

文章编号:1671-8879(2017)05-0081-08

高速公路抛洒物事件图像检测算法

汪贵平¹, 马力旺¹, 郭璐², 王会峰¹, 张弢¹

(1. 长安大学 电子与控制工程学院, 陕西 西安 710064; 2. 西安爱生技术集团公司, 陕西 西安 710068)

摘要:针对现有高速公路异常事件检测方法计算量较大, 处理速度有限的问题, 提出一种高速公路抛洒物事件检测与违法车辆阴影抑制算法, 该算法根据视频序列中 5 帧图像之间运动目标位置差别很小的前提条件, 间隔进行 2 次三帧差分, 构成五帧差分; 在五帧差分的基础上, 在其差值之间做 2 次“与”运算, 利用此时运动目标变化区域的灰度值设定灰度检测门限, 得到前景目标图像, 通过对阈值的计算辨识得到需要的参数; 融合阈值自适应调整后的背景差分法, 获得前景目标图像, 将 2 帧结果图像通过“或”运算进行形态学处理后, 去噪平滑得到融合后的前景目标图像, 从而提取较高精度的运动目标; 同时利用视觉不变性, 将图像的像素值分解为色度分量和亮度分量进行阴影检测, 实现对强光照下违章车辆阴影的检测和抑制。研究表明: 该算法能兼顾处理速度和处理效果, 可实现对高速公路抛洒物事件的判别和检测, 并可有效处理典型高速公路异常事件, 能从阴影中有效地分割出肇事车辆, 处理速度可以达到 25 帧/s, 满足实时性要求。

关键词:交通工程; 图像; 算法; 抛洒物; 阴影检测

中图分类号: U491 文献标志码: A

Image detection algorithm for incident of discarded things in highway

WANG Gui-ping¹, MA Li-wang¹, GUO Lu², WANG Hui-feng¹, ZHANG Tao¹

(1. School of Electronic & Control Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;
2. Xi'an ASN Technology Group Company, Xi'an 710068, Shaanxi, China)

Abstract: In view of that the existing detection methods of highway abnormal events needed a large amount of calculation, and the processing speed was limited, this paper proposed a new method for incident detection of discarded things in highway and the shadow suppression algorithm for illegal vehicles. The algorithm used the preconditions of small difference in moving target position among 5-frame images of video sequence, and 2 times 3-frame difference were conducted at intervals to form 5-frame difference. On the basis of this, foreground target image could be got through twice “and” operation with the difference and gray scale detection threshold. The required parameters were obtained by calculation and identification of the threshold which was set by using gray value of the moving target changing area. Background-difference method of fusion threshold self-adaptation was used to obtain foreground target image. The two resulting images was processed using morphologic operator by “or” operation, and the fused foreground target image was obtained by denoising smooth so as to extract the moving target with high precision. Taking advantage of the visual invariance, the pixel values of the image were

收稿日期: 2017-04-30

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(61402052, 61203233); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(310832162007)

作者简介: 汪贵平(1963-), 男, 湖北麻城人, 教授, 工学博士, E-mail: gpwang@chd.edu.cn.

decomposed into luminance component and chrominance component for shadow detection, and detection and suppression of the shadow of vehicles under strong light was realized. The results show that the new algorithm can effectively deal with typical highway abnormal events, and the accident vehicle can be effectively segmented from the shadow. Moreover, the processing speed can reach 25 frames per second to meet real-time requirements. 5 figs, 25 refs.

Key words: traffic engineering; image; algorithm; discarded thing; shadow detection

0 引言

车辆抛洒物,如石头、掉落货物、饮料瓶、废纸箱、废旧轮胎,甚至遮雨布等时常会被抛洒或丢弃在高速公路路面上,此类抛洒物事件会对其他车辆造成安全隐患,带来经济和生命财产的损失。因抛洒物造成的交通事故已成为高速公路安全保畅的“重灾区”。

公路抛洒物事件是视频交通监控的一类典型交通违法行为,因此,运动目标的检测方法成为该领域的热点问题之一^[1]。文献[2]~[4]中设计的光流法(optical flow)是一种非迭代方法,是以灰度梯度几乎不变和亮度守恒约束假设条件为基础的目标检测方法,该方法在背景信息未知的情况下也可以测出运动目标,但是光流法计算量较大,抗干扰能力较弱,难以实现实时检测;文献[5]、[6]中均是基于帧间差分法设计的检测算法,对背景中的微小变化不敏感,有较强的抗干扰能力,缺点是提取的运动目标不完整,容易产生检测空洞;文献[7]~[9]中基于背景差分法进行检测,其研究思想都是当前帧减去背景图像,因此必须建立背景模型,背景模型的好坏直接影响检测结果的准确性,这种方法抗干扰能力较差,且背景模型的建立较为复杂;文献[10]中设计了一种基于块像素统计的抛洒物检测系统,用 Kalman 滤波进行移动目标质心预测,然后利用支持向量机(support vector machine, SVM)进行识别分类,该方法可以从场景中准确地检测出抛洒物,但由于涉及到 SVM 分类,计算量较大,处理速度有限,因此仅限于理论研究,且由于硬件发展水平的局限性,被实际应用的很少。

