

基于 ViBe 算法的改进背景减去法^①

严红亮, 王福龙, 刘志煌, 沈士忠

(广东工业大学 应用数学学院, 广州 510520)

摘要: ViBe 背景减去算法基于 RGB 色彩空间对像素进行处理, 在光照突然改变的情况下, 会造成大面积的背景误判为运动前景; 同时会将场景中的运动背景大量的误检为前景. 针对上述问题, 本文提出一种结合(r, g, I)标准色彩空间的改进算法. 实验结果表明, 改进算法在光照突然变化时对前景的提取具有更好的鲁棒性, 同时对于场景中运动的背景像素点, 取得了更好的检测效果.

关键词: 背景减去法; ViBe 算法; (r, g, I); 光照变化

Improved Background Subtracted Method Based ViBe

YAN Hong-Liang, WANG Fu-Long, LIU Zhi-Huang, SHEN Shi-Zhong

(School of Applied Mathematics, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510520, China)

Abstract: ViBe background subtracted algorithm deals with pixels based on RGB color space. So when the light suddenly changed, a large of background area will be misclassified as moving foreground. In addition, ViBe algorithm considered a lot of the moving background pixels to be foreground in the scene. To solve these problem, this paper proposed algorithm which combined with (r,g,I) normalized color space. The experimental results show that the improved algorithm can reaches the more robust extraction for foreground at the abrupt changes of light. At the same time, the improved algorithm has a better effect on detecting the moving background pixels in the scene.

Keywords: background subtracted method; ViBe algorithm; (r,g,I); light changed

1 引言

在视频监控应用中, 通常会固定摄像机, 长期地监视一个地方, 以检测出一些不寻常行为, 例如在已经打烊的超市, 能检测出有人进入并发出警报. 为了能将运动物体, 即“前景”从场景中提取出来, 需要用到运动物体检测算法. 目前常用的检测算法有光流法、帧间差分法和背景减去法. 光流法由于计算十分复杂, 从而导致实时性差、实用性较低. 帧间差分法利用图像序列中相邻帧之间的图像差分来提取运动区域, 算法简单, 但往往不能提取出完整的运动物体^[8]. 背景减去法通过实时的背景提取和更新实现运动物体检测, 算法简单, 同时能够得到较完整的运动物体, 因此应用较为普遍.

背景减去法需要两个条件: (1)有背景图像模型,

(2)背景图像模型必须是随着光照或外部环境的变化而实时更新的. 因此背景减去法的关键是背景建模及其更新. 关于如何建立对于不同场景的动态变化均具有自适应性的背景模型, 以及如何减少动态场景变化对运动分割的影响, 国内外学者们已提出了许多背景建模算法, 总体可分为颜色背景建模和纹理背景建模.

颜色背景建模是对图像中每个像素的颜色值(灰度或彩色)进行建模. 如果当前帧坐标在(x,y)处的像素颜色值与背景模型中(x,y)处的像素颜色值差异在一定范围内, 当前像素则认为是背景, 否则为前景. 其中比较普遍的颜色背景建模方法有高斯背景建模^[14,15], CodeBook 背景建模^[11]和非参数背景建模^[1,2,5].

单高斯背景模型(SGBM)及其改进算法——混合

① 基金项目:广东省自然科学基金 (S2011040004273)

收稿时间:2013-11-01;收到修改稿时间:2013-12-13

高斯模型(GMM)建模思想是记录每个像素点在不同时间的值, 这些值组成模型的权重. GMM 能处理实际场所中遇到的多模(multi-model)的自然场景, 在有运动背景(如抖动的树叶)等时, 处理效果较好, 但是 GMM 计算量大, 对于光照较为敏感, 且该算法的敏感度不能精确调节, 会导致高频运动物体可能检测不出.

CodeBook 算法的基本思想是得到每个像素的时间序列模型, 为当前的每个像素建立一个 CodeBook 结构, 每个 CodeBook 结构又由多个 CodeWord 组成. 这种模型很好地处理了时间起伏, 能够适应像素剧烈变化的情况. 但是该算法要消耗大量的内存, 而且对光照敏感.

