴影会直接影响监控系统对运动车辆的识别, 因此如何有效移除阴影已成为重要的研究内容之一. 常用的运动检测 ViBe 算法存在“鬼影”问题, 从而干扰后续帧的检测效果. 基于色相的阴影检测算法易受噪声干扰, 且不适用于强光照变化的场景. 基于纹理的阴影检测算法不依赖于颜色特征, 对强光照变化的场景具有较好的健壮性. 鉴于上述算法的优劣, 提出一种改进的 ViBe 算法结合多特征融合的阴影移除方法. 首先在背景模型初始化中引入高斯分布概率密度函数, 并结合原 ViBe 算法进行模型更新, 然后再结合色相和纹理特征进行特征融合. 检测出阴影并最终移除阴影. 实验结果表明, 该方法能有效地检测出车辆且抑制“鬼影”, 并能在强光照等不同场合下有效地移除阴影, 准确地提取运动车辆.

关键词: 阴影检测; 阴影移除; 改进的 ViBe 算法; 色相特征; 纹理特征

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)11-0152-06

Shadow Elimination Based on Improved Vibe and Multiple Features Fusion

GAN Ling, ZHAO Hua-xiang

(Chongqing Key Laboratory of Computational Intelligence, Chongqing University of Posts & Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: Shadow removal is one of the most important parts of moving object detection in the field of intelligent video surveillance since the shadow definitely affects the recognition result. There is a flaw when ViBe algorithm is used to detect moving vehicles, that is, the ghost of moving vehicles would exist over a period in vehicles detection if moving vehicles exist in the first frame and interfere the following detection effect. Chromaticity-based approach are susceptible to noise, furthermore it is sensitive to illumination changes. Texture-based approach is highly distinctive, do not depend on colors and robust to illumination changes. In terms of the disadvantage of above approaches, a new improved ViBe algorithm combined with multiple features fusion, fusing chromaticity and texture is proposed in this paper. The initialization model would be initialized by Gaussian distribution probability function and updated according to original ViBe update algorithm in the proposed approach, next fusing the chromaticity feature and texture feature to remove the shadow. Experimental results show the proposed approach can detect the moving vehicles as well as remove the ghost effectively, and it is efficient and robust in shadow removing under different scenes.

Key words: Shadow detection; Shadow elimination; Improved ViBe algorithm; Chromaticity feature; Texture feature

1 引言

运动车辆识别和跟踪技术广泛应用于智能监控系统. 在这种情况下, 准确地检测运动车辆是智能监

控系统中最重要的要求. 然而, 现有方法存在不足: 运动车辆的阴影可能被误判为运动车辆的一部分, 从而导致运动车辆的识别以及跟踪的不准确. 因此, 阴影移除对于一个健壮、稳定的智能监控系统是十

收稿日期: 2015-01-07; 修回日期: 2015-03-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(61272195)

分必要的。

首先应进行阴影检测,常用方法分为基于模型的方法与基于特征的方法。根据在过去十年中所提出的方法,阴影检测方法可分为以下四类^[1]: (1) Cucchiara 等人提出的基于色相特征的方法^[2]; (2) S. Nadimi, B. Bhanu 等人提出的基于物理特性的方法^[3]; (3) Hsieh 等人提出的基于几何特征的方法^[4]; (4) Sanin 等人提出的基于纹理特征的方法^[5]。

基于色相的阴影检测方法易受噪声影响,对于强光照变化很敏感,且当遇到的阴影强度大时会导致阴影检测失败。基于纹理的阴影检测方法区别于其他方法,不依赖于其颜色特征,对光照变化具有较好的健壮性,但是当检测车辆纹理和路面纹理相似时会导致系统错误地移除前景车辆,造成车辆内部空洞,导致跟踪失败。为了解决以上问题,并结合各算法的优点,本文提出一种基于改进的 ViBe 算法并结合色相特征和纹理特征的多特征融合的阴影移除方法。

