

基于背景 Codebook 模型的前景检测算法

熊亮 刘伟铭

(华南理工大学土木与交通学院, 广州 510640)

摘要 很多背景场景都包括复杂的运动目标,解决这种问题的较好方法是获取每个像素或者一组像素的时间序列模型,这类模型可以很好的处理时间起伏。但是,计算复杂度高而且耗时。为了获得与自适应滤波相当接近的性能。采用 Codebook 来建模场景中感兴趣的状态,选择 RGB 颜色空间模型,学习一个覆盖组成图像像素三个通道上的 Codebook,可以有效的解决像素剧烈变化的问题,从而鲁棒探测出场景的前景目标。通过实验结果表明,提出的基于 Codebook 背景模型的目标检测方法比传统的目标检测算法具有更高的精确度和鲁棒性。

关键词 码本 自适应滤波 背景建模 目标检测

中图分类号 TP391.41; **文献标志码** A

目标检测是视觉跟踪和图像理解的基本问题,目前比较流行的目标检测算法包括帧间运动估计方法,例如光流法和块匹配法,可用于摄像头运动的情况,但计算复杂耗时,很难实时检测;时间差法,通过连续两帧图像差分前景目标,但是无法有效检测到运动目标的静态区域;背景差法和背景更新模型,能够比较快速完整的分割出运动目标,但是容易受到光线亮度变化的影响。此外还有很多在这几种算法衍生出来的运动目标检测算法,但是对基于语义内容的前景目标检测方面仍然面临巨大的挑战,尤其是在存在目标遮挡、背景杂乱、光照亮度或者姿态改变时显得更加无能为力^[1]。

最近,比较流行的图像内容检索技术是基于背景模型的目标检测。基于混合高斯(MOG)来建立复杂、非静态的背景模型,并融合贝叶斯框架、颜色和梯度信息,场均值分析和基于区域信息等方法。但是背景的快速变化使得模型只能准确的建立少数准确的高斯子,不能提供鲁棒的前景检测^[2]。此外,取决于学习率来适应背景的改变,MOG 面临代

价交换问题。由于低的学习率,产生一个宽广的模型不能检测到背景的突然变化,但是如果模型改变得太快,缓慢移动的前景将被吸收到背景模型,导致高的漏检率。为了解决这些问题,一种利用图形灰度信息进行背景核密度估计的非参数模型^[3],降低了误检率,由于保留了背景的多个模态,可以快速的适应背景的变化,从而敏感地检测到前景目标。

然而 MOG 和非参数模型由于内存的限制,不能应用在长时间需要大量抽样背景情形下,比如丛林中刮大风,大雪场景下等。

基于上述的原因,提出了一种基于 Codebook 背景差分法的前景检测方法,在 RGB 三颜色轴上抽样学习码本阈值,而不做任何参数假设,可以通过多个码字实现混合背景建模。利用 Codebook 方法能够解决像素剧烈变化的问题,从而可以鲁棒地检测出复杂背景下的前景目标。

1 算法描述

Codebook 算法采用量化技术从长期的观测序列中构建背景模型。对于每个像素,建立一个编码本包括一个或者一组码元。在每个像素点进行抽

样,根据颜色扭曲尺度和亮度边界聚类到码本集合,并不是所有的像素点拥有相同数量的码本数量。通过码本表示的聚类子不需要对应单个高斯或者其他的参数分布,即使在某个像素点的分布是单一高斯分布的,而是利用对应那个像素的一些码本。因此背景编码是基于像素基础的。

处理全局和局部光照亮度变化诸如阴影和焦点,算法采用归一化颜色子。这些技术在图像的暗色区域性能并不好,灰度级低的像素点相对于亮像素来说有更高的不确定性,因为颜色比率的不确定性与亮度有关。因此比较颜色比率时必须将亮度作为因子考虑进来。这种不确定性使得低灰度级区域不稳定,误检可能聚集在低灰度级区域^[4]。光照强度的增加或者减少导致像素值的更低灰度级或者更亮,基于这种考虑,文献[4]通过建立颜色模型来分别估计颜色扭曲度和亮度,而这个模型的驱动是依赖于码元素主轴界定在亮度值高低边界的背景像素值。对于输入像素点 $x_i = (R, G, B)$ 和一个码本 c_i , 并且 $v_i = (\bar{R}_i, \bar{G}_i, \bar{B}_i)$, 存在:

$$\begin{aligned} \|x_i\|^2 &= R^2 + G^2 + B^2, \\ \|v_i\|^2 &= \bar{R}_i^2 + \bar{G}_i^2 + \bar{B}_i^2, \\ (x_i, v_i)^2 &= (\bar{R}_i R + \bar{G}_i G + \bar{B}_i B)^2 \end{aligned} \quad (1)$$