ViBe 算法^[1]是 Olivier Barnich 等人于 2009 年提出的, 用来进行快速背景提取和运动目标检测, 是一种非参数化颜色背景建模方法. ViBe 算法首先用当前的像素值对比过去在相同位置上的像素值, 来确定此像素值是否属于背景; 其次随机地替换背景模型中像素值来更新模型; 最后当像素被发现是背景的一部分时, 它的值被传播到相邻像素的背景模型中, 以此更新相邻像素模型. ViBe 算法简单, 计算量小, 处理帧的速度较快, 是一种比较实用的方法. 2012 年, 该研究团队发表一篇名为 ViBe+^[2]的论文, 对 ViBe 算法进行了改进. 在去除一定面积的前景“孔洞”上取得了不错的效果, 并对闪烁的运动背景有较好的检测.

尽管 ViBe 算法对比其他一些前沿的算法有许多优势, 但也存在一些缺点. 该算法对于光照的处理方面不足, 光照的突然变化会导致大面积的背景点被误检为前景点, 即使过了很长一段时间, 也不能重新将其归类为背景. 同时对于场景中运动的背景像素点, 该算法也会误判为前景. 针对 ViBe 算法这些缺陷, 本文提出一种结合标准化色彩空间(r, g, I)^[5, 6]的方法, 在面对光照的突然变化时, 不会产生大面积的误检, 而且随着时间的推移, 能较快地把误检为前景的像素点归类为背景. 同时本文算法对运动背景像素点的处理收显著效果, 对于前景的检测更为完整.

2 ViBe 算法

ViBe(visual background extractor)算法, 即视觉背景提取算法, 是一种通用的背景减去算法, 对于各种视频流、多种场景内容及变化的场景都适用. 该算法首次提出对单帧进行初始化建模, 更新模型随机地替

换原则, 和一种新的更新机制——相邻像素更新背景模型的同时, 背景模型也更新相邻像素的模型. 对比其他一些前沿的背景提取方法, ViBe 算法简单, 有效地简化了程序, 在加快了对于帧的处理速度的同时, 可以达到了较高的准确度, 增强了抗噪能力以及减少了计算负载^[10].

ViBe 算法过程主要分成三个部分: 像素点建模、单帧初始化和背景模型更新.

2.1 像素点建模和单帧初始化

在视频第一帧, 对图像的每一个像素点都建立一个包含 N 个样本的像素模型, 定义 $v(x)$ 为欧式彩色空间(R,G,B)中位于 x 处的像素, V_i 为选取的样本, 这样像素 $v(x)$ 对应的模型为:

$$M(x) = \{v_1, v_2, \dots, v_N\} \quad (1)$$

如图 1, V_i 是在像素 $v(x)$ 的八邻域 $N_G(x)$ 中选取的, 从 $N_G(x)$ 中随机地选取一个像素作为 V_i , 一共选取 N 次, 如果 $v(x)$ 位于边缘, 那么就使用不完整的八邻域来选取.

其中 $V_i = (v_i^{c_1}, v_i^{c_2}, v_i^{c_3})$ 表示 R,G,B 三个色彩通道^[5]的观测值.

$v_G(1)$	$v_G(2)$	$v_G(3)$
$v_G(4)$	$v(x)$	$v_G(5)$
$v_G(6)$	$v_G(7)$	$v_G(8)$

图 1 视频第一帧, 像素 $v(x)$ 的八邻域

根据 $v(x)$ 对应的模型 $M(x)$ 分类像素 $v(x)$, 也就是在 RGB 空间, 对比 $v(x)$ 和模型 $M(x)$ 中的样本像素的色彩差异. 定义 $S_P(v(x))$ 是以像素 $v(x)$ 为中心, P 为半径的球体, 如果:

$$\#\{S_P(v(x)) \cap \{v_1, v_2, \dots, v_N\}\} \geq \#_{\min} \quad (2)$$

即: 对比 $v(x)$ 和 $M(x)$ 中的每一个样本在 R,G,B 三个色彩通道的色彩差, 在这三个通道都满足:

$$\{|v^c(x) - v_i^c| \leq P \mid i = 1, \dots, N\} \quad (3)$$

满足公式(2)的 V_i 个数大于或等于 $\#_{\min}$, 则 $v(x)$ 分类为背景. 其中 c 代表 R,G,B 这三个通道.