2 运动目标检测

现大多阴影移除算法都基于混合高斯模型提取运动目标,其计算量大,提取效果不佳,本文应用 ViBe 算法检测阴影,从而快速有效地检测到运动目标。

典型的运动检测算法,有光流法^[6]、帧间差分法^[7]、背景减法^[8]。光流法抗噪能力差且计算复杂,需要特定的硬件才能满足运动目标分割的实时性。帧间差分法对内部颜色一致且运动缓慢的物体,容易在运动目标中产生空洞,导致检测结果不准确。背景减除法是最常用的,也是现在研究最为成熟的。

2.1 ViBe 算法

ViBe 算法是由 Olivier Barnich 等在 2011 年提出的一种通用的基于背景减除思想的算法^[9],该算法首次采用随机选择机制和邻域传播机制来建立和更新背景模型,从而有效提高了准确度,增加了抗噪能力和减少了计算负载。其算法步骤:像素点背景建模、模型初始化和模型更新。但该算法存在一个缺点:如果第 1 帧中存在运动目标,在后续的检测过程中,第一帧存在运动目标的位置将会残留“鬼影”^[10],并且持续一段时间,导致“鬼影”的主要原因是由于 ViBe 算法在模型建立初期,第 1 帧中存在待检测的物体,使得检测物体像素所建立的模型中大部分为运动目标本身的像素值,从而导致了背景像素被检测为前景像素,由此可见,原 ViBe 算法建立模型初始化有待改进。针对 ViBe

算法存在的“鬼影”问题^[10],本文提出一种改进的 ViBe 算法,改进后的 ViBe 算法提出了一种新的初始化模型的方法,并结合 ViBe 算法的自身更新方法进行模型更新及其像素点分类进行像素点分类,该方法能有效地检测运动目标且克服原算法产生的“鬼影”问题。

2.2 改进的 ViBe 算法

针对 ViBe 算法存在的“鬼影”问题^[10],改进的 ViBe 算法提出了一种新的背景模型初始化方法^[11],引入高斯分布概率密度函数来完成模型初始化。该方法能有效地检测运动目标且克服原算法产生的“鬼影”问题。本文采用改进的 ViBe 初始化模型方法^[11]来更好地提取运动车辆,有效地减少了“鬼影”对运动车辆检测所造成的影响。

根据中心极限定理,监控视频序列图像中同一位置像素点的值在时间轴上也近似地服从高斯分布概率密度函数 $f(x)$ 。

高斯概率分布密度函数如式(1):

$$f(\chi, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\chi - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

高斯分布由 μ, σ 两个参数完全确定,第一个参数 μ 为高斯分布对应的均值,第二个参数 σ^2 是高斯分布的方差。根据监控视频图像像素值的这样一种特性,利用高斯分布函数为背景图像的每个像素点建立初始化背景模型,表示该像素点像素值的分布情况。在进行运动检测时,根据被检测像素值在对应高斯分布中出现的概率判定像素点分类为背景还是前景。其算法步骤如下所示。

(1) 初始化背景模型,即对图像中每一个像素点建立初始化背景模型。直接把当前图像的像素值赋给该像素点对应的高斯分布的均值 μ , 初始的 σ^2 值设置为一个相对较大的值。由此步所得背景图像替换原算法中的第一帧视频序列。

(2) 背景模型以及像素分类,从第 2 帧按原算法建立背景模型如式(2):

$$M^n(x) = \{v_1, v_2, v_3, v_4, \dots, v_n\} \quad (2)$$

为了能够通过 $M^n(x)$ 对像素点 x 分类,在欧几里得色彩空间中建立一个圆 $S_R(v(x)), S_R(v(x))$ 是以色彩空间的点 $v(x)$ 为圆心, R 为半径的圆。如图 1 所示。

在色彩空间内寻找与像素 x 点的欧几里得距离小于 R 的点,统计在该圆内的点数目 ∇ , 同时,给定一个阈值 $\nabla_{\min}$,如果满足式(2),点 x 将会被分类为背景,否则为前景。

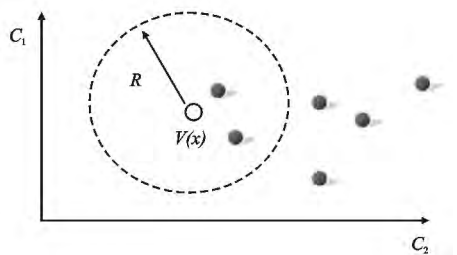


图1 色彩空间中像素点与背景像素点的分布

(3)背景模型更新,采用原算法的更新机制:无记忆的更新策略,该策略使得模型中的点的生命周期能够平稳衰退.时间的二次抽样,使其更新频率降低.散播背景点以达到线性一致,这样做的优点是当视频存在场景抖动时,检测算法不会产生大量的误检,提高检测的准确性.