颜色扭曲度 δ 可以由式(2)计算可得。

$$p^2 = \|x_i\|^2 \cos^2 \theta = \frac{(x_i, v_i)^2}{\|v_i\|^2},$$

$$colorist(x_i, v_i) = \delta = \sqrt{\|x_i\|^2 - p^2} \quad (2)$$

另外,为了适应光照亮度的改变,统计地分配亮度改变的最大最小值分别为 \hat{I} 和 \check{I} , 赋给一个码本,容许亮度的改变在一个特定的范围内限制阴影水平和焦点水平。

通过 Maximum Negative Run-Length (MNRL) 来表征码本的最大消极时间,可以根据经验设置相应的最大未被访问时间码本条目删除时限,获得接近自适应滤波效果的背景像素检测。最后根据背景像素的实时更新获取当前前景目标的差分图像。具有良好的准确性和鲁棒性。

2 算法流程

对于每一个像素,建立一个编码本模型。 $\mu = \{c_1, \dots, c_k\}$ 包括一个或者多个码本,其中每一个码本 $c_k, k = 1, \dots, K$ 由颜色向量 $v_k = (\bar{r}_k, \bar{g}_k, \bar{b}_k)$, 以及六元组 $aux_k = (\check{I}_k, \hat{I}_k, f_k, \lambda_k, p_k, q_k)$, 其中 \check{I}_k, \hat{I}_k 分别代表最小和最大亮度,并且所有像素的初始值界定在这个码元素中; f 表示码元素出现的频率; λ 表示 MNRL,用来定义训练期间码元素为被访问到的最大周期, p, q 分别表示第一次和最后一次访问时间,也就是码元素出现的时间。

在初始化 Codebook 训练过程中,定义 $\chi = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ 为单一像素在训练序列中的 N 个 RGB 向量。对于每一个样本值 x_t , 代表在时刻 t 的抽样,并与当前码本元素比较,确定哪个码本元素 c_k 与之匹配,然后利用匹配的码本元素作为样本的编码估计。为了确定码元素的最佳匹配,使用颜色扭曲度和亮度边界^[6] 作为参考。当像素样本值 x_t 超过现存的 Codebook 边界时,将增加一个新的 Codebook 条目。当这个像素值在现存的边界区域内时,码本元素边界将增大。但是如果一个像素在码本元素的边界距离之外的话,将创建一个新的码本条目,随后将设置一个高低阈值,通过每一个码本条目来检查像素 x_t 是否在学习的码本边界框内,如果该像素值在所有通道都在学习的边界内,则调整阈值最大值和最小值以使该元素被包括在码本框内,同时设置最后一次更新时间为当前时间,并且统计每个码本条目被访问频率。另外,当长时间码本没有数据访问,则可能是由于噪声或者移动前景目标形成的,随着时间的推移成为陈旧的码本,因此需要更新码本条目删除不需要的码本条目^[5]。

算法的主要步骤参考文献[5]描述,如表1所示流程。

表1 Codebook 算法的主要步骤如下所示

Codebook 算法基本流程

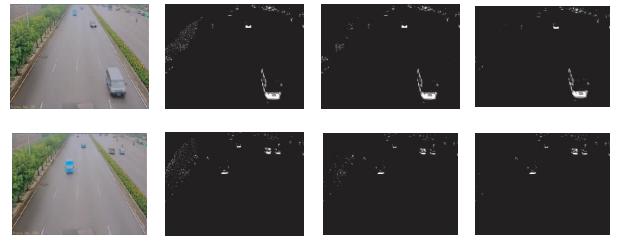
- I. 令 $K \leftarrow 0^1, c \leftarrow \emptyset$ (空集);
- II. FOR $t=1$ TO N DO
- i. $x_t = (R, G, B), I \leftarrow \sqrt{R^2 + G^2 + B^2}$;
- ii. 搜索码本 c_k 在 $C = \{c_i \mid 1 \leq i \leq K\}$ 中匹配样本 x_t , 满足以下条件:
- (1) 颜色距离 $colordist(x_t, v_k) \leq \varepsilon$,
- (2) 亮度边界 $brightness(I, \langle \hat{I}_k, \hat{I}_k \rangle) = TRUE$;
- iii. 如果 $c = \emptyset$ 或者没有找到匹配的码本, 则 $K \leftarrow K + 1$, 添加一个新的码本条目 c_K :
- $v_K \leftarrow (R, G, B), aux_K \leftarrow \langle I, I, 1, t-1, t, t \rangle$;
- iv. 否则更新匹配的码本 c_k 包括 $v_k = (\bar{R}_k, \bar{G}_k, \bar{B}_k)$ 和 $aux_k = \langle \hat{I}_k, \hat{I}_k, f_k, \lambda_k, p_k, q_k \rangle$ 的更新:
- $$v_k \leftarrow \left(\frac{f_k \bar{R}_k + R}{f_k + 1}, \frac{f_k \bar{G}_k + G}{f_k + 1}, \frac{f_k \bar{B}_k + B}{f_k + 1} \right),$$
- $aux_k \leftarrow \langle \min\{I, \bar{I}_k\}, \max\{I, \bar{I}_k\}, f_k + 1, \max\{\lambda_k, t - q_k\}, p_k, t \rangle$;
- END FOR
- III. 对于每一个码本 $c_k, k=1, 2, \dots, K$, 设置 $\lambda_i \leftarrow \max\{\lambda_i, (N - q_i + p_i - 1)\}$ 。

