

融合线性特征的局部纹理运动车辆阴影检测*

朱敏琛, 王伟智

(福州大学 数学与计算机科学学院, 福建 福州 350002)

摘要: 提出了一种融合线性特征的局部纹理运动车辆阴影检测方法。首先基于连续帧视频图像信息建立初始背景模型; 通过背景差法获取包含阴影的运动目标区域, 同时依据该运动区域信息实时更新背景; 结合亮度信息, 利用改进局部二值模式的纹理算子描述运动区域纹理, 并根据海明距离进行粗分类, 快速检测出运动区域中的阴影覆盖区; 进一步对阴影覆盖区域进行纹理信息的线性特性判断, 排除车辆自阴影区域, 获取背景阴影, 得到真实车辆目标。实验结果表明, 该方法提高了阴影和车辆自阴影的检测准确度, 且速度快, 可满足实时性要求。

关键词: 线性特性; LBP 纹理; 运动车辆; 阴影检测

中图分类号: TP391.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)14-0044-03

Moving vehicle shadow detection based on local texture integrated with linear characteristics

Zhu Minchen, Wang Weizhi

(College of Mathematics and Computer Science, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: How to detect the background shadows of the moving vehicles quickly in order to obtain the real vehicles is a tough problem for vehicle detection in video images. We put forward a method of moving shadow detection based on local texture features integrated with linear characteristics. Firstly, the background model can be made on the basis of successive frame video image information, and a moving target area containing shadows can be obtained via the background subtraction method and the background can be updated according to the moving area information in real time. And then the description of texture can be achieved through its brightness and the improved Local Binary Pattern (LBP) texture operator, then conduct the rough classification using Hamming distance to detect the shadows areas in the moving area quickly. Further, the linear characteristics analysis on texture information has been conducted on the shadows areas to preclude the self shadows of vehicles and obtain the background, finally obtaining the real vehicle targets. According to the experiment, this method improves the detection accuracy of shadows and self shadows of the vehicles at high rate of efficiency, meeting the requirement of real time.

Key words: linear characteristics; LBP texture; moving vehicle; shadow detection

在交通视频处理中, 对运动车辆的分割往往包含着运动车辆阴影, 且运动阴影的检测十分困难, 因为运动阴影具有两个重要的视觉特性: 一是运动阴影和运动物体都显著区别于背景; 二是运动阴影与运动物体具有相同的运动属性。另外, 阴影与车辆可能是粘合在一起的, 也可能是分离的。如果阴影与车辆粘合在一起, 会使运动车辆发生严重的失真, 影响后续车辆目标识别、分析、追踪等。因此, 运动阴影检测已成为近几年智能交通研究的热点和难点之一。

对于阴影的检测方法大体可分为: 模型法、属性法和纹理法 3 类^[1]。前两种阴影检测算法要么需要基于先验知识, 计算量大, 要么需要从实验中提取阈值, 随机性较大, 不能同时兼顾实时性和准确性。阴影检测纹理法则是利用无阴影背景纹理和阴影背景纹理相一致的特性。参考文献[2]分析了光照模型像素点在阴影覆盖和未被阴影覆盖时成近似线性关系的特性, 提出了用归一化互相关函数判断阴影。该方法参数设置简单, 但该方法描述纹理较粗糙, 且需要对所有前景像素点进行判断, 计算量大, 实时性较差^[3]。参考文献[4]提出了一种非

* 基金项目: 福建省自然科学基金项目 (2012J01263)

常简单有效的 LBP 算子来描述纹理,该方法也已应用到在阴影检测方面。张玲等^[5]提出了利用局部二值模式(LBP)表征纹理进行阴影判断,但该方法只采用固定阈值的差值判断,对阴影和背景的边缘以及交通视频中车道分割线的检测效果不佳。胡园园等^[6]提出改进的增强局部纹理描述算子描述纹理,很好地体现了图像局部结构的特征,但纹理描述过程计算量大,且只利用纹理特征判断,容易发生将覆盖阴影的车辆(也称车辆自阴影)误检为背景阴影的现象,即伪阴影现象。

本文针对 LBP 算子二进制串描述纹理过于简单的问题,提出改进描述算子,考虑到基于 LBP 算子描述的纹理检测算法引起的伪阴影问题,提出融合线性特征的局部纹理运动阴影检测算法。通过改进 LBP 算子描述像素纹理,根据纹理信息进行海明距离判断阴影,快速方便地检测出阴影覆盖区域,并对阴影覆盖区域通过纹理信息进行线性判断,排除伪阴影区域,同时避免对所有前景运动区像素点进行分析,可提高检测速度。

