

文章编号 1004-924X(2007)08-1257-06

基于帧间颜色梯度的背景建模

李刚¹, 曾锐利^{1,2}, 林凌¹, 王蒙军¹

(1. 天津大学精密测试技术及仪器国家重点实验室, 天津 300072; 2. 军事交通学院, 天津 300161)

摘要:在分析了交通场景视频特点的基础上, 根据视频流中帧间像素颜色变化情况来确定背景像素值。提出以帧间像素梯度值作为背景像素的判断条件来建立背景模型的方法。在计算中将图像进行分块, 通过求子区域颜色梯度变化值来确定其背景, 然后根据各子区域的计算结果重建背景模型。实验结果表明: 平均经过 100 帧图像初始化后, 即可完成背景建模, 初始化帧数比其它方法少, 平均每帧图像的处理时间为 15.566 ms。该方法背景建模的速度和初始化帧数都满足交通场景视频监控系统的要求。

关键词:交通监控; 背景建模; 图像处理

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

A novel background modeling method based on color grade of different frames

LI Gang¹, ZENG Rui-li^{1,2}, LIN Ling¹, WANG Meng-jun¹

(1. State Key Laboratory of Precision Measuring Technology and Instruments, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Military Traffic Institute, Tianjin 300161, China)

Abstract: Based on the analysis of some feature videos of traffic scene, the values of background pixels are obtained according to variety of pixel colors in video flows. A modeling method of estimating background pixels using color grade of different frames is proposed. The image is divided into some sub-regions in computing, and every sub-region background is gotten according to variety of color grade, then the background image is rebuilt according to the computing results of every sub-region. Experimental results show that the process of background modeling can be completed after computing average initial 100 frames, which is less than that of other methods, and the average computing time of every frame is 15.566 ms. The speed of modeling and the number of initial frames can meet the requirements of the video surveillance system in traffic scene using this method.

Key words: traffic monitoring and controlling; background modeling; image processing

收稿日期: 2007-01-16; 修订日期: 2007-04-06.

基金项目: 天津大学 985 工程资助项目; 国家自然科学基金资助项目 (No. 60674111)

1 引言

在视频监控系统中提取运动目标,传统的方法有三种:背景差分法、帧间差分法以及光流法^[1-6]。其中帧间差分法得出的目标往往是局部的、不连续的,这对后续的目标分类不利;光流法适合在摄像机运动的情况下检测运动目标,但是由于光流场的计算相当复杂,且抗噪性能差,因此如果没有特别的硬件装置,难以应用于实时处理;背景差分法检测运动目标比较适合摄像机固定的场合拍摄的视频。在一些特定的场合中(如智能交通监控和一些室内监控系统),是通过固定安装的摄像机拍摄视频流进行分析和识别的,因此适宜用背景差分法进行目标检测。背景差分法的基本思想是:将每个输入视频帧和一张背景图像相比较,如果同位置的像素特征、像素区域特征或其它特征存在一定程度的差别,则在新视频帧中这些位置的像素点或像素区域就构成前景,否则为背景。所以背景图像的准确性将直接影响目标的提取^[7]。由于监控场景的环境复杂,一些外界因素很容易引起背景的变化,如光照变化,风吹树叶、水面等引起树枝摇晃、水面波动,背景扰动,以及运动目标侵入都会引起背景变化^[8]。因此,建立自适应背景模型显得尤为重要。几种常用的背景建模方法都存在各自的缺点,例如:利用平均值模型建立背景时,由于背景更新受到运动物体的影响,当有车辆经过时,背景画面中会有一条模糊的痕迹留下,所以这种方法在来往车辆较多的情况下效果不是很好^[9];利用线性预测模型建立背景时,每一帧都要根据采样协方差来估计滤波器的预测系数,因而使得该方法很难应用到实时系统中^[10-11];混合高斯模型的计算复杂度与高斯模型的个数成正比,而且模型参数难调,它对大而慢的目标检测效果也不好^[12];内核密度估计模型需要较大的内存空间来存储历史视频,并且迭代计算速度慢,很难应用于实际系统中^[13]。

本文在分析了交通场景视频特点的基础上,提出利用帧间颜色梯度值来判定背景像素值的方法,将帧间图像分块计算颜色梯度,从而确定各子块的背景像素,然后根据各子块的计算结果重建背景图像。

