

基于背景模型的车辆目标检测

王天旭¹, 周煦林², 崔丽洁¹, 郑江滨¹

(1 西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安 710129; 2 西安微电子技术研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 为了实现对交通车辆快速准确地统计, 文中提出一种自适应权值的背景更新方法以适应道路环境的复杂变化. 首先在多个通道建立单高斯背景统计模型, 然后利用场景中像素的概率分布实现对运动区域的准确检测, 最后根据检测结果实现对交通流量的统计. 实验结果表明: 该方法能够对运动车辆进行快速准确地检测和统计, 并对场景的光照变化等影响具有较高的鲁棒性.

关键词: 交通流量统计; 单高斯模型; 自适应权值; 背景更新

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)07-0065-03

The Vehicle Detection Based on Background Model

WHANG Tian-xu¹, ZHOU Xu-lin², CUI Li-jie¹, ZHENG Jiang-bin¹

(1 School of Computer, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China;

2 Xi'an Microelectronic Technique Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: To calculate vehicle flow fast and accurately, a self-adapting weight method is proposed to update the background model to fit the complex changes in the traffic scene. The single Gaussian models are established in multi-channels for foreground extraction, and the probability distribution of pixels in the traffic scene is utilized to detect the moving region. After above operations, the traffic flow is calculated by the result of detection finally. The proposed method is not only to detect moving vehicles and calculate traffic flow effectively but also is robust to illumination changes, which is demonstrated in our experiment.

Key words: traffic flow calculating; single Gaussian model; self-adapting weight; update the background model

1 引言

智能交通系统(ITS)一直是计算机视觉应用研究的焦点, 高效准确地对交通流量统计是 ITS 中一项重要课题. 它主要是通过检测车辆位置, 行驶速度等信息计算监控区域内交通流量的大小. 基于视频的交通流量统计过程涉及到复杂环境下运动目标的检测、运动目标跟踪等技术^[1-3].

近年来比较成熟的目标检测方法主要有光流场法、图像差分法和背景建模法. 由于实际的道路场景中存在多光源、阴影、透明性和遮挡等情况, 使得光流场的分布不是十分精确可靠, 因而在实际复杂场景中对运动车辆检测结果也不稳定. 图像差分法又

分为帧差法和背景差法, 前者在检测中由于目标在运动方向上被拉伸^[1], 使得目标定位不精确; 背景差法虽然方法简单, 但选取合适的阈值区分前景和背景较困难, 并且背景差法^[4-5]也没有合理的背景更新方法适应由于道路环境改变而造成的背景变化^[1]. 背景建模法方面^[1], 混合高斯模型能够准确检测运动目标, 但由于需要对图像上每个像素建立多个高斯分布, 使得目标检测和背景模型更新过程计算复杂繁琐; 基于统计特征的单高斯背景建模方法只对图像上每个像素建立单高斯分布, 因此既能在保证运动目标准确检测的前提下降低算法的计算复杂度, 又可以在检测过程中根据道路环境光照变化更新背景模型.

收稿日期: 2010-10-26; 修回日期: 2010-11-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(60970069); 航天创新基金项目(2007); 西北工业大学研究生创业种子基金(Z2010069)

为了满足道路监控系统的实时性要求和适应真实道路场景的复杂性,文中采用了单高斯背景建模方法对道路上运动目标进行检测,根据检测结果,实现了对交通流量统计。

2 算法介绍

文中采用的多通道单高斯背景建模对路面运动目标检测的方法流程如图 1 所示。

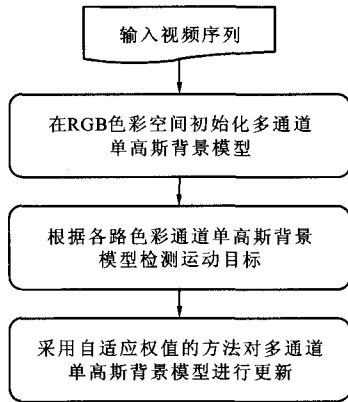


图 1 车辆目标检测流程

2.1 初始背景模型

采用基于背景建模的目标检测方法,首先要初始化背景模型.由于运动车辆目标在颜色特征上与路面的监视区域存在显著的差异,且在较长一段时间内处于路面背景的像素点的像素值分布较集中,不呈现明显的多峰分布现象,因此本方法对于监控场景图像的每个像素点,使用在道路监控区域内采集的 N 帧图像在 RGB 色彩空间每个通道上建立单高斯模型来描述背景,建立的多通道单高斯背景模型:

$$B_0(x, y) = \{B_{0,R}(x, y), B_{0,G}(x, y), B_{0,B}(x, y)\} \quad (1)$$

其中每个色彩通道建立的背景模型分布 $B_{0,c}(x, y)$ 描述如下:

$$B_{0,c}(x, y) = [\mu_{0,c}(x, y), \delta_{0,c}^2(x, y)] \quad (2)$$

其中 $c = R, G, B$. 像素均值和方差计算方法如下:

$$\begin{aligned} \mu_{0,c}(x, y) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_{i,c}(x, y) \\ \delta_{0,c}^2(x, y) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [f_{i,c}(x, y) - \mu_{0,c}(x, y)]^2 \end{aligned} \quad (3)$$