图2展示了在第一帧存在运动车辆的情况下对ViBe算法和改进算法检测效果的对比图,图2(a)表示视频第1帧,图2(b)表示视频第55帧,图2(c)表示本文算法在第1帧时初始化背景模型后检测得到的背景图像,图2(d)表示理想情况下的路面背景图像.图2(e)表示原ViBe算法在第1帧时得出的检测二值图像,图2(f)表示本文改进的ViBe算法在第55帧得到的检测二值图像,图2(g)表示原ViBe算法在第55帧时得出的检测二值图像,图2(h)表示本文改进的ViBe算法在第55帧得到的检测二值图像,通过图2(g)和图2(h)的对比,可以看出原算法残留鬼影会导致误检的发生,尽管原算法也能够移除所产生的鬼影,但是原算法的移除速度欠佳.原算法清除掉所有鬼影时候已经是第351帧.相比较于改进算法,效率低并且准确性差.由图2(h)可以看出,相对于原算法有了很大改进,能抑制“鬼影”影响,且本文算法不会因为该改进算法重点针对鬼影的消除而影响对车辆的正常检测.因此,算法具有较好的鲁棒性.

3 基于多特征融合的运动目标阴影移除

3.1 基于色相特征的阴影移除

大多数的阴影移除方法通过分析阴影区域在被阴影遮挡前后图像属性变化来对阴影进行移除,基于对阴影的光学特性分析其颜色空间信息来实现阴影的检测与移除.其中本文采用的典型的基于颜色空间的方法,基于HSV(hue, saturation, value)颜色空间信息,HSV模型是根据颜色的直观特性创建的一种颜色模型,其颜色参数如下: 色调(hue),饱

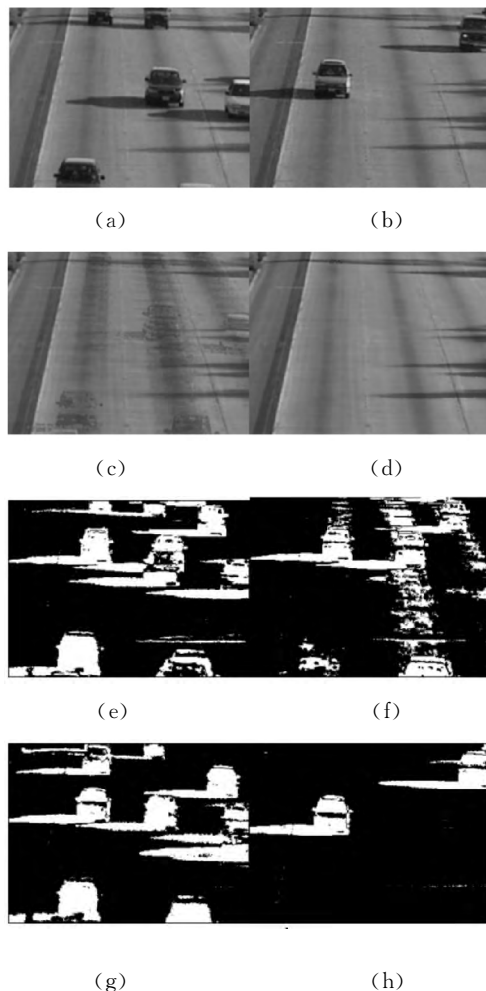


图2 ViBe算法和改进的ViBe算法第1帧含有车辆的检测结果对比图

和度(saturation),亮度(value). 基于假设阴影区域的亮度相对较暗,但是其色调和饱和度基本保持不变.由文献[2]提出的方法,如果式(3)的三个条件被满足,像素 p 将被划分为阴影区域像素.

$$\begin{aligned} \beta_1 &\leq (F_p^v/B_p^v) \leq \beta_2 \\ (F_p^s - B_p^s) &\leq \tau_s \\ (F_p^h - B_p^h) &\leq \tau_h \end{aligned} \quad (3)$$