通过实验表明, 背景模型中包含 N=20 个样本最适合, 半径 P 和阈值 $\#_{\min}$ 通过样本个数来设定, 实验地设为 P=20, $\#_{\min}=2$.

2.2 背景模型更新

随着时间的推移,背景不可避免会发生一些变化,如水面波动、树叶摇晃、前景遮挡等等.因此算法需要随时间推移不断地更新背景模型,才能达到较强的抗噪性.ViBe 算法提出了一种简单快速的更新方法——像素级和 blob 级^[2]相结合的动态自适应背景更新方法.

ViBe 算法的背景模型更新方法,采用一种无记忆更新策略,从每个点的八邻域中随机的选取一个样本,替代原有背景模型中随机选取的一个样本,这样保证了样本在背景模型中存在寿命的平滑指数衰减,避免了先入先出方法造成的变化速度不能正确处理的问题.同时采用随机时间二次取样延伸背景模型覆盖的时间窗口,防止了周期或者伪周期的背景运动.以及采用随机邻域传播机制,即背景模型中的样本也要更新对应的邻域,这样有效地保证了空间一致性,可以随时恢复被前景遮挡的背景像素.

3 改进算法

ViBe 算法程序简单,特别是对于场景中有快速运动的物体、有规律的闪烁的背景以及遮挡的背景等的处理具有良好的鲁棒性.但是由于采用的是 RGB 色彩空间,导致需要依赖于图像的色彩特性,因此对于图像中发生光照改变非常敏感,并且对于图像中无规律运动的背景处理效果不佳,产生误检现象.针对这些问题,本文提出一种结合标准化色彩空间(r, g, I)的方法,能够有效地提高处理效果.

3.1 标准色彩空间(r, g, I)

RGB 色彩空间对于光照的变化敏感,采用 RGB 色彩空间可能会错误地标记光照改变时的背景为前景.因此许多背景建模方法已经采用了标准化的色彩空间来尽量减少光照强度变化产生的影响,例如文献[5,6,7].

标准化色度坐标可以由 RGB 空间转化得到:

$$\begin{aligned} r &= R / (R + G + B) \\ g &= G / (R + G + B) \\ b &= B / (R + G + B) \end{aligned} \tag{4}$$

这里的 R,G,B 分别代表像素 $v(x)$ 在 x 处的色彩值.

(r, g, b)色彩空间对比 RGB 色彩空间,能较好地处理光照的变化,但是在图像亮度低于一定阈值时,由于图像几乎完全丧失光照信息,(r, g, b)色彩空间也不

能准确的提取背景信息,因此采用标准色彩空间(r, g, I),增加一个光照强度条件.

强度 I 对应成像亮度和图像灰度,是颜色的明亮强度.强度分量由下式得到:

$$I = (R + G + B) / 3 \tag{5}$$

3.2 结合(r, g, I)的 ViBe 算法

本算法的思想来自于文献[5],采用式(4)和式(5)形成标准化的坐标,令 (r_b, g_b, I_b) 为像素 v_b 的采样值, (r_t, g_t, I_t) 为 v_b 在 t 时刻的采样值.如果背景是完全静态的,当光照变暗时,此时的背景像素对比原先的背景像素要暗: $\alpha \leq I_t / I_b \leq 1$; 相反,当光照变亮时,此时的背景像素对比原先的背景像素要亮: $1 \leq I_t / I_b \leq \beta$. 因此,光照强度的容差变化范围可以表示为: $\alpha \leq I_t / I_b \leq \beta$.