1 阴影检测原理

(1) LBP 算子^[4]

LBP 通过对某像素点与其周围像素点的亮度差值进行判断,获得一串二进制码来描述纹理信息。

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} F(g_p, g_c) * 2^p \quad (1)$$

$$F(g_p, g_c) = \begin{cases} 1, & g_p \geq g_c \\ 0, & g_p < g_c \end{cases} \quad (2)$$

$$S = s(F(g_0, g_c), F(g_1, g_c), \dots, F(g_{P-1}, g_c)) \quad (3)$$

其中, g_c 为中心像素点 c 的亮度值, R 为邻域半径, P 为其邻域像素点的个数, g_p 为其邻域像素点 p 的亮度值, F 为判别函数, $LBP_{P,R}$ 可以对应 2^P 种不同的值, s 为成串函数, S 为由邻域像素经过判别函数后组成的二进制码串。可以通过 $LBP_{P,R}$ 表征纹理,也可以通过 S 表征纹理。

(2) 光照模型线性特性

假设 $G(x, y)$ 是位于坐标 (x, y) 处像素点的亮度值, $E(x, y)$ 是光源投射到物体单位面积上的光强度, $\rho(x, y)$ 是物体表面的反射系数,则光照模型可以构建为:

$$G(x, y) = E(x, y)\rho(x, y) \quad (4)$$

$$E(x, y) = \begin{cases} C_A + C_P \cos(\angle(N(x, y), L)), & \text{无影} \\ C_A + k(x, y)C_P \cos(\angle(N(x, y), L)), & \text{半影} \\ C_A, & \text{阴影} \end{cases} \quad (5)$$

其中, C_A 和 C_P 分别为环境和光源的亮度; N 为物体表面的法线向量; L 为物体表面到光源的方向向量, $k(x, y)$ 表示半遮挡的软阈值,其取值范围为 $(0, 1)$ 。

定义一个亮度比 $R(x, y)$, 表示像素点 (x, y) 在无阴影覆盖时和被阴影覆盖时的亮度比值:

$$R(x, y) = \frac{E_{\text{无阴影}}(x, y)\rho(x, y)}{E_{\text{有阴影}}(x, y)\rho(x, y)} = \frac{C_A + C_P \cos(\angle(N(x, y), L))}{C_A} = 1 + \frac{C_P \cos(\angle(N(x, y), L))}{C_A} \quad (6)$$

$\rho(x, y)$ 对于同一个物体而言是不会变的。 C_A 、 C_P 和 $\angle(N(x, y), L)$ 虽然随着时间的推移会逐渐改变,但在检测过程中,由于时间间隔极短,可把像素点在无阴影覆盖和被阴影覆盖时 $R(x, y)$ 近似成一个线性关系。

采用归一化互相关函数 $NCC^{[5]}$ 对图像像素点进行线性判断。设视频图像大小为 $M \times N$, B 为背景图像, I 为当前帧图像。定义中心点为 (x, y) 、模板大小为 $(2L+1) \times (2L+1)$, 则像素点 (x, y) 处归一化的互相关函数为:

$$NCC^2(x, y) = \frac{ER^2(x, y)}{EB^2(x, y)EI^2(x, y)} \quad (7)$$

其中:

$$ER(x, y) = \sum_{m=-L}^L \sum_{n=-L}^L B(x+m, y+n)I(x+m, y+n)$$

$$EB(x, y) = \sqrt{\sum_{m=-L}^L \sum_{n=-L}^L B(x+m, y+n)^2}$$

$$EI(x, y) = \sqrt{\sum_{m=-L}^L \sum_{n=-L}^L I(x+m, y+n)^2} \quad (8)$$

对 NCC 进行平方运算处理,这样可以减低运算复杂度,提高运算速度。如果 $I(x, y)$ 未被阴影覆盖,则应满足 $NCC^2(x, y) < T_{\text{th}}$, T_{th} 为一个接近 1 的固定阈值。