首先实现颜色空间从RGB到HSV颜色空间的转换,其中 h , s 和 v 分别表示HSV颜色空间色调,饱和度和亮度.其中 $F_p^h, F_p^s, F_p^v, B_p^h, B_p^s$ 和 B_p^v 表示当前检测图像 F 的像素点 p 以及背景图像 B 的像素点 p 对应的 h, s, v 的值, β_1, β_2, τ_s 和 τ_h 是根据文献[2]中的实验经验采用的最优阈值. β_1 的取值最好在 $[0.6, 0.85]$, β_2 的值最好在 $[0.85, 0.97]$, τ_s 和 τ_h 的值最好在 $[0.1, 0.15]$.我们分别在两种场景下,进行了实验仿真,如图3所示.

实验结果如下:如场景二中在光照比较稳定,图

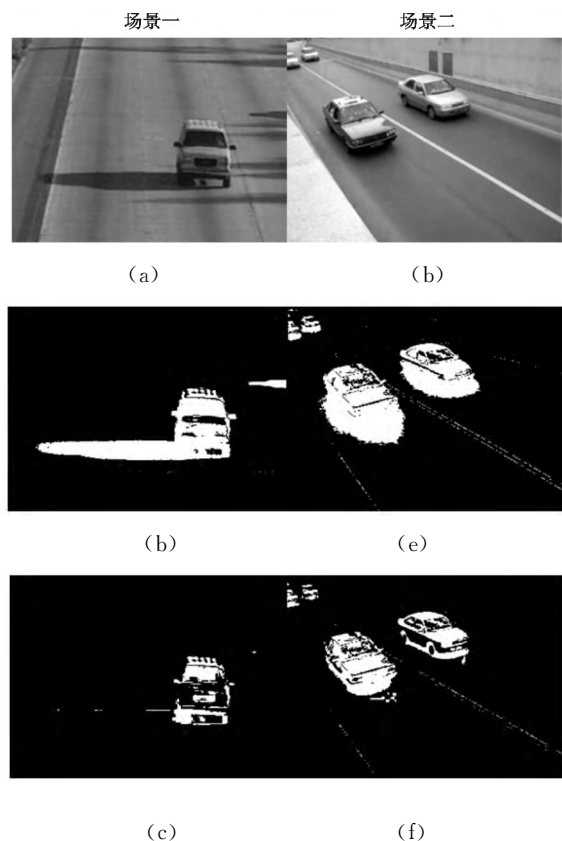


图3 基于色相的阴影移除

像的色调值和饱和度较高的情况下,能够取得不错的阴影移除效果,如图3(a)、图3(b)、图3(c)所示,若光照条件不稳定,该方法易受到场景的限制以及容易受到光照强度变化和噪声的影响。

3.2 基于纹理特征的阴影移除

基于纹理特征的阴影移除方法不易受光照变化影响,也能很好反映运动车辆的纹理信息。Sanin^[5]等人首次提出了利用颜色信息首先得到较大的阴影候选区域,然后利用基于梯度的纹理相关性移除阴影。其算法流程如下所示。

(1)首先利用其 HSV 颜色空间创建可能的阴影像素点的掩膜,为了增加阴影区域包含的可能的阴影像素点掩膜,根据其经验设置相对小的阈值。

(2)从所得的掩膜结果中获取连通分支,每个连通分支对应一个可能的阴影区域。

(3)每个连通分量相对应的像素点 $p = \{x, y\}$ 的梯度值以及梯度方向由式(4)及式(5)分别取得。

$$|\nabla_p| = \sqrt{\nabla_x^2 + \nabla_y^2} \quad (4)$$

$$\theta_p = \arctan2(\nabla_y / \nabla_x) \quad (5)$$

式中, ∇_x 和 ∇_y 分别表示水平梯度和垂直梯度, $\arctan2(\nabla_y / \nabla_x)$ 返回一个范围在 $[-\pi, \pi]$ 的值,当且仅当像素值的 ∇_p 大于一个确定阈值 τ_m 时,才考虑

