

双阈值灰度归类背景重构算法

肖梅, 张雷, 苗永禄, 刘伟, 寇雯玉

长安大学汽车学院汽车运输安全保障技术交通行业重点实验室, 西安 710064

摘要 针对背景差法背景重构的难点, 提出了一种改进的像素灰度归类的背景重构算法。该方法假定“背景在图像序列中总是最常被观测到”, 根据帧间灰度差和累计帧差和划分灰度类, 对划分的灰度区间执行合并操作, 最后选择出现频率最大的灰度类作为该像素的背景值。仿真结果表明, 该算法有效地避免了混合现象, 当场景本身存在缓慢变化时也能很好地构建出背景, 从而有利于后续的运动目标检测、识别和跟踪。

关键词 灰度归类; 背景重构; 运动检测

中图分类号 TN919.8

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.32.006

Two Thresholds Pixel Intensity Classification for the Background Reconstruction

XIAO Mei, ZHANG Lei, MIAO Yonglu, LIU Wei, KOU Wenyu

Key Laboratory of Automobile Transportation Safety Control Technology of Ministry Communication, School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, China

Abstract The background subtraction is an important method to detect the moving objects, the difficulty in which is the background reconstruction. Therefore an improved background reconstruction algorithm based on pixel intensity classification is proposed. According to the hypothesis that the background pixel intensity always appears in an image sequence with maximum probability, the adjacent frames will be classified as the same or different classes of intensity based on the frame difference and frame difference accumulation, and then merging procedure is run to classify the classes, finally intensity classes with maximum appearance probability are selected as the background pixel intensity values. Simulations results show that the algorithm could affectively avoid moving mixture and well reconstruct the background of vary scene. It also has quick speed, lower store space, and strong robust.

Keywords pixel intensity classification; background reconstruction; motion detection

0 引言

视频图像序列中的运动目标提取是计算机视觉领域的一个重要研究课题, 应用于视频监控、目标识别和目标跟踪等方面。背景重构的运动目标检测是一种重要而有效的运动检测方法, 而背景重构的运动目标检测算法的核心是背景重构, 其好坏直接决定了运动目标的检测效果。

时间平均法 (Time Averaged Background Image, TABI) 是一种简单而经典的背景重构方法, 其计算量小, 便于实时处理, 但运动目标容易混入背景图像当中, 会造成运动“混合”现象。除 TABI 法之外, 背景重构方法还包括假设法^[1-6]、模型法^[7-9]以及预测法^[10]等。自适应平滑算法^[11]假定“处于稳定状态

最长的灰度值是像素的背景值”, 当背景被运动物体遮挡时, 会构建错误的背景图像。中值滤波法^[2-3]选择图像序列中数值处于中间的灰度值作为该像素的背景值, 一旦背景出现频率小于 50% 时常会得到错误的背景。偏微分等式法背景重构^[4]假设“背景在图像序列中是最经常被观测到的”, 该算法比较复杂且参数不易设置。像素灰度归类的背景重构算法^[5]采用偏微分等式法背景重构^[4]的假设前提, 根据相邻 2 帧图像的灰度差对该像素点灰度进行归类, 选择频率最高的灰度值作为该点的背景值。在线聚类的背景重构算法^[6]是对像素灰度归类^[5]的一种改进, 该算法采用在线聚类 (也称基本顺序聚类算法) 对图像序列的像素灰度值进行分类, 选择出现频率大

收稿日期: 2011-08-16; 修回日期: 2011-10-26

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (50908019)

作者简介: 肖梅, 副教授, 研究方向为图像处理、多传感信息融合, 电子信箱: xiaomeijx@163.com

于阈值的灰度类作为该像素的背景,这样可以很好地构建出多模态场景的背景,但对数据的输入顺序和阈值敏感。混合高斯建模法^[7]采用混合高斯对复杂背景建模,能跟踪场景的变化且运动分割效果好,但算法复杂、耗时且参数的选择很困难。Lee 等^[8]提供了基于混合高斯的贝叶斯背景分割,Zivkovic 等^[9]提出了一种自适应的混合高斯概率密度模型,可以为每个像素自动选择模型数,解决了光线突变、暗环境下的运动分割等问题,但仍未改变算法复杂耗时且参数选择困难的缺点。Toyama 等^[10]采用 Kalman 滤波的一个简化算法——Winer 滤波建立背景模型。本文提出了一种对像素灰度归类的背景重构算法^[9]的改进算法——基于算阈值灰度归类的背景重构算法。

1 算法步骤

假定“背景在图像序列中总是最常被观测到”,本文提出一种改进的像素灰度归类的背景重构算法。改进的像素灰度归类的背景重构算法分为 3 步:第 1 步,划分灰度类;第 2 步,合并相近的灰度类;第 3 步,选择像素点的背景灰度值。