在 ViBe 算法中,判断像素 $v(x)$ 是否属于背景像素的依据是,对比像素 $v(x)$ 和对应模型 $M(x)$ 中样本的色彩差异,即每个像素

$v(x) = (v^r(x), v^g(x), v^I(x))$ 在 R, G, B 三个通道中包含三个观测值.本文运用标准化的色彩空间(r, g, I),则式(3)改写成:

$$\#(v(x)) = \begin{cases} 1 & |v^c(x) - v_i^c| \leq s \quad \forall c \in \{r, g\} \\ & \text{且 } \alpha \leq I_t / I_b \leq \beta \quad c \in \{I\} \\ 0 & \text{其他,} \end{cases} \tag{6}$$

这里的 s, α 和 β 都是经验常数.在本文试验中,设置 $s = 0.03, \alpha = 0.6, \beta = 1.5$.

当 $\#(v(x))$ 的个数大于或等于 $\#_{\min}$ 时,像素 $v(x)$ 分类为背景.

3.3 抑制(r, g, I)的噪声

从 RGB 空间变换到(r, g, b)空间是非线性变换,当光照强度 I 值很小时,标准化色彩空间(r, g, b)会产生很多噪音.为了解决这个问题,当强度 I 值大时, r 和 g 的值可信;但是当强度 I 小于阈值 I_{\min} 时, r 和 g 的值不可信,在这种情况下,仅采用强度 I 这个通道.

$v(x)$ 的颜色观测值表示为:

$$v^c(x) = \begin{cases} c \in \{r, g, I\} & I \geq I_{\min} \\ c \in \{I\} & I < I_{\min} \end{cases} \tag{7}$$

通过实验,设置 I_{\min} 为 7.

4 实验结果对比分析

为了验证本文算法的可行性, 对不同的环境下的视频进行了处理, 选择的视频序列包括电灯开关(LS)、水面(Ws)和摇动的树木(WT). 测试视频每帧图像大小都为 160×128 像素. 在装有 VS2010(配置 opencv2.3.1), Intel(R) Celeron(R) 处理器(1.60GHz), 2G 内存的 PC 机上实现. 在对视频背景减除的效果进行评价时, 我们采用主观评价.

图 2 和图 3 分别为 LS 视频中的一帧, 图 2 是在电灯突然关闭时, 一个人走进房间的一个场景. 从图中可以看到, ViBe 算法对于光照非常敏感, 光照改变时, 大面积的背景被误认为前景, 而且对于前景的识别效果不佳, 本文算法虽然不能完全消除光照的影响, 但对比 ViBe 算法, 已经有了极大的改进, 而且在光照变化时对于前景的检测也十分准确.



(a) 真实情况 (b) ViBe 算法 (c) 本文算法

图 2 光照变化实验对比

图 3 是在光照持续黑暗, 场景中没有前景的情况下, ViBe 算法和本文算法的比较. 场景一直处于光照较弱的情况下, ViBe 算法由于 RGB 色彩空间处理图像的局限性, 不能较快地恢复误检的背景. 本文加入了一个光照强度条件 I , 在光照低于一定阈值的情况下, 仅仅使用强度 I 通道, 避免了光照弱产生的噪声. 从图 3 可以看出, ViBe 对于光照的敏感持续时间很长, 本文算法可以快速恢复误检为前景的背景.



(a) ViBe 算法 (b) 本文算法

图 3 恢复情况实验对比

图 4 为视频 WS 其中一帧, 一个人走到湖边, 湖面的水不停的在波动. ViBe 对于前景的提取效果不错, 但对于波动的水面的处理还存在一些不足. 由于本文算法是基于标准化的色彩空间, 水面的波动不影响每个像素的光照强度, 因此不会把水面的像素当做是运动前景, 尽管它存在运动. 因此本文算法对该视频的背景提取很完整, 只是对于运动人体的检测略有不足, 人的脚部没有被完整地提取出来, 这是由于这个人的裤子颜色与草地颜色相近而导致的.