2 融合线性特征的局部纹理阴影检测算法

参考文献[4]的 LBP 算子描述纹理的阴影检测算法对于阴影部分检测速度快,效果好。但其只获得二进制串,用它描述纹理过于简单,又不利于作为后续线性判断的参数;并且该算子忽略了中心像素点,而中心像素点往往提供很多有用信息。因此,本文让中心像素点也参与描述,并改进纹理算子。基本思想如下:将邻域像素判别函数的值映射至 $[1, 2P]$, 这样得到的数字串比二进制串更有利于线性判断运算准确性的提高,又可直接当作后续线性判断的参数,减少参数设置。本文改进的纹理描述如下:

$$S'' = s(H(g_0, g_c), H(g_1, g_c), \dots, H(g_{P-1}, g_c), H(g_c, g_c)) \quad (9)$$

$$H(g_i, g_c) = \begin{cases} P+i, & F(g_i, g_c)=1 \\ P-i, & F(g_i, g_c)=0 \end{cases} \quad i=0 \sim P-1 \quad (10)$$

根据阴影像素点纹理的不变性,结合式(9)获得的数字串,可以通过海明距离判断阴影:

$$D(x, y) = \begin{cases} \text{非阴影点, } \text{Ham}(S_I'(x, y), S_B'(x, y)) > D_H \\ \text{阴影点, } \text{Ham}(S_I'(x, y), S_B'(x, y)) \leq D_H \end{cases} \quad (11)$$

其中, $\text{Ham}(\cdot)$ 为海明判断函数,判断两个数字串中同一位置数值不一样的个数。 $S_I'(x, y)$ 、 $S_B'(x, y)$ 为图像 I 和图像 B 按式(9)描述的中心点, c 为 (x, y) 的 LBP 纹理串, D_H 为距离阈值,可由实验获得。

通过改进 LBP 算子可快速检测出阴影覆盖区域,但在阴影覆盖区中,容易包含车辆自阴影的伪阴影点,可根据阴影像素点的光照模型线性特性对阴影覆盖区域进行纹理信息线性判断,排除伪阴影,同时避免对所有前景目标点进行分析,提高检测速度。

综上所述,本文背景阴影检测方法基本思路为:(1)背景生成:根据初始多帧视频图像建立初始背景模型并不断依据实时帧运动信息更新背景;(2)前景运动目标获取:通过背景差法获取包含阴影的前景运动车辆目标;(3)背景阴影检测:采用本文改进的LBP算子描述前景像素点的纹理,根据纹理不变性,利用海明距离分割出阴影覆盖区域,并对阴影覆盖区域LBP纹理进行线性判断,消除伪阴影,得到背景阴影,以此获取真实运动车辆目标。算法具体步骤如下:

(1)初始背景生成:取最初的一段视频图像的数据平均值作为初始的背景图 B_0 ,置变量 $k=0$ 。

(2)提取运动区域:取当前帧视频图 I_{k+1} 与背景图 B_k ,通过背景差法获取包含阴影的前景运动区域像素点集 M 。

(3)实时背景更新:利用 I_{k+1} 中的非运动区信息按式(12)进行背景更新。

$$B_{k+1}(x,y)=\begin{cases} B_k(x,y), & (x,y) \in M \\ \alpha B_k(x,y)+(1-\alpha)I_{k+1}(x,y), & (x,y) \notin M \end{cases} \quad (12)$$

其中, α 为加权因子。

(4)阴影检测:令 M_1 表示获得的阴影像素点集合,初始化为空集 $M_1=\phi$ 。

①基于亮度的疑似阴影检测

根据参考文献[5],被阴影覆盖的像素点其亮度值小于背景图像中的亮度值,且比例值落入一定区间阈值范围内。基于亮度的疑似阴影检测模型为:

$$\forall (x,y) \in M, (a \leq \text{div}(x,y) \leq b) \\ \text{then } M_1 = M_1 \cup (x,y) \quad (13)$$

其中, $\text{div}(x,y)=B_{k+1}(x,y)/I_{k+1}(x,y)$, a,b 为亮度区间阈值。

②基于LBP算子的覆盖阴影检测

对亮度检测后 M_1 中的像素,依据式(11)判断阴影点模型为:

$$\forall (x,y) \in M_1, (\text{Ham}(S_I'(x,y), S_B'(x,y)) > D_H) \\ \text{then } M_1 = M_1 - (x,y) \quad (14)$$