自 20 世纪 60 年代以来,国外已经形成了多种交通事件检测方法和技术^[11]。而中国首次接触交通事件视频检测器是在 2000 年以后,且大部分直接使用国外设备,其中,沪宁高速采用的是比利时 Traficon 公司的核心技术。中国在该领域的研究起步较晚,时间尚短,交通事件检测市场还不成熟^[12-17]。

鉴于此,本文结合现有检测方法的优点,设计了一种高速公路抛洒物事件检测系统,该算法结合五帧差分与阈值自适应调整的背景差分法进行融合估计,实现对高速公路抛洒物事件的检测;同时提出一种基于视觉不变性的违法车辆去阴影算法,将图像的像素值分解为色度分量和亮度分量进行阴影检测,实现对强光照下违法车辆阴影的检测和抑制。

1 高速公路抛洒物检测算法

1.1 检测算法整体架构

算法整体框架如图 1 所示,首先利用视频序列中 5 帧之间运动目标位置差别很小的前提条件,间隔进行 2 次三帧差分,构成五帧差分,然后在其差值之间做 2 次“与”运算,利用此时运动目标变化区域的灰度值设定灰度检测门限可得到前景目标图像,通过对阈值的计算辨识得到需要的参数,利用背景差分计算获得前景目标图像,将 2 帧结果图像通过“或”运算进行形态学处理后,再进行去噪平滑得到融合后的前景目标图像,从而提取较高精度的运动目标^[18-19]。

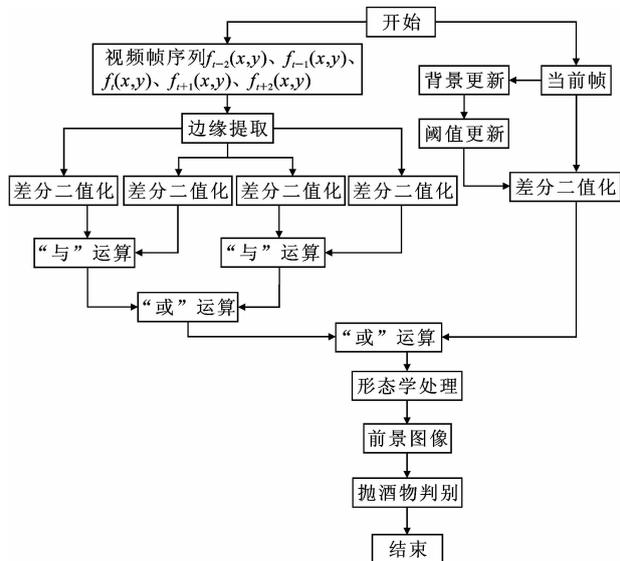


图 1 检测算法的整体框架

Fig. 1 Overall framework of detection algorithm

1.2 五帧差分法

传统三帧差分法可以检测出运动目标的轮廓,在高速情况下,检测到的轮廓经常表现为不连续状态,同时会出现“空洞”现象^[19-25]。因此,三帧差分并不能完整准确地检测目标,尤其在低对比度的跟踪环境中,对三帧差分间目标重叠部分的检测效果不够理想。在此基础上,设计了一种五帧差分法,可以有效克服三帧差分法的不足,从而更精确地检测出运动目标。

选取 5 帧视频信号 $f_{t-2}(x, y)$ 、 $f_{t-1}(x, y)$ 、 $f_t(x, y)$ 、 $f_{t+1}(x, y)$ 、 $f_{t+2}(x, y)$, 其中, t 为时间, (x, y) 为像素点集合, x, y 分别为像素点的横、纵坐标。利用中间帧 $f_t(x, y)$ 分别与前 2 帧和后 2 帧做差分运算, 得到差分结果为

$$D_{13}(x, y) = |f_t(x, y) - f_{t-2}(x, y)| \quad (1)$$

$$D_{23}(x, y) = |f_t(x, y) - f_{t-1}(x, y)| \quad (2)$$

$$D_{34}(x, y) = |f_t(x, y) - f_{t+1}(x, y)| \quad (3)$$

$$D_{35}(x, y) = |f_t(x, y) - f_{t+2}(x, y)| \quad (4)$$

式中: $D_{13}(x, y)$ 为当前帧与前 2 帧差分结果; $D_{23}(x, y)$ 为当前帧与前 1 帧差分结果; $D_{34}(x, y)$ 为当前帧与后 1 帧差分结果; $D_{35}(x, y)$ 为当前帧与后 2 帧差分结果。

将差分后的结果 $D_{13}(x, y)$ 和 $D_{35}(x, y)$, $D_{23}(x, y)$ 和 $D_{34}(x, y)$ 分别进行“与(\otimes)”运算, 即

$$D_1 = D_{13}(x, y) \otimes D_{35}(x, y) \quad (5)$$

$$D_2 = D_{23}(x, y) \otimes D_{34}(x, y) \quad (6)$$

式中: D_1 为前 2 帧和后 2 帧的“与”运算结果; D_2 为前 1 帧和后 1 帧“与”运算的结果。

基于此时运动目标变化区域的灰度值, 设定灰度检测门限可以较准确地得到运动目标在视频图像中的位置, 此时可以提取运动目标。“与”运算能够有效克制“或”运算造成的目标重叠现象。