3 实验评估

为了评估本文提出的算法, 本实验平台采用 Intel 双核 1.86 GHz、2 G 内存、Windows XP 操作系统。编程语言采用 Visual C++ 6.0, 同时利用开源机器视觉库 OpenCV1.0。通过对序列视频实现背景建模, 并且定时更新背景模型, 从而检测出前景目标, 针对背景差分法、混合高斯模型和本文提出的 Codebook 模型进行的比较实验。序列视频采用广州市广园快速路段交通视频, 图像分辨率是 320×240 , 包括不规则的背景动态比如处于风中摇摆的树叶。

从图 1 所示, 分别取序列视频的第 28 帧和第 100 帧比较前景目标检测结果, 背景差分法对检测目标效果比较差, 对于摇摆的树叶比较敏感, 容易被检测为前景目标, 混合高斯法有很大的改善, 但是仍然存在背景分割问题。而本文提出的背景 Codebook 模型具有较好的鲁棒性和准确性, 极大地改善了前景目标检测。

(a) 原始图像 (b) 背景差分法 (c) 混合高斯法 (d) Codebook 法



视频帧中前景检测示意图

图1 针对不同算法的前景检测结果

4 结语

本文提出了基于背景 Codebook 模型的前景目标检测方法, 选择 RGB 作为颜色空间模型, 分别在三个颜色通道上学习码本, 通过码本的辅助因子亮度变化边界值来判定输入像素在 RGB 值是否匹配码本空间, 如果不匹配, 则生成新的码本。如果存在则改变码本被访问时间, 对于长时间未被访问的码本条目将被删除, 从而具有良好的背景更新效果, 最终保证前景目标的正确分割。通过实验表明, 本文提出的算法相对于背景差分法、背景混合高斯法鲁棒性更好。

本文只是针对算法在亮度变化不是十分剧烈的场景下进行研究, 但是对于亮度突然剧烈的变化仍然不够理想, 在未来的工作中, 还需要融合其他的算法深入研究更加准确、实时、鲁棒性的序列视频前景目标检测方法。

参 考 文 献

- 1 Tang Yi, Liu Weiming, Xiong Liang. Improving robustness and accuracy in moving object detection using section-distribution background model. Natural Computation ICNC'08 Fourth International Conference, 2008; 6:167—174
- 2 Elgammal A, Harwood D, Davis L S. Non-parametric model for background subtraction. European Conference on Computer Vision, 2000; 2:751—767
- 3 王劲松, 颜益安, 魏法杰. 利用背景高斯核密度估计的运动目标检测方法. 红外激光与工程, 2009; 38(2): 373—376
- 4 Kim K, Chalidabhongse T H, Harwood D, et al. Real-time fore-

- ground-background segmentation using codebook model. Real-Time Image, 2005; 11: 172—185
- 5 (美)布拉德斯基 (Bradski G), (美)克勒 (Kaehler A). 学习 OpenCV. 于仕琪, 刘瑞祯, 译. 北京: 高等教育出版社, 2009: 308—318
- 6 Wu Mingjun, Peng Xianrong. Spatio-temporal context for codebook-based dynamic background subtraction. International Journal of Electronics and Communications, 2009; In press.

Foreground Detection Algorithm Based on Background Codebook Model

XIONG Liang, LIU Wei-ming

(School of Civil Engineering and Transportation, South China University of Technology, Guangzhou 510640, P. R. China)

[Abstract] Backgrounds of many scenes include complex moving objects, a comparatively better way to solve such kind of problem is to acquire time sequence model of one or a group of pixels, which can better handle the variation with time, but it costs computational complexity. In order to obtain effect close to adaptive filtering, codebook is adopt to model background, select RGB color space to learn codebook elements covering RGB channels, and be able to solve the problem with drastic variations of pixel values, then detect the foreground objective robustly. Via experiment shows, the proposed codebook-based background model has better accuracy and robustness than other traditional objective detection algorithms.

[Key words] codebook adaptive filtering background modeling object detection

(上接第 2117 页)

Layering Triangulation Method Based on Disordered Space Points

CHENG Hong-jing, WANG Qing*

(School of Computer Science and Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, P. R. China)

[Abstract] An algorithm that uses space disordered point cloud to reconstruct three-dimensional model is described. Layer-based scanning principle was used to project disordered three-dimensional points cloud to a plane. Outside boundary-scan algorithm based on vector direction was used to extract line information from points information. As a result of stratification, good topological relation between lines was achieved. After extracting inflection point from ordered line segments, and connecting the upper and lower layer related points, the model is complete triangulation. The algorithm is fast, good topology structure, and can avoid distortion (Poisson surface reconstruction) and empty phenomena (region-growing method)

[Key words] disorder space points layering outside boundary-scan triangulation