其中 $f_{i,c}(x, y)$ 表示像素 (x, y) 在第 $i (1 \leq i \leq N)$ 帧中通道 c 的像素值。

2.2 运动目标检测

在完成背景图像的初始化后,就可以根据背景

估计图像的分布特征,对运动目标进行检测.在时刻 $t-1$, 背景估计图像为 $B_{t-1}(x, y) = [\mu_{t-1,c}(x, y), \delta_{t-1,c}^2(x, y)]$, 在时刻 t 分别在 RGB 空间的每个通道根据下式计算像素的隶属度 $C_{t,c}$:

$$\begin{cases} |f_{t,c}(x, y) - \mu_{t-1,c}(x, y)| < \alpha \cdot \delta_{t-1,c}(x, y), \\ C_{t,c}(x, y) = 1 \\ |f_{t,c}(x, y) - \mu_{t-1,c}(x, y)| \geq \alpha \cdot \delta_{t-1,c}(x, y), \\ C_{t,c}(x, y) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

其中 α 是根据高斯分布特征的预设阈值, $f_{t,c}(x, y)$ 是当前帧在色彩通道 c 位于 (x, y) 位置的像素值. 根据各个通道的像素隶属度之和 $\sum C_{t,c}$, $i \in (R, G, B)$ 来判断该像素属于前景还是背景:

$$\begin{cases} \sum C_{t,c} \geq 2, f_{t,c}(x, y) \in \text{背景} \\ \sum C_{t,c} \leq 1, f_{t,c}(x, y) \in \text{前景} \end{cases} \quad (5)$$

若该像素判定为前景,将像素位置标记为 1; 否则认为该像素属于背景并将其位置标记为 0. 这样就获得了当前帧对应的前景图像 $I(x, y)$. 与混合高斯背景建模在多个背景模型分布方法比较,该方法最多计算三个色彩通道就可以判断像素属于前景或背景。

2.3 背景模型更新

在检测过程中,为反应光照变化对背景模型的影响,通常根据当前帧对背景模型进行更新^[1,6]:

$$B_{t,c}(x, y) = (1 - \rho)B_{t-1,c}(x, y) + \rho f_{t,c}(x, y) \quad (6)$$

其中常数 ρ 是更新效率,范围从 0 到 1,表示当前帧更新背景模型的程度。

通常监控场景中光照变化缓慢,但是为了避免可能出现的突变造成的背景模型不稳定,本方法提出使用自适应权值 ω 代替式(6)中的常数 ρ 来精确地描述光照的变化. 选择根据式(5)中在检测过程中被判定为背景的像素在 RGB 空间的每个通道对当前背景模型进行更新:

$$\begin{cases} \mu_{t,c}(x, y) = \omega \times f_{t,c}(x, y) + (1 - \omega) \times \mu_{t-1,c}(x, y) \\ \delta_{t,c}^2 = \omega \times (\mu_{t,c}(x, y) - f_{t,c}(x, y))^2 + (1 - \omega) \times \delta_{t-1,c}^2(x, y) \\ (x, y) \in \text{背景} \end{cases} \quad (7)$$

式中的自适应权值 ω 根据下式进行计算:

$$\omega = \frac{1}{(f_{t,c}(x, y) - \mu_{t-1,c}(x, y))^\lambda + 1} \quad (8)$$

其中 $|f_{t,c}(x, y) - \mu_{t-1,c}(x, y)|$ 表示当前帧在色彩通道 c 与背景模型的差异程度,常数 λ 是取值范围为 2 到 4 的更新率. 根据当前帧像素值与背景模型分布