对 D_1 和 D_2 进行滤波处理, 再进行动态阈值二值化处理, 然后将其结果进行“或(\oplus)”运算, 得到最终的目标轮廓 $D(x, y)$

$$D(x, y) = D_1 \oplus D_2 \quad (7)$$

1.3 背景提取与更新

在提取背景图像的过程中, 为检测区域中各个像素点, 可建立单高斯模型。实际测试过程中发现, 静止检测区域中各个像素的亮度值均满足高斯分布, 当有目标运动时, 动态目标的变化不符合高斯分布, 即可判别为前景目标。

在各像素的单高斯模型中, 时间段 n 帧图像内, 每个像素都服从均值为 μ_i 、标准方差为 σ_i 的高斯分

布, 且相对独立, 其中, 第 i 帧图像的像素点集合 (x, y) 在 n 帧内满足高斯分布 $P(X_i)$, 即

$$P(X_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} e^{-(g_i - \mu_i)^2 / 2\sigma_i^2} \quad (8)$$

式中: X_i 为随机变量, 即任意像素点; g_i 为第 i 帧各像素点 (x, y) 的灰度值。

另外, 集合 (x, y) 在 n 帧图像内的参数均值 μ_i 和标准方差 σ_i 为

$$\mu_i = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{T-1} g_i \quad (9)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=0}^{T-1} (g_i - \mu_i)^2} \quad (10)$$

式中: T 为 n 帧图像内的参数个数。

视频各帧的各个像素点 (x, y) 的灰度值满足正态分布 $N(\mu_i, \sigma_i)$, (g_i, μ_i, σ_i^2) 即为需要的模型, 判断该点是前景点还是背景点的公式为

$$d(x, y) = \begin{cases} 1 & |g_{i+1} - \mu_i| \geq H\sigma_i \\ 0 & |g_{i+1} - \mu_i| < H\sigma_i \end{cases} \quad (11)$$

式中: $d(x, y)$ 为前景点或背景点的判断依据, 当 $d(x, y) = 0$ 时, 该点为前景点, 当 $d(x, y) = 1$ 时, 该点为背景点; H 为经验值, 选取范围通常为 $[2, 3]$, 本文中 H 取 2.5。

一般情况下, 监控设施是固定不变的, 受光照、阴影等实际情况的影响, 背景通常缓慢出现变化, 因此, 单高斯模型中背景也应考虑实时更新的情况, 以保证背景模型的实时性和准确性, 避免漏检。

模型中通过像素点的高斯分布参数 μ_i 和 σ_i 的变化来反映背景的更新, 满足像素点 (x, y) 被判定为背景的条件时, 即开始更新像素点参数 μ_i 和 σ_i , 其公式为

$$\mu_{i+1} = (1 - \alpha)\mu_i + \alpha d_i \quad (12)$$

$$\sigma_{i+1}^2 = (1 - \alpha)\mu_i^2 + \alpha d_i^2 \quad (13)$$

式中: α 为更新速率, $0 < \alpha < 1$; d_i 代表判断的像素点为背景点。

1.4 自适应阈值的辨识

在监控设施中, 做差分二值化的阈值 U 通常固定不变, 在调试时需人工干预, 缺少参数的自适应辨识, 因此, 在光照变化等外部条件下效果有限。为了适应光线变化, 在阈值的基础上增加 1 个动态值 ΔU , 自适应阈值设置为 U' , 即

$$U' = U + \Delta U = U + \frac{\lambda}{mn}$$

$$\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} |F(i, j) - G(i, j)| \quad (14)$$

式中: λ 为调节参数,可参照实际情况采用经验值,本文中取为2; m 、 n 分别为前景图像的长、宽; $F(i,j)$ 、 $G(i,j)$ 分别为前景图像光照后、光照前某像素点的值。

1.5 形态学处理

上述方法得到的前景图像存在干扰噪声,不利于目标图像的分析。因此,需通过对二值图像进行形态学处理,实现对噪声的抑制和消除。通用的方法是采用先腐蚀再膨胀的顺序,利用腐蚀运算消除孤立噪声点,然后对二值图像进行膨胀运算,从而填充运动目标的边缘空洞。

1.6 高速公路抛洒违法行为判别

经过基于多特征的多目标跟踪和运动轨迹分析后,可以得到最有可能的抛洒物目标范围(非车目标)。根据运动目标连续多帧的运动轨迹,可得出目标的运动参数,包括运动方向和运动速度。对于由车窗等处横向丢弃的抛洒物,其运动方向一般与当前车道的行驶方向形成一定角度,并且此抛洒物沿着类似于抛物线的运动轨迹落至路面,运动速度为0。对于由车后方货箱等处丢弃的抛洒物,其运动方向与当前车道的行驶方向基本一致,一段时间后,抛洒物落至路面并静止,运动速度为0。