(1) 划分灰度类。

将图像采集设备采集到的 $N+1$ 帧图像记为 $(f_0, f_1, f_2, \dots, f_N)$, $f_i(x, y)$ 表示像素 (x, y) 在第 i 帧 $(i=0, 1, 2, \dots, N)$ 处的灰度值。双阈值灰度归类通过使用 2 个阈值 δ_1 和 δ_2 ($\delta_2 > \delta_1$) 对输入图像序列进行归类,若输入数据 $f_i(x, y)$ 的邻帧灰度差 $|Df_i(x, y)| \geq \delta_2$, 则创建新类;若输入数据 $f_i(x, y)$ 的邻帧灰度差 $|Df_i(x, y)| \leq \delta_1$, 且累计帧差和小于阈值 δ_3 , 则将 $f_i(x, y)$ 归入 $f_{i-1}(x, y)$ 所在的类;若输入数据 $f_i(x, y)$ 的邻帧灰度差 $\delta_1 < |Df_i(x, y)| < \delta_2$, 则暂不分配 $f_i(x, y)$, 将它归入待分配数据集,待聚类形成后再将待分配数据归入与之最近的类中。以像素 (x, y) 为例说明像素灰度类的划分算法。

Step 1: 第 1 个输入数据为第 1 类,此时 $j=1$ 。初始化初类的灰度和 $Sf^j(x, y)$ 、类像素数 $Sp^j(x, y)$ 和类累计帧差和 $Sd^j(x, y)$ 为

$$Sf^j(x, y) = f_i(x, y) \quad (1)$$

$$Sp^j(x, y) = 1 \quad (2)$$

$$Sd^j(x, y) = 0 \quad (3)$$

转入 Step 2。

Step 2: 输入新的数据 $f_i(x, y)$, 即 $i=i+1$ 。当 $i \leq N$ 时, 转入

Step 3; 否则转入 Step 9。

Step 3: 计算邻帧灰度差 $Df_i(x, y) = f_i(x, y) - f_{i-1}(x, y)$, 并与双阈值 δ_1 和 δ_2 作比较。当 $|Df_i(x, y)| \geq \delta_2$, 则认为 $f_i(x, y)$ 和 $f_{i-1}(x, y)$ 不属于同一灰度类, 转入 Step 4; 当 $|Df_i(x, y)| \leq \delta_1$, 转入 Step 5; 当 $\delta_1 < |Df_i(x, y)| < \delta_2$, 转入 Step 8。

Step 4: 创建一新的灰度类, 即 $j=j+1$, 并初始化该新类的灰度和 $Sf^j(x, y)$ 、类像素数 $Sp^j(x, y)$ 和类累计帧差和 $Sd^j(x, y)$, 其初始化策略同 Step 1。

转入 Step 2。

Step 5: 计算该类累计帧差和 $Sd^j(x, y)$, 即

$$Sd^j(x, y) = Sd^j(x, y) + Df_i(x, y) \quad (4)$$

转入 Step 6。

Step 6: 将 $Sd^j(x, y)$ 和门限值 δ_3 作比较, 当 $|Sd^j(x, y)| \leq \delta_3$, 则认为 $f_i(x, y)$ 和 $f_{i-1}(x, y)$ 的灰度值一致, 属于同一灰度类, 转入 Step 7; 否则, 认为 $f_i(x, y)$ 和 $f_{i-1}(x, y)$ 属于不同的灰度类, 转入 Step 4。

Step 7: 将数据 $f_i(x, y)$ 归入 $f_{i-1}(x, y)$ 所在的灰度类, 并更新该类的灰度和 $Sf^j(x, y)$ 和类像素数 $Sp^j(x, y)$, 即

$$Sf^j(x, y) = Sf^j(x, y) + f_i(x, y) \quad (5)$$

$$Sp^j(x, y) = Sp^j(x, y) + 1 \quad (6)$$

转入 Step 2。

Step 8: 将 $f_i(x, y)$ 归入待分配数据。转入 Step 2。

Step 9: 计算已形成的 j 类的类中心 $SC^j(x, y)$, 即

$$SC^j(x, y) = \frac{Sf^j(x, y)}{Sp^j(x, y)} \quad (7)$$

Step 10: 分配待分配数据。假定 $f_t(x, y)$ ($t \leq N$) 属于待分配数据, 在已形成的 j 类中查找与 $f_t(x, y)$ 最近的类 k , 使之满足 $d(f_t(x, y), SC^k(x, y)) = \min_{1 \leq i \leq j} d(f_t(x, y), SC^i(x, y))$, 将 $f_t(x, y)$ 归入类 k , 并分别用式(3)~式(5)更新该类灰度和、类数据数和类中心。其中, $d(f_t(x, y), SC^k(x, y)) = |f_t(x, y) - SC^k(x, y)|$, 表示从数据 $f_t(x, y)$ 到类 k 的不相似程度, 以下均采用相同的不相似程度测度。转入 Step 11。