③基于LBP纹理信息的背景阴影检测

对于分割出来的阴影覆盖区域 M_1 ,根据像素点的线性特性进行进一步判断:当前景和背景中同一像素点的线性相关性大于阈值,则该像素点属于背景阴影,否则属于车辆自阴影。根据归一化互相关函数的式(7),进行如下判断,排除伪阴影:

$$\forall (x,y) \in M_1, \text{if}(\text{NCC}^2(S_I'(x,y), S_B'(x,y)) < T_{\text{acc}}) \\ \text{then } M_1 = M_1 - (x,y) \quad (15)$$

(5)获取车辆目标区域 $V=M-M_1$,并进行形态学处理,消除空洞点和离散点。

(6) $k=k+1$,转至步骤(2)处理下一帧视频。

3 试验及结果

本实验工具为VC平台和Matlab,环境为:Pentium-Dual Core 2.50 GHz CPU, 2.0 GB内存。所用的数据视频图像大小为 200×320 ,邻域大小为 3×3 ,因此, $M=200, N=320, R=1, P=8$ 。经过实验训练学习,本文取 $a=1, b=3$,

《微型机与应用》2013年第32卷第14期

$\alpha=0.9, D_H=4, T_{\text{acc}}=0.98$ 。选取基于LBP局部纹理的海明距离判断方法(算法①)以及参考文献[2]方法(算法②)与本文的方法(算法③)进行比较,抓取视频中2帧图像(如图1所示)进行实验分析,检测比对效果如图2、图3所示,算法耗时对比如表1所示。

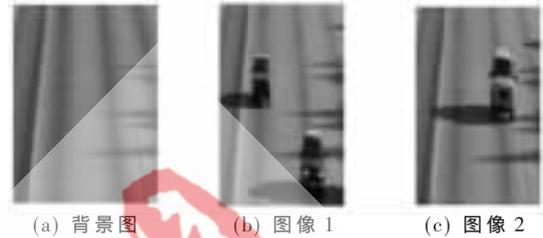


图1 原始视频图像



图2 图像1检测效果图

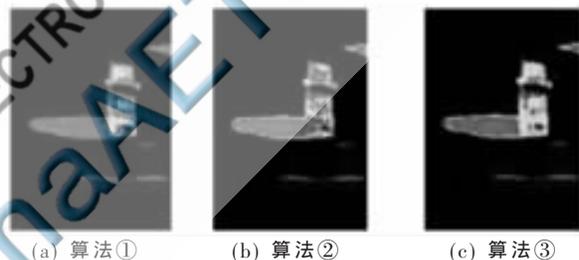


图3 图像2检测效果图

表1 3种算法时间对比(单位:s)

	算法①	算法②	算法③
图像1	0.3188	0.3836	0.3453
图像2	0.3054	0.3586	0.3321

从图2、图3中可以看出,基于LBP局部纹理的海明距离判断,阴影效果不错,但是在前景车辆区域中产生了较多的伪阴影;参考文献[2]方法的阴影检测效果不错,但也存在伪阴影现象,且该方法需对所有的前景区域像素点进行运算判断,整个过程计算量较大,方法比较耗时;本文的方法在图像局部纹理判断的基础上,对阴影覆盖区域部分直接运用先前获得的像素纹理信息进行线性判断,参数设置少且简单,阴影像素点的判断加强,前景车辆区域的伪阴影点明显降低,车辆与背景分割明显,有较高准确率,且由表1可知,本文方法速度较快,实时性较强,可以获得很好的阴影检测效果。

参考文献

[1] ZHAO T, NEVATIA R. Tracking multiple humans in complex situations[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 51

- and Machine Intelligence, 2004,26(9):1208-1221.
- [2] 郭辉. 应用归一化互相关函数法进行交通视频阴影检测[J]. 公路交通技术, 2009(1):126-127,13.
- [3] 熊运余,曾凡光,周鹏,等. 一种新的多特性联合阴影检测方法[J]. 光电工程, 2009,36(4):118-122.
- [4] OJALA T, PIETIKA INEN M, MAENPAA T. Multiresolution grayscale and rotation invariant texture classification with local binary patterns [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002,24(7):971-986.
- [5] 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[J]. 系统工程与电子技术, 2007,29(6):974-977.
- [6] 胡园园,王让. 基于局部纹理不变性的运动阴影去除算法[J]. 计算机应用,2008,28(12):3141-3146.
- (收稿日期:2012-12-20)

作者简介:

朱敏琛,女,1961年生,副教授,硕士生导师,主要研究方向:图像处理与模式识别。

王伟智,男,1960年生,教授,硕士生导师,主要研究方向:智能交通与模式识别。