因此,对当前目标的运动信息,包括运动方向和运动速度做进一步判定:当存在速度为0的目标时,认为当前目标为潜在的抛洒物;统计该目标的静止像素面积;考虑到抛洒物如塑料瓶、脱落物等尺寸相对于车辆来说非常小,可通过计算该目标的静止像素面积与其运动像素检测面积的比值,并参照经验判决阈值,来识别该目标是否为抛洒物。

从反映运动方向、运动速度、面积比值等特性出发,选择多个抛洒物特征,其定义如下

运动方向

$$\theta \geq 20^\circ \quad (15)$$

式中: θ 为摄像头观测方向与车行隔离线的夹角。

横向运动速度

$$v_x = L_x \frac{\Delta x}{R_x} f_{ps} \quad (16)$$

式中: v_x 为速度在横向的分量(m/帧); L_x 为视频图像对应的真实视野的横向跨度(m); R_x 为视频图像的横向跨度(像素); Δx 为运动目标在图像中的横向位移(像素); f_{ps} 为帧率。

面积比值 φ

$$\varphi = A_d / A_s \quad (17)$$

式中: A_d 为图像传感器获取的抛洒物面积; A_s 为图

像传感器获取的标准对比物面积。

1.7 试验效果

现场试验在 TMS320DM6446 平台上进行,该平台由 ARM926 子系统和 TMS320C64x+ 双核数字媒体处理器构成。此外,该平台还包含 DM6446 中专门负责视频输入输出的视频处理子系统(video processing sub-system, VPSS)和其他外设资源。VPSS 由视频前端输入接口(video processing front end, VPFE)和视频末端输出接口(vide processing back end, VPBE)组成,VPFE 的主要作用是采集视频信号,而 VPBE 则将图像传送至显示环节。模拟视频信号通过 TVP5150 解码器转化为 UV422 标准格式,并传送给电耦合元件(CCD)控制单元,做好显示的准备。同时,通过外部存储器(EMIF)接口将暂存在 VPSS 内部缓存中的视频数据传送至外部双倍速率同步动态随机存储器(DDR SDRAM)中。

根据同类违法事件的统计可以得出,违法车辆抛撒垃圾一般都由副驾驶完成。为了安全起见,现场高速行驶的试验车辆向右侧路边抛洒物品,以进行检测试验,抛洒物采用最常见的横向抛洒的塑料瓶,本文算法的检测效果如下页图 2 所示,文献[8]中算法的检测效果如下页图 3 所示。

由现场试验可以看出:第 212 帧出现抛洒物,经本文算法处理后,可检测到画面中存在多个目标,用矩形框标识,将其中静像素面积与运动像素面积比值达到设定阈值的物体定义为抛洒物;第 228 帧测得一目标物的运动速度为 0,且在随后的帧序列中,该目标物静止不动;第 296 帧目标块的静止像素面积与像素检测面积的比值达到了设定阈值,因此,被判定为抛洒物。本文算法处理速度为 25 帧/s,满足实时性要求。文献[8]中算法的处理速度为 28 帧/s,但在第 212 帧出现漏判现象,在 214、217 帧,由于光线和阴影的影响,出现误检,在第 228 帧并未判决出抛洒物。而文献[11]中算法的处理速度仅为 7 帧/s,实用性受到局限。

2 违法车辆去阴影算法

由于阴影明显不同于背景,所以利用背景减除法进行目标检测时很容易将阴影检测为前景目标,这样就会造成目标的变形,以及目标之间的相互混合^[10]。特别在复杂环境中,由于阴影的存在,会使检测到的车辆目标区域扩大,无法准确地提取违法车辆的信息,从而造成错误的检测结果。为了取得满意的违法跟踪效果,须从图像中检测出阴影区域