2 背景重建

2.1 交通场景的视频特点

观察一组交通场景的视频流,图像采集速度为 30 frame/s,如图 1 所示,在视频画面中选取两

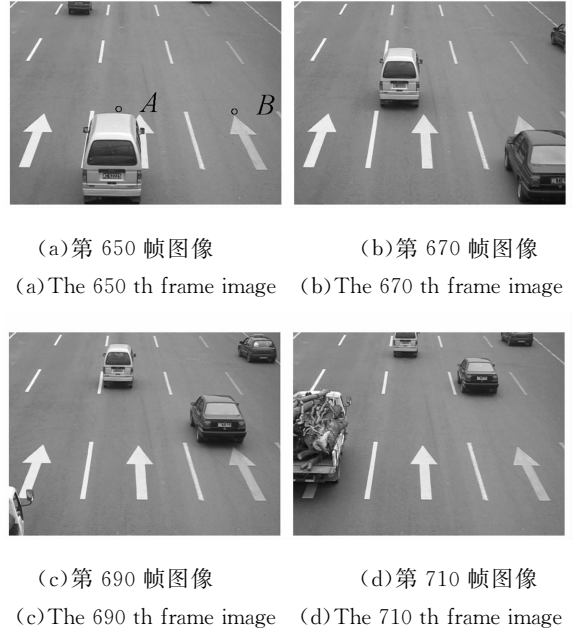
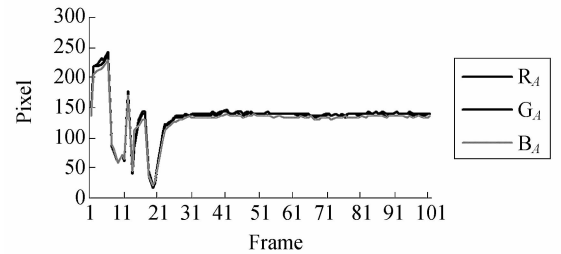
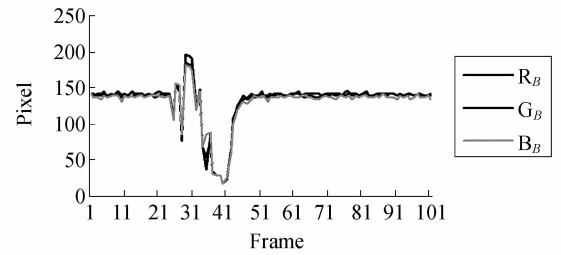


图 1 一组交通视频截图

Fig. 1 A group of traffic video images



(a) A 点的像素
(a) Color values of dot A



(b) B 点的像素
(b) Color values of dot B

图 2 A、B 两点的颜色变化图

Fig. 2 Variety of color in dot A and B

点 A 和 B ,对连续帧中 A 、 B 的 RGB 颜色值进行统计,结果如图 2 所示。

图 2 分别表示 100 帧图像序列中 A 和 B 的 RGB 颜色值的变化情况,可以看出,在第 2 帧至第 29 帧范围内,由于 A 点有车辆通过,其颜色值波动较大,而在第 25 帧至第 47 帧范围内,由于 B 点有车辆通过,其颜色值波动较大,其它时间 A 、 B 点没有目标出现,其颜色值相对稳定,此时的 A 、 B 即为背景点。那么,建立背景模型的过程,即是搜索图像帧间像素点颜色变化缓慢的值。

2.2 基本思想

在图像序列中,像素点的较大颜色变化是由运动目标经过引起的,那么通过求颜色梯度可以判断这些位置。假设研究的视频序列为 $\{I_k(x, y)\}_{k=1}^N$ (其中 k 为帧序, N 为视频序列的总帧数),在第 k 帧位于坐标 (x_0, y_0) 处的颜色记为 $f(k)$ 。这里研究彩色图像,考虑 RGB 颜色的各分量的值,故 $f(k) = \{f^R(k), f^G(k), f^B(k)\}^T$ 。则帧间像素的梯度值如式(1)所示。

$$\nabla f(k) = |f(k+1) - f(k-1)|, \quad (1)$$

通过梯度 $\nabla f(k)$ 可以判断该点在前后帧中的颜色变化情况。实验发现,如果仅通过式(1)来确定背景像素,则系统对瞬间的光线变化比较敏感,当有大目标通过时,不易求出背景,因此,这里引入两个改进的梯度算法如式(2)、(3)所示。