均值的差异度不同,对背景模型更新的影响不同,那些与背景模型均值越接近的像素对背景更新的影响越大,这样就能够保持背景模型分布稳定。

2.4 车辆识别及流量统计

根据实际需要在图像中设定感兴趣区域(ROI)对当前帧检测出的前景图像进行形态学操作处理以及连通区域分析,然后求取各个检测结果的几何中心位置 $obj_m(x, y)$ 。统计 t 时刻几何中心位于 ROI 内的车辆目标数目 $sum_t^{[2,7,8]}$:

$$sum_t = \sum obj_{m,t}(x, y), obj_{m,t}(x, y) \in ROI \quad (9)$$

根据相邻两帧检测的运动车辆统计结果比较,用递增值来实现对交通流量的计数统计:

$$totalsum = sum_t - sum_{t-1} \quad (10)$$

即当前帧的运动目标检测计数结果大于上一帧统计结果,则认为有新的运动车辆通过 ROI,交通流量递增;否则交通流量的统计值不变。

3 实验结果

该算法采用 C++ 编程, CPU 主频 2.93GHz, 主存 1.00GB, 图像分辨率 720×576 , 实验环境大约每秒处理 25 帧图像。实验中将图像在高度 85~500 范围内设置为感兴趣区域,并根据前 200 帧图像初始化单高斯背景模型。

如图 2 所示,图(a)表示根据式(4)和式(5)计算的当前帧前景二值图像 $I(x, y)$,其中 α 取值为 5;图(b)表示在前景检测过程中根据式(7)和式(8)对背景模型更新的结果;图(c)表示运动车辆的检测结果并用矩形框标识。

4 结束语

文中利用多通道单高斯背景建模的方法实现了一种对交通流量快速准确统计的方法。与混合高斯背景建模需在多个背景模型分布比较的方法相比,该方法最多计算三个色彩通道就可以判断像素属于前景或背景,因此在保证检测准确率的前提下,使得检测方法更加高效。在背景模型更新方面,提出了基于自适应权值的背景模型更新方法,充分考虑像素与背景模型分布的差异对背景更新的影响,有效地保证了背景模型的稳定,进而提高了检测的准确率。

参考文献:

[1] 郑江滨. 视频监控方法研究[D]. 西安:西北工业大学,2002.

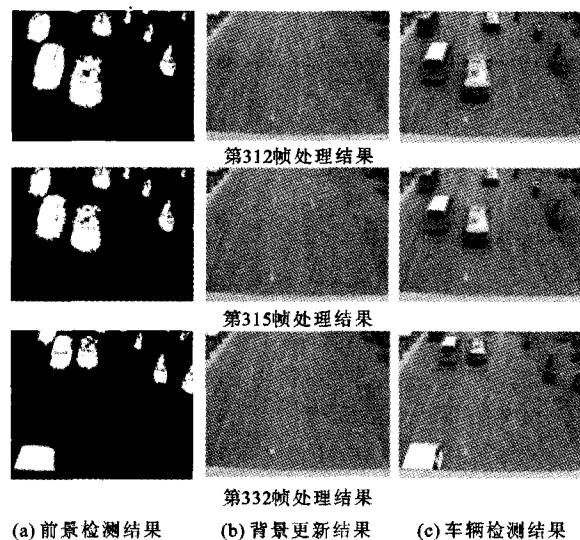


图2 实验结果

- [2] 曹江中,戴青云,谭志标,等. 基于视频的高速公路车辆检测和跟踪算法[J]. 计算机应用,2006(2):496-499.
- [3] 周勇. 智能车辆中的几个关键技术研究[D]. 上海:上海交通大学,2007.
- [4] 郁梅,王圣男,蒋刚毅. 复杂交通场景中的车辆检测与跟踪新方法[J]. 光电工程,2005(2):67-70.
- [5] 孙志海,朱善安. 多视频运动对象实时分割及跟踪技术[J]. 浙江大学学报:工业版,2008(9):1631-1635.
- [6] Joonsoo Lee, Alan C Bovik. Estimation and analysis of urban traffic flow[C]// Image Processing (ICIP) [s. l.]:IEEE,2009:1157-1160.
- [7] Purnama I K E, Zaini A, Putra B N, et al. Real time vehicle counter system for intelligent transportation system [C]// Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICI - BME). Bandung, Indonesia:IEEE,2009:1-4.
- [8] LV SHAOZHONG, Wang XIAOPING, Zhan LIJIE. Fast and robust video foreground segmentation for indoor surveillance [C]// Proceedings of the Wireless Communications & Signal Processing. Nanjing: IEEE, 2009:1-4.

作者简介:

王天旭 男,(1981-),硕士研究生.研究方向为图像处理与计算机视觉。

周旭林 男,(1970-),研究员.研究方向为计算机体系结构及图像处理。

崔丽洁 女,(1986-),硕士研究生.研究方向为图像处理与计算机视觉。

郑江滨 男,(1971-),教授,博士生导师.研究方向为图像及视频处理、模式识别与计算机视觉。