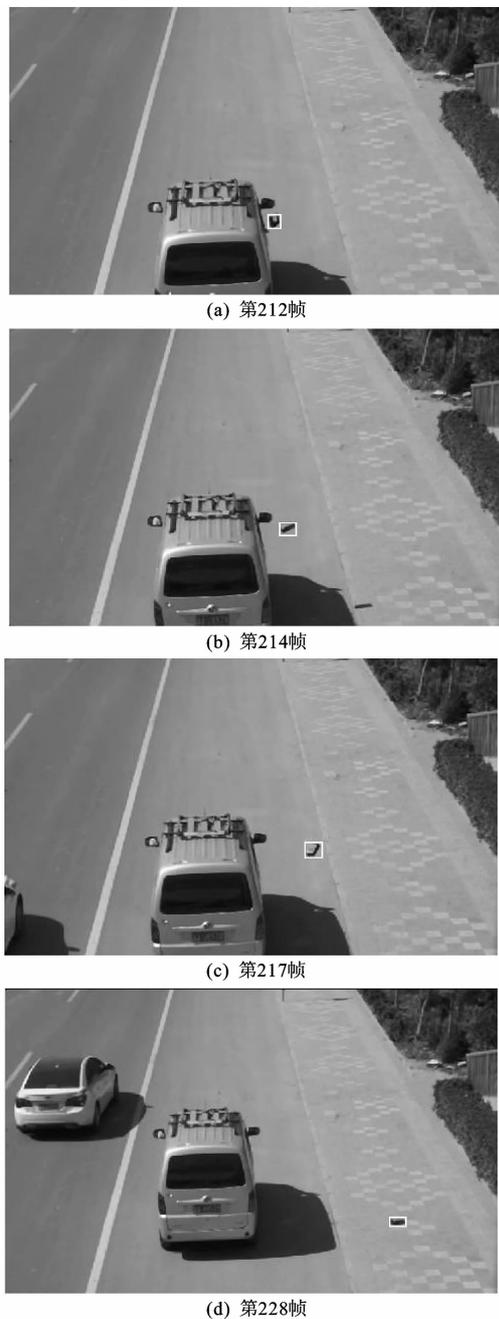


图 2 本文算法的抛洒物检测效果

Fig. 2 Detection effect of algorithm proposed in this paper

并去除。本文结合人类视觉恒常性的特点,提出一种新的违法车辆去阴影算法,该算法将图像的像素值分解,对当前帧与背景帧的颜色偏差和亮度偏差进行阴影检测,以取得良好的检测效果。

2.1 颜色模型

光照颜色和亮度如何变化对人类视觉系统本身影响并不大,人脑可以实现对目标物体颜色本身的恢复,得出一种固有的印象。这种忽视光照而识别出彩色目标物体本来颜色的特性被称为颜色恒常性(color constancy)。基于人类视觉颜色恒常性的特

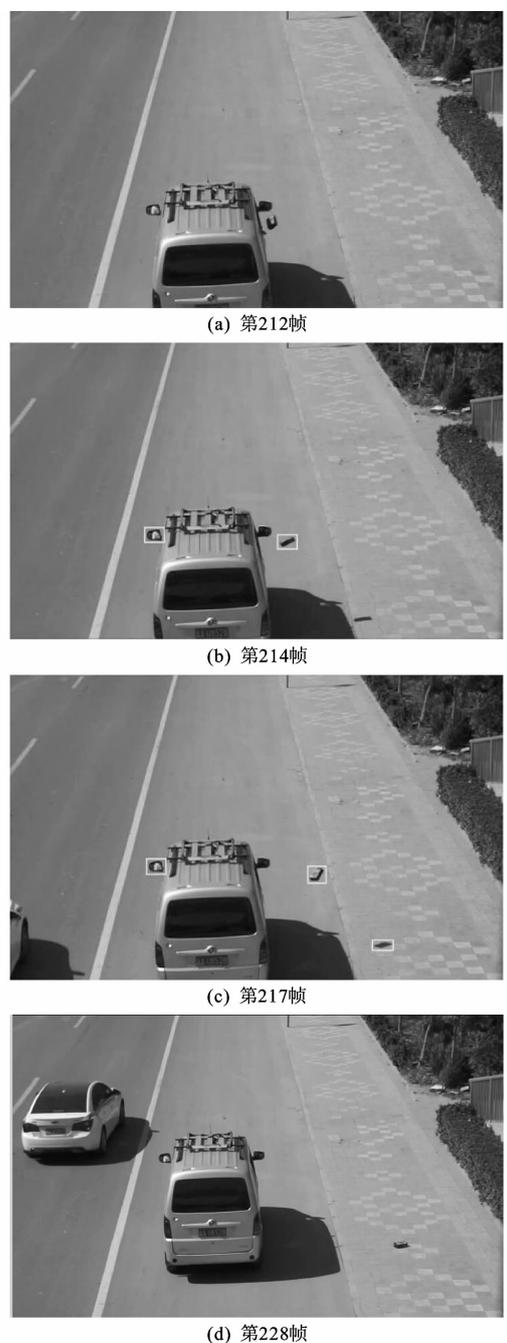


图 3 文献[8]中算法的检测效果

Fig. 3 Detection effect of algorithm proposed in ref. [8]

点,在 RGB(红绿蓝, red green blue)颜色空间下建立模型,如下页图 4 所示,其中: O 为坐标原点; R 、 G 、 B 分别为颜色坐标。

从图 4 可知:第 i 像素的数学期望 $E_i = [E_R(i), E_G(i), E_B(i)]$, $E_R(i)$ 、 $E_G(i)$ 、 $E_B(i)$ 分别为第 i 个像素通过亮度所得到的 R 、 G 、 B 三通道的数学期望。通过原点与 E_i 的连线 OE_i 被称为色度线; $I_i = [I_R(i), I_G(i), I_B(i)]$, 为当前图像的颜色值三分量值, I_i 和 E_i 可分解成亮度偏差 α_i 和色度偏差 C_{Di} , 通

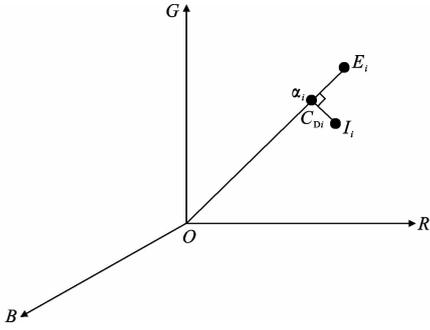


图4 RGB颜色空间中亮度和色度偏差模型
Fig. 4 Luminance and chrominance deviation model in RGB color space