$$\nabla f_1(k) = |f(k+\beta) - f(k)|, \quad (2)$$

$$\nabla f_2(k) = |f(k) - f(k-\beta)|. \quad (3)$$

即按照一定的帧间隔 β 来分别求梯度,并分别以 R、G、B 分量的梯度最大值来表示该点的梯度值,如式(4)、(5)所示。

$$\nabla f_1^* = \max\{\nabla f_1^R, \nabla f_1^G, \nabla f_1^B\}, \quad (4)$$

$$\nabla f_2^* = \max\{\nabla f_2^R, \nabla f_2^G, \nabla f_2^B\}. \quad (5)$$

判断当 $\nabla f_1^* \leq T$ 且 $\nabla f_2^* \leq T$ 时,该点的像素即为背景像素,其中 T 为阈值。当上述条件不成立时,说明在当前帧中,该点的像素不是背景像素,可以通过重新修改帧序号来判别,令 $k = k + \alpha$, ($\alpha < \beta$),并重新迭代计算 $\nabla f_1(k)$ 和 $\nabla f_2(k)$,当所处帧中该点像素波动小于阈值时,即停止迭代,记该点当前的像素为该点的背景像素。

2.3 算法实现

在实际应用中,为了节省算法,将图像分成

$M(W \times W)$ 个子块,如图 3 所示,将图像中的某点的像素用该子块的平均像素来代替,如式(6)所示。

$$f(k) = \frac{1}{XY} \sum_{i=1}^X \sum_{y=1}^Y I(x, y). \quad (6)$$

式(6)中 S 为帧图像的面积, X 、 Y 为子块的宽和高 ($XY = S/W^2$), $I(x, y)$ 为子区域中点 (x, y) 的像素。根据块内像素颜色各分量的平均值,计算其在帧系列中的梯度,依据各子块在帧序列的颜色梯度,寻找该子块在帧序列中的背景。

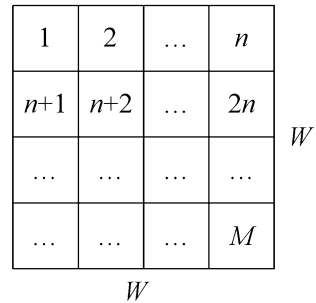


图 3 图像分为 M 个子区域

Fig. 3 Image is divided into M sub-regions

背景模型的建立步骤为:(1)将某帧图像 k 进行分块,并计算各子块像素分量的平均值;(2)确定帧间隔,分别计算一定间隔帧的各子块像素颜色分量平均值;(3)针对某一子块 m ,计算颜色梯度,通过求颜色分量的最大值来确定 ∇f_1^* 和 ∇f_2^* ;(4)判断当 ∇f_1^* 和 ∇f_2^* 小于阈值时,则当前子块的图像为背景,否则,令 $k = k + \alpha$,并重复步骤(3),直至找到当前子块的背景;(5)对新的子块重复步骤(3),搜索背景图像,完成对 M 个子块图像背景的搜索,即完成了整幅图像的背景重建。

在整个背景建模过程中,参数 α 、 β 、 T 对建立背景模型的完整性以及建模速度的影响是至关重要的,合理选取这些参数,可以应用于不同场景的背景建模情况。在交通监控场景中,被监控的目标是车辆,但由于交通场景的复杂性,在监控场景中经常会出现行人、自行车以及摩托车等目标,这些目标的出现对背景建模会造成影响。对于交通场景中的运动目标,有如下特点:车辆的运动速度快,在图像上目标的成像面积大;摩托车速度一般,在图像上目标成像面积较小;自行车速度较

慢,成像面积较小;行人的速度最慢,成像面积也最小。 α 和 β 的选取与目标运动的特点有关,也与图像的采集速率有关。在交通场景中,以 30 frame/s 的摄像机采集视频,实验统计发现,按正常道路口的行驶速度,车辆通过某点不超过 60 帧,摩托车不超过 20 帧,自行车不超过 30 帧,行人不超过 15 帧。在对连续图像帧求颜色梯度时,要求帧间隔的跨度范围要超过目标,因此在实验中将 β 设为 30,而 α 则影响迭代的速度和精度,这里将 α 设为 2;阈值 T 的大小则反映了系统对环境光照条件的敏感度,在实验中设为 10。显然,子块分割参数决定了背景建模的计算精度和计算量,也和采集图像的大小有关,在实验中采集的图像大小为 320×240 。实验表明,在城市交通场景中,将 W 设为 20,子块大小为 16×12 建立模型是一个折中的方案,能同时兼顾计算精度和计算量。