该点。

(4)对以上步骤所选出的像素点 $p = \{x, y\}$ 计算其检测图像与背景图像的水平梯度和垂直梯度的方向差。计算如式(6):

$$\nabla\theta_p = \arccos \frac{\nabla^x_x \nabla^b_x + \nabla^x_y \nabla^b_y}{(\nabla^2_x + \nabla^2_y)(\nabla^2_x + \nabla^2_y)} \quad (6)$$

所得其结果 $\nabla\theta_p$ 值为一角度值。

(5)检测图像和背景图像的梯度方向关系表示如式(7):

$$c = \left\{ \sum_{p=1}^n H(\tau_a - \nabla\theta_p) \right\} / n \quad (7)$$

式中, n 是所选出的阴影区域像素点总量, $H()$ 表示一个函数步骤差值,当其差值 c 小于或等于阈值 τ_a ,判断该点不属于阴影区域我们标记 1,反之,当 c 大于阈值 τ_a ,判断该点属于阴影区域,并且从前景掩膜中移除阴影。

由图4(c)可知,检测图像的纹理特征明显,并且和背景图像纹理,梯度区别比较显著时,基于纹理的阴影移除方法能够取得不错的效果。如果背景图像梯度信息较少,或运动车辆和背景梯度特征比较相似时,体用基于纹理特征进行阴影移除的效果并不理想。

3.3 多特征融合的阴影移除

在图3(c)中,基于色相的阴影移除方法没能很好地移除阴影,因为此方法受场景限制,当且仅当在光照条件相对稳定的情况下,图像的色调值和饱和度较高的情况下,该方法能取得较好的阴影移除效果,如图4(c)所示。图4(c)中,在图像梯度纹理特征明显的情况下,基于纹理的阴影移除能达到一个良好的效果,因为此方法不易受光照变化影响以及不考虑其颜色空间信息。但在图4(f)中,运动车辆和背景的纹理相似的情况下,其阴影移除效果并不理想。从以上的理论与实验结果可以看出,基于色相的阴影移除方法和基于纹理的阴影移除方法有一定的互补性,所以结合两种方法的优点,融合其色相以及纹理的特征,提出一种多特征融合的阴影移除算法,可同时解决强光照变化,颜色空间信息不明显,以及车辆纹理、梯度信息与背景相似所造成的阴影误检问题。其融合方法的流程框架如图5所示。

本文首先利用改进的 ViBe 算法检测运动车辆,改进的 ViBe 算法较原 ViBe 算法有效且快速地消除“鬼影”所带来的影响。第一帧不存在运动车辆时,改进的算法也能保证其原算法的功能。再根据阴影覆盖区域梯度不变的原理,通过得到其背景图像和检测图像的梯度信息、运动车辆纹理的信息判断像素点是否为阴影像素点,然后结合其阴影区域

亮度相对较暗、色调和饱和度不变的性质,基于运动车辆色相的信息进行阴影像素点的判断. 经过图像分割后的二值图像,目标含有空洞、噪声边缘和少量的孤立噪声,为进行后续的目标特征提取和分析,必须对二值图像进行后处理,其处理算法步骤如下所示.