过这2个参数可以分离前景区域与阴影区域。

使观测颜色到期望色度线的距离最短,也即 $\varphi(\alpha_i)$ 取得最小值时的 α_i 即为亮度偏差,其公式为

$$\varphi(\alpha_i) = \|I_i - \alpha_i E_i\|^2 \quad (18)$$

若当前帧与背景模型相应像素的亮度值相等,则 $\alpha_i = 1$;若当前图像比背景图像的像素暗,则 $\alpha_i < 1$;若当前图像比背景图像的像素亮,则 $\alpha_i > 1$ 。

色度偏差 C_{Di} 定义为点 I_i 到 $\alpha_i E_i$ 的距离,其公式为

$$C_{Di} = \|I_i - \alpha_i E_i\| \quad (19)$$

2.2 背景训练

在背景训练阶段,基于统计方法进行像素级的建模。背景模型为 (E_i, c_i, b_i, e_i) ,其中 c_i 为颜色标准差, b_i 为亮度偏差量, e_i 为色度偏差量。

由于1个像素有R、G、B这3个颜色分量,因此像素 i 的颜色期望值 E_{RGBi} 为

$$E_{RGBi} = [\mu_R(i), \mu_G(i), \mu_B(i)] \quad (20)$$

式中: $\mu_R(i)$ 、 $\mu_G(i)$ 、 $\mu_B(i)$ 分别为第 i 个像素通过 N 帧的背景帧所得到的R、G、B三通道的数学期望。

像素 i 的R、G、B三通道的标准差 S_i 为

$$S_i = [\sigma_R(i), \sigma_G(i), \sigma_B(i)] \quad (21)$$

式中: $\sigma_R(i)$ 、 $\sigma_G(i)$ 、 $\sigma_B(i)$ 分别为经过 N 帧的背景帧像素 i 的R、G、B三通道的标准差。

由于摄像机对RGB颜色模型中不同通道的灵敏度不同,因此需要用各个通道的标准差对其进行调节,可以结合式(18)得到新的调节公式,即

$$\varphi(\alpha_i) = \sum_{C=R,G,B} \left(\frac{I_C(i) - \alpha_i \mu_C(i)}{\delta_C(i)} \right)^2 \quad (22)$$

式中: $\mu_C(i)$ 为像素 i 的颜色期望值; $\delta_C(i)$ 为像素 i 的颜色标准差; $I_C(i)$ 为当前图像颜色值三分量值的平均值。

通过对(18)式求导,即可求出亮度偏差 α_i 和色度偏差 C_{Di} 为

$$\alpha_i = \arg(\min \varphi(\alpha_i)) = [I_R(i)\mu_R(i)/\delta_R^2(i) + I_G(i)\mu_G(i)/\delta_G^2(i) + I_B(i)\mu_B(i)/\delta_B^2(i)] \{ [\mu_R(i)/\delta_R(i)]^2 + [\mu_G(i)/\delta_G(i)]^2 + [\mu_B(i)/\delta_B(i)]^2 \}^{-1} \quad (23)$$

$$C_{Di} = \sqrt{\sum_{C=R,G,B} \left(\frac{I_C(i) - \alpha_i \mu_C(i)}{\delta_C(i)} \right)^2} \quad (24)$$

式中: $\arg(\cdot)$ 为某个定义域; $I_R(i)$ 、 $I_G(i)$ 、 $I_B(i)$ 分别为当前图像像素 i 的R、G、B三通道分量值; $\delta_C(i)$ 、 $\delta_B(i)$ 分别为像素 i 的R、G、B三通道标准差。

在背景建模阶段,计算每帧背景图像的 α_i 和 C_{Di} ,并计算其均方根,即

$$b_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (\alpha_{ij} - 1)^2}{M}} \quad (25)$$

$$e_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M C_{Dij}^2}{M}} \quad (26)$$

式中: α_{ij} 为每帧背景图像的亮度偏差标量; C_{Dij} 为每帧图像的色度偏差; j 为背景帧的帧号; M 为训练阶段采用的背景帧的总个数。

对于背景图像中的每个像素,用 E_i 、 c_i 、 b_i 、 e_i 这4个分量作为背景模型。

2.3 车辆阴影检测像素分类

车辆阴影检测的过程中,将当前帧中每个像素值分解成4个区域,对当前帧与背景帧的颜色偏差与亮度偏差进行阴影检测。通过为亮度偏差和色度偏差分别选取合适的阈值,进行目标检测和阴影检测。

因为不同像素点的 α_i 和 C_{Di} 服从不同的分布,所以若要对像素正确地分类,必须对每个像素的 α_i 和 C_{Di} 都要选取适当阈值,这是很难实现的。为了对所有的像素选取归一化的阈值,对 α_i 和 C_{Di} 进行标准化

$$\hat{\alpha}_i = \frac{\alpha_i - 1}{\alpha_i} \quad (27)$$

$$\hat{C}_{Di} = \frac{C_{Di}}{b_i} \quad (28)$$

式中: $\hat{\alpha}_i$ 为亮度偏差标量的标准化参数; \hat{C}_{Di} 为色度偏差的标准化参数。

将1个像素分为以下4个区域:

(1)一般背景区域,如果某像素的亮度和色度与背景图像对应像素相似,差值小于某个阈值,即 $\hat{\alpha}_i < \tau_{al}$ 且 $\hat{\alpha}_i > \tau_{ah}$ 时(τ_{al} 、 τ_{ah} 分别为亮度分量的上、下限阈值),该像素属于一般背景;

(2)阴影区域,如果某像素的色度与背景图像对应像素相似,即 $\hat{\alpha} < 0$ 时,亮度小于背景图像对应像

素,该像素属于阴影区域;

(3)目标区域,如果某像素的色度与背景图像对应像素的差值大于某个阈值,即 $\hat{C}_{Di} > \tau_{C_D}$ 时 (τ_{C_D} 为色度分量的阈值),则该像素属于前景目标区域;

(4)高亮背景区域,如果某像素的色度与背景图像对应像素相似,差值小于某个阈值,亮度大于背景图像对应像素,则该像素属于高亮背景。

2.4 试验结果

试验平台仍为 TMS320DM6446 处理板。图 5 为光线较强环境下的检测结果,由图 5 可知,文献 [10]中算法检测后有边缘阴影残留,而本文算法能够有效检测出违法车辆的阴影区域,并能将阴影从前景目标中分离出来,同时可实现对边缘阴影的抑制,并对光线的变化具有一定的鲁棒性。

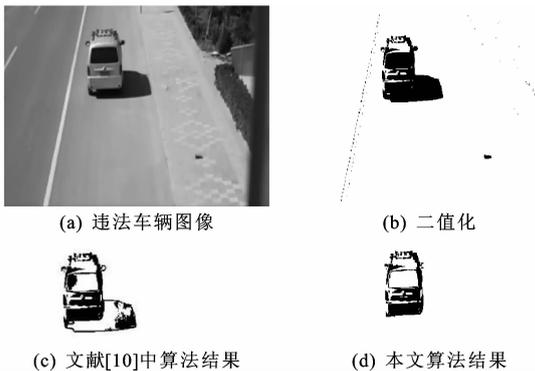


图 5 阴影抑制效果对比

Fig. 5 Comparisons of shadow suppression effects

3 结语

(1)提出一种高速公路抛洒物事件检测与违法车辆阴影抑制算法,该算法融合五帧差分与阈值自适应调整的背景差分法,改进了同类文献算法中由于光线和阴影出现的误检和漏检问题,且实时性大大提高,可实现对高速公路抛洒物事件的有效检测。

(2)利用视觉不变性,将图像的像素值分解为色度分量和亮度分量进行阴影检测,实现对强光照下违法车辆阴影的检测和抑制。相较于同类文献算法,本文算法可以去除边缘阴影残留,效果明显。

(3)违法行为检测后对车辆信息的识别,以及结合网络向高速公路管理中心的预警处理方法是今后的研究方向。

参考文献:

References:

[1] 赵有婷,李熙莹,罗东华.基于视频车辆轨迹模型的交通事件自动检测方法研究[J].中山大学学报:自然科学

学版,2011,50(4):56-60,64.

ZHAO You-ting, LI Xi-ying, LUO Dong-hua. Study on the methods of automatic incident detection based on the video vehicle trajectory model[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2011, 50(4):56-60,64.

[2] DONG G H, AN X J, FANG Y Q, et al. Contributions to Horn-Schunck optical flow equations - Part I: Stability and rate of convergence of classical algorithm [J]. Journal of Central South University, 2013, 20(7):1909-1918.

[3] GAO P, SUN X J, WANG W. Moving object detection based on Kirsch operator combined with optical flow [C]//IEEE. Proceedings of 2010 International Conference on Image Analysis and Signal Processing (IASP). New York:IEEE, 2010:620-624.

[4] WANG W, SU Z X, PAN J S, et al. Robust optical flow estimation based on brightness correction fields [J]. Journal of Zhejiang University: Science C, 2011, 12(12):1010-1020.

[5] 何烈云.帧间差分法车速测算技术误差分析与处理[J].中国人民公安大学学报:自然科学版,2014(1):56-59.

HE Lie-yun. Analysis and treatment for error of vehicle speed measurement based on frame difference method[J]. Journal of Chinese People's Public Security University: Science and Technology, 2014(1):56-59.

[6] 屈晶晶,辛云宏.连续帧间差分与背景差分相融合的运动目标检测方法[J].光子学报,2013,43(7):1-8.

QU Jing-jing, XIN Yun-hong. Combined continuous frame difference with background difference method for moving object detection[J]. Acta Photonica Sinica, 2013, 43(7):1-8.

[7] MENDI E, BAYRAK C, MILANOVA M. A video quality metric based on frame differencing [C]//IEEE. 2011 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA). New York:IEEE, 2008:829-832.

[8] QU Z Y, WEN L J, TIAN N. A new video objects segmentation algorithm based on fusion of image segmentation and improved background difference[C]//IEEE. Proceedings of 13th IEEE Joint International Computer Science and Information Technology Conference (JICSIT). New York:IEEE, 2013:1-5.