3 实验结果与分析

采集一组交通场景的视频,利用平均值模型、混合高斯模型以及基于帧间颜色梯度的背景模型方法对背景进行建模,针对处理时间和效果进行了对比。在实验中,采集的图像总序列有 2 483 帧,图像大小为 320×240 ,对前 60 帧图像的处理结果如图 4 所示。可以看出,利用平均值模型建立的背景在背景画面中会有一条模糊的痕迹留下;利用混合高斯模型建立的背景中,由于参与处理的图像较少,第 1 帧图像在背景中占的比重较大,痕迹比较明显,表明背景提取初始化慢;利用基于帧间颜色梯度的背景模型建立的背景比较接近真实背景,有少许区域提取背景效果不好,主要发生在运动目标与背景颜色相近的区域,这种现象在后续的目标提取中,使得提取的目标有少量空洞,可以通过形态学滤波器进行消除。

图 5 为前 2 048 帧图像的处理结果,分别表示了利用平均值模型、混合高斯模型以及基于帧间颜色梯度的背景模型方法对背景进行建模的结果。从处理结果可以看出,经过 2 048 帧处理后都能得到一幅完整的背景,但在此过程中,利用本文的方法已经对背景更新了 23 次。

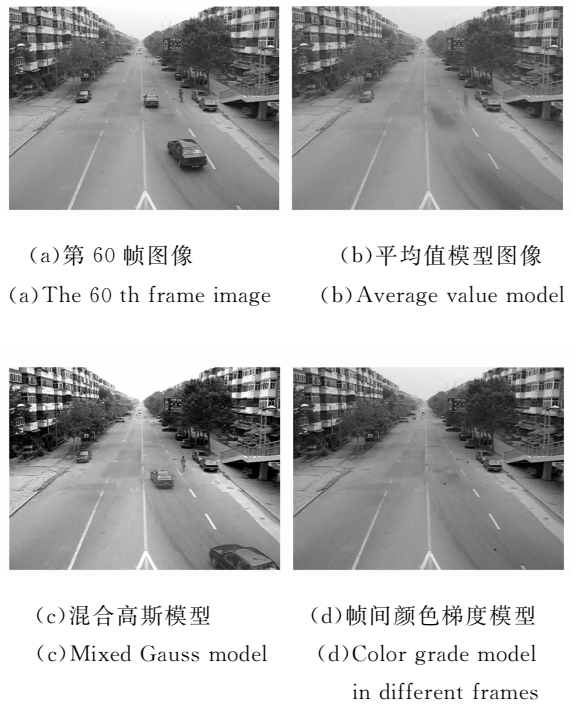


图 4 前 60 帧的处理结果

Fig. 4 Processed results of the first 60 frames

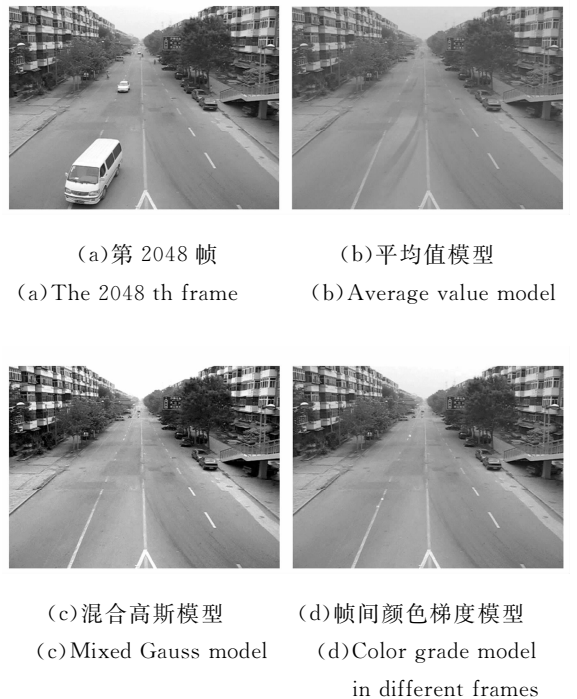


图 5 前 2 048 帧的处理结果

Fig. 5 Processed results of the first 2 048 frames

表 1 给出了几种算法的实验结果比较,所有数据都是针对同一图像序列,在主频为 2.93 GHz 的计算机平台上运算得到的。可以看出平均值模

型和基于帧间颜色梯度的背景模型的建立速度较快,但平均值模型的处理速度和效果与初始化帧数有关,而混合高斯模型的处理速度较慢,需要经过较多的图像帧进行初始化,而且在这个处理过程中,利用基于帧间颜色梯度的背景模型方法对背景进行了多次更新,这对于运动目标的提取更为有利。

表1 三种方法的实验结果

Tab.1 Experimental results of three methods

提取方法	每帧平均 处理时间(ms)	初始化过程 (frame)
平均值模型	7.625	300
混合高斯模型	52.348	2 000
基于帧间颜色梯度的背景模型	15.566	100