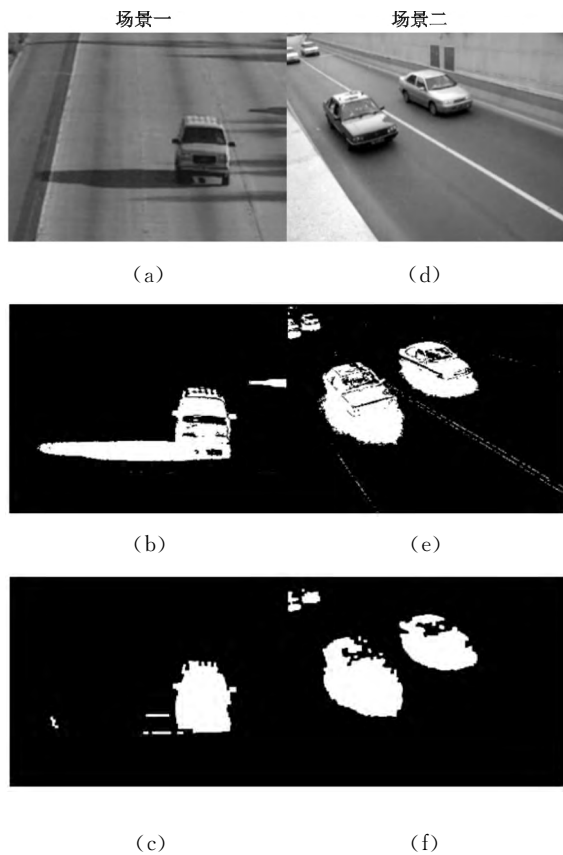


图 4 基于纹理的阴影移除

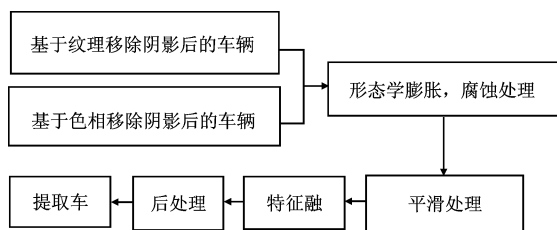


图 5 基于多特征融合的阴影移除过程

(1) 求取前景图像上的连通区域,得到连通区域集合 $L\{l_1, l_2, \dots, l_n\}$.

(2) 如果连通区域集合中 l_m 像素数小于 8,则删除此连通区域,得到新的联通区域集合 $L\{l_1, l_2, \dots, l_n - l_m\}$.

(3) 对 $L\{l_1, l_2, \dots, l_n - l_m\}$ 中每个连通区域进行统计,如果像素数大于 8 而小于 25,则认为此连通区域内存在空洞,即采用形态学膨胀腐蚀进行

填充空洞操作. 平滑处理对存在的噪声以及孤立点进行消除,再通过多特征融合操作 (cvOr) 进行得到最终的运动车辆区域,从而达到最终的阴影移除目的.

4 实验结果及分析

为验证本文方法,选取了用于国际经典的场景 HighwayL_raw.avi 视频以及一个真实场景 Highway2_Xvid.avi 视频进行了实验. 测试视频分辨率均为 320×240 像素,实验基于平台处理器 (64-bit, 1.8 GHz CPU, Intel(R) Core i5-3337U, 4 GB RAM,), 运行环境为基于 VS2010 配置计算机视觉库 OpenCv2.3. 采用核大小为 3×3 的中值滤波平滑处理,以及结构元素分别为 4×4 以及 2×2 的膨胀腐蚀操作. 经过以上过程的处理,很好地移除阴影,为后续的认识和跟踪增加了准确性和可靠性. 将图 6(d)、图 6(i)与图 6(e)、图 6(j)进行对比可以得出本文方法能很好移除阴影且准确地检测出运动车辆. 由图 3(c)可以看到基于色相的方法能移除大部分阴影,然而也更多地把运动车辆区域误判断为阴影而移除了. 由图 3(f)中可以看出,使用基于色相的方法能较好地保留其运动车辆区域信息. 由图 4(f)可以看到,基于纹理的方法把阴影误判断为运动车辆,然而在图 4(c)中能较好地移除大部分阴影,且保留了运动车辆本身区域. 由图 6(c)和图 6(h)中我们可以看到,融合的阴影移除方法取得了相对较好的移除效果.

5 结束语

本文采用改进后的 ViBe 算法来检测智能监控视频中的运动车辆,综合其色相和纹理互补的这一特性,提出了一种基于色相和纹理的多特征融合阴影移除算法,该方法能有效地改善由于光照强度变化以及运动车辆和背景图像梯度纹理相似所引起的误检问题. 实验结果表明,该种阴影移除方法效果良好,克服了其他背景减除法检测率和效率低的缺点,采用改进的 ViBe 消除了“鬼影”的影响,且采用互补的多种特征融合弥补了使用一种特征移除阴影的不足. 该阴影移除方法效果良好,但计算量相对于采用一种特征时稍大,不过现有计算机完全能支持,实验证明本文方法能较好地满足智能视频监控系统的实时性要求,且准确率高.