Step 11: 直至待分配数据全部分配完, 算法结束。

(2) 合并相近的灰度类。

假定执行聚类算法结束后形成了 p 个类, 形成类中可能出现 2 个或多个类的位置离得很近的情况, 把它们合并成一类是最理想的。对形成的灰度类执行合并过程, 程序如下。

程序 1: 在 p 个灰度类中, 找到相聚最近的 2 个类 $f^m(x, y)$, $f^n(x, y)$ ($m < n$), 使得 $d(f^m(x, y), f^n(x, y)) = \min_{s, t=1, 2, \dots, p, s \neq t} d(f^s(x, y), f^t(x, y))$ 。转入程序 2。

程序 2: 若 $d(f^m(x, y), f^n(x, y)) \leq \delta_4$ (δ_4 是用户定义的参数, 用来量化 $f^m(x, y)$ 和 $f^n(x, y)$ 这 2 个灰度类之间的接近程度), 则认为 $f^m(x, y)$ 和 $f^n(x, y)$ 为一致灰度类, 应将 2 类合并, 转入程序 3; 否则, 转入程序 5。

程序 3: 合并一致灰度类, 即将第 n 类归入第 m 类, 并更新合并后的类灰度和 $Sf^m(x, y)$ 和类像素数 $Sp^m(x, y)$, 即 $Sf^m(x, y) = Sf^m(x, y) + Sf^n(x, y)$ 和 $Sp^m(x, y) = Sp^m(x, y) + Sp^n(x, y)$ 。

程序 4: 删除第 n 类。转入程序 1。

程序 5: 结束。

(3) 选择像素点的背景灰度值。

将类像素数最大的灰度类的灰度值作为该像素点的背景灰度值。假定经过合并过程后, 形成 q 个灰度类, 找到第 k 类, 使满足 $Sp^k(x, y) = \max_{i=1, 2, \dots, q} Sp^i(x, y)$, 则像素点 (x, y) 所对应的背景像素点的灰度值 $f_b(x, y)$ 为

$$f_b(x, y) = \frac{Sf^k(x, y)}{Sp^k(x, y)} \quad (8)$$

算法结束。

2 试验比较与讨论

为验证本文算法的有效性,对多种视频的仿真试验,并将结果与均值法、灰度归类法^[9]进行比较(图1和图2)。参数取值为 $N=100, \delta_1=13, \delta_2=25, \delta_3=20, \delta_4=12$, 灰度归类法的参数取值为 $\xi=20$ 。

图1为 Highway 视频序列的对比结果,场景中有密集的车流驶入/驶出。图1(a)—图1(c)分别为第1帧、第53帧和第99帧图像;图1(d)为用均值法构建的背景,可以看出运动的车辆也混和到背景图像中,当行驶的车辆越密集时,运动混合现象会更严重,构建的背景的效果也会更差;图1(e)和图1(f)分别为用灰度归类法和改进算法构建的背景重构结果,可以看出,灰度归类法和改进算法有效避免了运动混合

现象,背景构建效果好。

实际中,场景本身常还存在缓慢变化,如天亮/天黑、乌云遮挡等场景。为模拟场景本身的灰度值发生缓慢变化时的背景重构结果,构建了1个灰度值发生缓慢变化的场景(图2)。场景中1个物体从场景左侧匀速向右侧运动,且运动前景的灰度值从左到右逐渐递减。图2(a)—图2(c)分别为背景重构的第1帧、第53帧和第99帧;图2(d)为用均值法构建的背景重构结果,可以看出在前景的整个运动轨迹上形成了严重的运动“混合”现象,构建的背景效果差;同样用灰度归类法重构的背景图像(图2(e))也存在运动“混合”现象,构建的背景效果差;由图2(f)可以看出,改进算法有效避免了运动混合现象,背景构建效果好。



图1 Highway 视频序列的背景重构试验结果

Fig. 1 Experimental results of background reconstruction for highway video sequence