从表1中可以看出,用平均值模型建立背景模型,需要经过300帧以上才能取出一个较好的背景,当运动目标较多时,初始化帧数还会增加;

用混合高斯模型建立背景,一般要经过2 000帧以上的预处理才能得到一个可用的背景,而且处理速度较慢。

4 结 论

本文根据交通场景视频特点,利用帧间颜色梯度值来判定背景像素值,并将帧间图像分块计算颜色梯度,从而确定各子块的背景像素,然后根据各子块的计算结果重建背景图像。实验结果可以看出,对于背景的初始化过程,基于帧间颜色梯度的背景模型处理初始化最快,在100帧内能得到一个较好的背景,平均每帧的处理时间为15.566 ms。综合以上分析,基于帧间颜色梯度的背景模型在建立背景时处理速度和初始化速度是最适宜于交通监控场景的,该方法能够很好地适应环境的光线变化,同时,由于不需要另外的初始化算法,实现起来更加简单,还可以通过调整各个参数使得该模型能够适应各种场景。

参考文献:

- [1] FUJIYOSHI H, LIPTON A. Real-time human motion analysis by image skeletonization [C]. *Proceedings of Applications of Computer Vision, Japan; Inst. Electron Inf. & Commun. Eng.*, 1998: 15-21.
- [2] 林玉池, 崔彦平, 黄银国. 复杂背景下边缘提取与目标识别方法研究[J]. *光学精密工程*, 2006, 14(3): 509-514.
LIN Y CH, CUI Y P, HUANG Y G. Study on edge detection and target recognition in complex background[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(3): 509-514. (in Chinese)
- [3] WREN C, AZARBAYEJANI A, DARRELL T, et al.. Real-time tracking of the human body[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1997, 19(7): 780-785.
- [4] 王洪建, 李志敏. 基于视频图像的车辆流量实时检测系统[J]. *光学精密工程*, 2005, 13(增): 222-226.
WANG H J, LI ZH M. Real-time measuring system based on vehicle flow video image[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2005, 13(Supp.): 222-226. (in Chinese)
- [5] ALI A T, DAGLESS E L. Alternative practical methods for moving object detection [C]. *International Conference on Image Processing and its Applications, London, UK, IEEE*, 1992: 77-80.
- [6] COLLINS R, LIPTON A, KANADE T, et al.. A system for video surveillance and monitoring [R]. *Tech. Report CMU-RI-TR-00-12, Robotics Institute, Carnegie Mellon University*, 2000.
- [7] LI G, ZENG R L, LIN L. Moving target detection in video monitoring system [C]. *Proceedings of IEEE World Congress on Intelligent Control and Automation, Dalian, P. R. China*, 2006, 6: 9778-9781.
- [8] 代科学, 李国辉, 涂丹, 等. 监控视频运动目标检测减背景技术的研究现状和展望[J]. *中国图象图形学报*, 2006, 11(7): 919-927.
DAI K X, LI G H, TU D, et al.. Prospects and current studies on background subtraction techniques for moving objects detection from surveillance video [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2006, 11(7): 919-927. (in Chinese)
- [9] CUCCHIARA R, PICCARDI M, PRATI A. Detecting moving objects, ghosts, and shadows in video streams [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2003, 25(10): 1337-1342.

- [10] TOYAMA K, KRUMM J, BRUMITT B, *et al.*. Wallflower: principles and practice of background maintenance [C]. *Proceedings of International Conference on Computer Vision, Corfu, Greece*, 1999: 255-261.
- [11] 李文军, 陈涛. 基于卡尔曼滤波器的等效复合控制技术研究[J]. *光学 精密工程*, 2006, 14(2): 279-284.
LI W J, CHEN T. Equivalent combine control technique based on Kalman filter[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(2): 279-284. (in Chinese)
- [12] STAUFFER C, GRIMSON W. Learning patterns of activity using real-time tracking [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2000, 22(8): 747-757.
- [13] ELGAMMAL A, HARWOOD D, DAVIS L. Non-parametric model for background subtraction [C]. *Proceedings of International Conference on Computer Vision, Kerkyra, Greece*, 1999: 751-767.

作者简介:李 刚(1959—),男,天津大学精密仪器与光电子工程学院教授,博士生导师,主要研究领域为计算机视觉、智能交通控制、智能仪器与仪表;E-mail:ligang59@tju.edu.cn
曾锐利(1976—),男,天津大学精密仪器与光电子工程学院博士研究生,主要研究领域为图像处理、交通信息处理。E-mail:zruli@163.com