(a) 真实情况 (b) ViBe 算法 (c) 本文算法

图 4 水面波动实验对比

图 5 为视频 WT 中的一帧, 场景中包含摇动的树木, 一辆快速行驶的汽车. 从图 5 中可以看出, 本文算法在对于摇动的树木的处理上明显优于 ViBe 算法, 而且对于运动的汽车的提取也更为完整.



(a) 真实情况 (b) ViBe 算法 (c) 本文算法

图 5 物体快速运动实验对比

5 结束语

ViBe 算法在光照突然改变时, 会将大面积的背景误检为运动的前景, 并且在较长时间内不能恢复; 在场景中存在无规律运动的背景时, 也会把此误检为前景. 针对这些问题, 本文提出一种结合标准化色彩空间(r, g, D)的算法. 由实验结果可以看出, 本文算法对于光照的处理明显优于 ViBe 算法, 并且能够将误检为前景的背景快速恢复; 对于场景中的运动背景, 也能较为准确地识别. 虽然本文算法对比 ViBe 算法有明显优势, 但是对于运动前景的颜色相近于背景的情况, 处理效果不足, 导致部分前景误判为背景; 对于一些

场景中前景也没能达到完整的提取。这些问题也是下一步继续改进的方向。

参考文献

- 1 Barnich O, Van Droogenbroeck M. ViBe: A universal background subtraction algorithm for video sequences. *IEEE Trans. on Image Processing*, 2011, 20(6): 1709–1724
- 2 Van Droogenbroeck M, Paquot O. Background subtraction: experiments and improvements for ViBe. *IEEE CVPR Workshop on Change Detection*. 2012. 32–37.
- 3 Brutzer S, Höferlin B, Heidemann G. Evaluation of background subtraction techniques for video surveillance. *IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2011. 1937–1944.
- 4 樊晓亮,杨晋吉.基于帧间差分的背景提取与更新算法. *计算机工程*,2011,37(22).
- 5 Wang H, Suter D. A consensus-based method for tracking: Modelling background scenario and foreground appearance. 2007. 1091–1105.
- 6 Elgammal A, Harwood D, Davis LS. Non-parametric model for background subtraction. *Sixth European Conference on Computer Vision*. 2000. 751–767.
- 7 McKenna SJ, et al. Tracking groups of people. *Computer Vision Image Understanding*, 2000, (80): 42–56.
- 8 叶青,贺助理,湛强,雷辉.基于差分图像分块的视频背景提取算法. *计算机工程和应用*,2012,48(30).
- 9 Hofmann M, Tiefenbacher P, Rigoll G. Background segmentation with feedback: The pixel-based adaptive segmenter. *Proc IEEE CVPR Workshop on Change Detection*. 2012. 38–43.
- 10 邱祯艳,王修晖.一种结合 Grabcut 的 Vibe 目标检测算法. *中国计量学院学报*,2012,23(3).
- 11 Kim K, Chalidabhongse T, Harwood D, Davis L. Real-time foreground-background segmentation using codebook model. *Real-Time Imaging*, June 2005, 11(3): 172–185.
- 12 Manzanera A, Richefeu J. A new motion detection algorithm based on $\Sigma - \Delta$ background estimation. *Pattern Recognition Letters*, February 2007, 28(3): 320–328.
- 13 蒋建国,王涛,齐美彬,安红新.基于 ViBe 的车流量统计算法. *电子测量与仪器学报*,2012,26(6).
- 14 Stauffer C, Grimson E. Adaptive background mixture models for real-time tracking. *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit., Ft. Collins, CO. Jun. 1999*, 2: 246–252.
- 15 Stauffer C, Grimson E. Learning patterns of activity using real-time tracking. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, Aug. 2000, 22(8): 747–757.
- 16 高山,毕笃彦,魏娜.基于 SACON 背景模型的人体检测和跟踪. *计算机应用*,2009, 29(6).