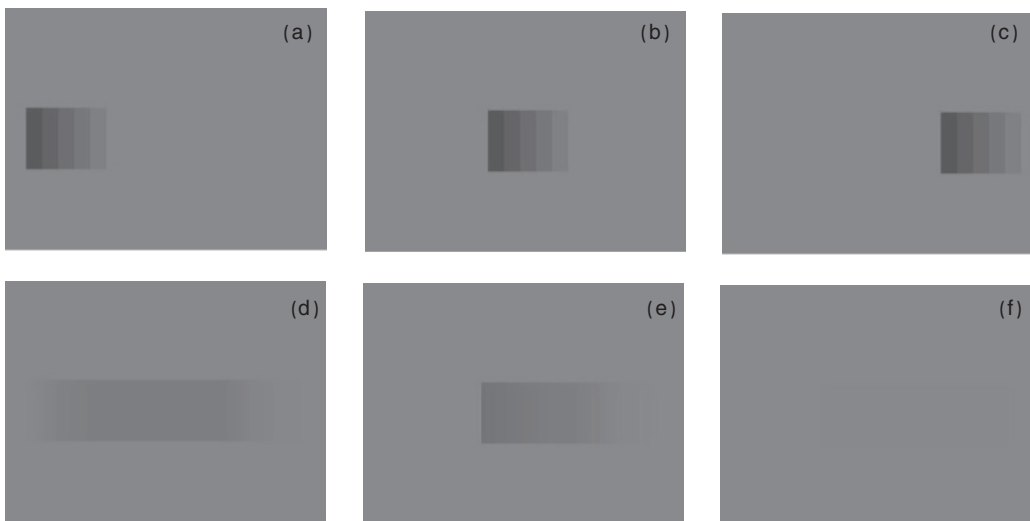


图2 人造视频序列的背景重构试验结果

Fig. 2 Experimental result of background reconstruction for artificial video sequence

3 结论

本文提出了一种改进的灰度聚类背景重构算法,具有以下优点:通过使用双阈值对输入数据进行聚类,增强了聚类结果对阈值取值的鲁棒性;对数据的分配要延迟到有足够的信息,所以该算法对数据参与算法的顺序不是很敏感;在运行双阈值顺序聚类之后执行合并过程,避免了出现多个距离很近的聚类;当场景本身存在缓慢变化时也能很好地构建出背景,从而有利于后续的运动目标检测、识别和跟踪。

参考文献 (References)

- [1] Long W, Yang Y. Stationary background generation: An alternative to the difference of two images [J]. *Pattern Recognition*, 1990, 23 (12): 1351-1359.
- [2] Gloyer B, Aghajan H K, Siu K Y, et al. Video-based freeway monitoring system using recursive vehicle tracking[C]// Proceedings of IS & T-SPIE Symposium on Electronic Imaging: Image and video processing. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 1995, 2421: 173-180.
- [3] Kornprobst P, Deriche R, Aubert G. Image sequence analysis via partial difference equations [J]. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 1999, 11(1): 5-26.
- [4] 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.

- [5] Hou Z Q, Han C Z. A background reconstruction algorithm based on pixel intensity classification in remote video surveillance system [C]// International Society of Information Fusion. Proceedings of the Seventh International Conference on Information Fusion. Fairborn: International Society of Information Fusion, 2004: 754-759.
- [6] 肖梅, 韩崇昭. 基于在线聚类的背景减法 [J]. 模式识别与人工智能, 2007, 20(1): 35-41.
Xiao Mei, Han Chongzhao. *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 2007, 20(1): 35-41.
- [7] Stauffer C, Grimson W E L. Adaptive background mixture models for real-time tracking [C]//Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Los Alamitos: IEEE, 1999: 246-252.
- [8] Lee D S, Hull J J, Erol B. A Bayesian framework for Gaussian mixture background modeling [C]//Proceedings of 2003 International Conference on Image Processing[C]. Barcelona: Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Society, 2003: 973-979.
- [9] Zivkovic Z, van der Heijden F. Recursive unsupervised learning of finite mixture models [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2004, 26(5): 651-656.
- [10] Toyama K, Krumm J, Brumitt B, et al. Wallflower: Principles and practice of background maintenance [C]//Proceedings of the 1999 7th IEEE International Conference on Computer Vision. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 1999.

(责任编辑 孙秀云)

·学术动态·



“中国系统工程学会第十七届学术年会”征文

由中国系统工程学会第十七届学术年会主办的“中国系统工程学会第十七届学术年会”拟于2012年7月在南京市召开。

征文范围: 中国经济发展转型与成熟市场经济模式比较研究; 中国社会经济健康转型问题研究; 社会经济转型引发的制度创新研究; 社会经济转型引发的产业结构创新研究; 社会快速发展过程中的复杂系统问题研究; 经济发展转型期特殊问题研究; 系统工程方法论在社会经济发展转型、实践中的发展; 系统工程方法在低碳发展与资源集约化方面的应用; 系统工程方法在金融、投资、保险业等领域的研究; 系统科学理论在社会管理方面的应用研究; 系统工程方法在公共卫生、突发事件、应急管理方面的研究; 系统科学与系统工程理论在各领域中的应用研究。

论文截稿日期: 2012年4月15日。

电子信箱: xshy@iss.ac.cn。

通信地址: 北京市海淀区中关村东路55号中国系统工程学会(100190)。

大会网站: <http://www.iss.ac.cn/sesc/conferences/20110627sesc17.pdf>。