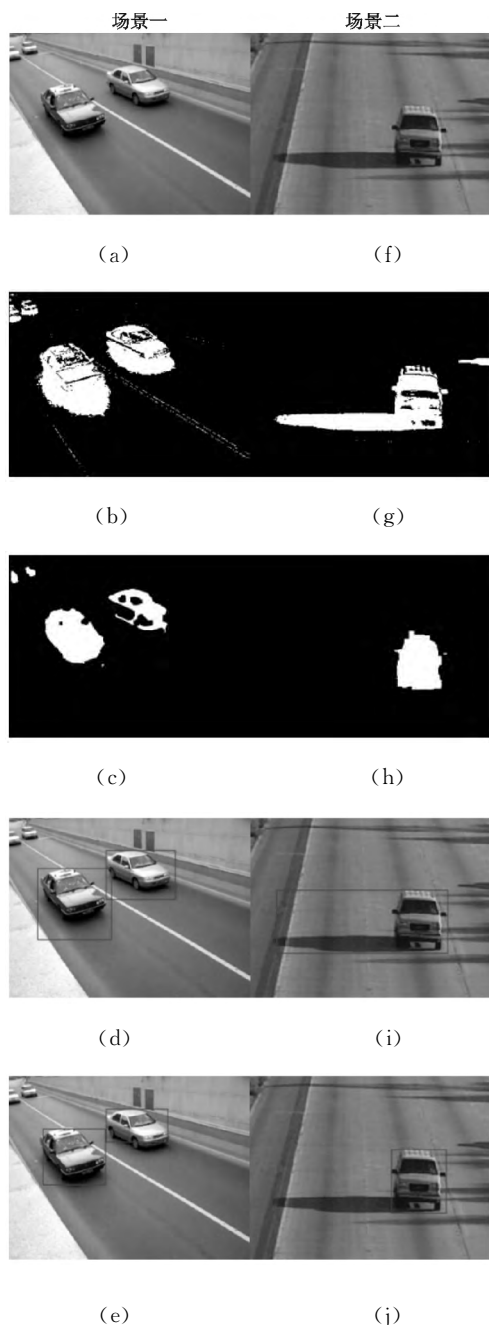


图6 多特征融合的阴影移除

参考文献:

- [1] Andres Sanin, Conrad Sanderson, Brian C Lovell. A survey and comparative evaluation of recent methods [J]. Pattern Recognition, 2012, 45(4): 1684-1695.
- [2] Cucchiara R, Grana C, Piccardi M, et al. Detecting moving objects, ghosts, and shadows in video streams

- [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(4): 8-12.
- [3] Nadimi S, Bhanu B. Physical models for moving shadow and object detection[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 26(6): 118-123.
- [4] Chia-Jung Chang, Wen-Fong Hu, Hsieh Jun-Wei, et al. Shadow elimination for effective moving object detection with Gaussian models[C]// Proc the 16th Intl Conf on Pattern Recognition. [s. l.]; IEEE, 2002: 540-543.
- [5] Sanin A, Sanderson C, Lovell B C. Improved shadow removal for robust person tracking in surveillance scenarios[C]// Proc the 20th Intl Conf on Pattern Recognition. Istanbul; IEEE, 2010: 141-144.
- [6] Horn B K P, Schunck B G. Determining optical flow [J]. Artificial Intelligence, 1981, 17(1-3): 185-203.
- [7] Neri A, Colonnese S, Russo G, et al. Automatic moving object and background separation[J]. Signal Processing, 1998, 66(2): 219-232.
- [8] Hu J S, Su T M. Robust background subtraction with shadow and highlight removal for indoor surveillance [J]. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2007, 14(1): 191-197.
- [9] Oliver Barnich, Marc Van Droogenbroeck. ViBe: a universal background subtraction algorithm for video sequences[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20(6): 88-94.
- [10] 杨勇, 孙明伟, 金裕成. 一种改进视觉背景提取 (ViBe) 算法的车辆检测方法[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2014, 26(2): 171-176.
- [11] Stauffer C, Grimson E. Adaptive background mixture models for real-time tracking[J] Proc IEEE Int Conf on Computer Vision and Pattern Recognition, 1999, 66(5): 246-252.

作者简介:

甘玲女, (1966-), 硕士研究生导师. 研究方向为计算机图形图像、计算机语言与编译系统.

E-mail: ganling@cqupt.edu.cn.

赵华翔男, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为智能信息处理、数字图像处理.