[9] HAN Y X, ZHANG Z S, CHEN F, et al. An efficient approach for shadow detection based on Gaussian mixture model[J]. Journal of Central South University, 2014, 21(4):1385-1395.

- [10] BULLKICH E, ILAN I, MOSHE Y, et al. Moving shadow detection by nonlinear tone-mapping[C]//IEEE. Proceedings of 19th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP). New York: IEEE, 2012: 146-149.
- [11] 理勤辉. 公路抛洒物视频检测方法研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2011.
LI Qin-hui. Research on the detection of abandoned objects in highway based on video[D]. Xi'an: Xidian University, 2011.
- [12] 李传志, 胡如夫. 公路交通事件检测技术的研究与展望[J]. 交通科技与经济, 2008, 10(5): 68-70, 74.
LI Chuan-zhi, HU Ru-fu. Research and prospect on highway traffic incident detection technology[J]. Technology & Economy in Areas of Communications, 2008, 10(5): 68-70, 74.
- [13] ANZAI Y, KATO T, HIGASHIKUBO M, et al. Development of an integrated video imaging vehicle detector[J]. SEI Technical Review, 2005, 59(6): 43-77.
- [14] 黄超群. 基于混合高斯模型和 Kalman 滤波器的运动目标检测与跟踪[D]. 昆明: 云南大学, 2010.
HUANG Chao-qun. Motion detection and tracking based on Gaussian mixture model and Kalman filter[D]. Kunming: Yunnan University, 2010.
- [15] KAMIJO S, MATSUSHITA Y, IKEUCHI K, et al. Traffic monitoring and accident detection at intersections[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2000, 1(2): 108-118.
- [16] 袁国武. 智能视频监控中的运动目标检测和跟踪算法研究[D]. 昆明: 云南大学, 2012.
YUAN Guo-wu. Research on moving objects detection and tracking methods in intelligent visual surveillance system[D]. Kunming: Yunnan University, 2012.
- [17] 王宏伟, 张一挺, 赖永鑫. 交通事件检测技术在沪宁高速公路的应用研究[J]. 中国交通信息产业, 2006(6): 81-84.
WANG Hong-wei, ZHANG Yi-ting, LAI Yong-xin. Application of traffic incident detection technology in Shanghai to Nanjing Expressway[J]. China ITS Journal, 2006(6): 81-84.
- [18] 肖庚, 张高伟. 基于视频的实时车辆检测系统[J]. 计算机仿真, 2005, 22(9): 205-207, 210.
XIAO Geng, ZHANG Gao-wei. Vehicle detection in video-based on real-time traffic monitor system[J]. Computer Simulation, 2005, 22(9): 205-207, 210.
- [19] 许敬, 张合, 张祥金. 基于帧间差分 and 光流法的红外图像运动检测[J]. 计算机仿真, 2012, 29(6): 248-252.
XU Jing, ZHANG He, ZHANG Xiang-jin. IR motive detection using image subtraction and optical flow[J]. Computer Simulation, 2012, 29(6): 248-252.
- [20] 张玲, 陈丽敏, 何伟, 等. 基于视频的改进帧差法在车流量检测中的应用[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2004, 27(5): 31-33, 73.
ZHANG Ling, CHEN Li-min, HE Wei, et al. Application of an improved frame-difference method based on video in traffic flow measurement[J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition, 2004, 27(5): 31-33, 73.
- [21] 许谦. 一种改进的相邻帧差法在智能视频监控中的应用研究[J]. 信息与电脑, 2015(18): 46-48.
XU Qian. Application of an improved adjacent frame-difference method in intelligent video surveillance[J]. China Computer & Communication, 2015(18): 46-48.
- [22] 袁国武, 陈志强, 龚健, 等. 一种结合光流法与三帧差分法的运动目标检测算法[J]. 小型微型计算机系统, 2013, 34(3): 668-671.
YUAN Guo-wu, CHEN Zhi-qiang, GONG Jian, et al. A moving object detection algorithm based on a combination of optical flow and three-frame difference[J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2013, 34(3): 668-671.
- [13] 宋涛, 庄雷, 刘刚, 等. 基于视频的车辆速度估计方法[J]. 河南大学学报: 自然科学版, 2013, 43(1): 91-96.
SONG Tao, ZHUANG Lei, LIU Gang, et al. Vehicle speed estimation based on video[J]. Journal of Henan University: Natural Science, 2013, 43(1): 91-96.
- [24] 王亮亮, 王黎, 高晓蓉, 等. 基于视频图像的运动目标检测算法研究[J]. 微计算机信息, 2010, 26(16): 147-149.
WANG Liang-liang, WANG Li, GAO Xiao-rong, et al. The research of moving object detection algorithm in video images[J]. Microcomputer Information, 2010, 26(16): 147-149.
- [25] 蔡友杰, 陈秀宏. 基于视频图像的运动目标检测与识别[J]. 微计算机信息, 2009, 25(3): 280-281.
CAI You-jie, CHEN Xiu-hong. Moving object detection and shadow elimination based on video image[J]. Microcomputer Information, 2009, 25(3): 280-281.