

基于改进混合高斯模型的背景提取与更新

王 丹, 刘 怀

(南京师范大学电气工程与自动化工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] 针对序列图像背景提取不能正确地处理场景突变、实时性差等问题, 本文提出了改变更新率的背景提取算法. 首先, 对传统混合高斯模型进行了简化, 其次对像素点划分区域, 在不同区域采用不同的背景更新率, 有选择性地对背景进行更新. 实验结果表明, 该方法提高了提取背景模型的实时性和精度.

[关键词] 混合高斯模型, 背景提取, 更新率

[中图分类号] TP391 [文献标志码] A [文章编号] 1672-1292(2015)02-0060-05

Background Extraction and Updating Based on Improved Gaussian Mixture Model

Wang Dan, Liu Huai

(School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

Abstract: The new algorithm that can alter the background updating ratio is presented in this paper in order to adapt the case that background may change and decrease its execution time. Firstly, the algorithm simplifies the traditional Gaussian mixture model. Then it partitions the image and different updating ratios are employed for different areas to update the background. In addition, the algorithm can also change the updating ratio when the background changes suddenly. The experiment shows that the algorithm presented in this paper can extract the background from sequence images quickly and accurately and it can also adapt to the case that the background change suddenly.

Key words: gaussian mixture model, background extraction, updating ratios

运动目标的检测技术在日常生活中扮演着重要的角色, 例如交通、航海、视频监控等. 当拍摄的视频背景是静态时, 常用的运动目标检测方法为: 连续帧间差分法、背景差分法以及光流法^[1,2]. 近年来背景差分法使用频繁, 该方法的关键是快速建立背景模型、及时更新背景. 背景模型建立的方法通常有均值法、中值法、单高斯分布模型法、混合高斯分布模型法等, 文献[3]中提出单高斯分布背景建模改进算法, 有效地改善了“拖尾”现象, 该算法仅适合于室内或者背景简单的情况. 文献[4]用混合高斯和均值滤波建模相结合的方法进行目标检测, 减少了虚假目标的检测, 但该方法运算复杂. 文献[5]中背景更新率方法在短时间内是可行的, 但在长时间运行匹配下, 更新背景时间较长.

本文提出一种改进的混合高斯模型^[6-8]以及改变背景更新率的方法. 根据像素点变化情况动态调节高斯模型个数, 利用高斯分布函数建立背景模型, 再与每一帧图像的像素值匹配, 及时更新高斯分布个数与权重, 以增强模型对场景的适应能力. 另外对图像中像素变化的区域合理划分, 有选择性地对背景进行更新.

1 混合高斯模型

Stauffer^[4]等人提出了混合高斯模型, 该模型可平滑地近似于任意形状的密度分布, 即能克服背景模型相对复杂的场合. 将视频图像中的每个像素都建立起数量为 M 的高斯模型函数 (M 一般为 3~5), 像素点灰度值的混合高斯概率和高斯分布函数表达式为:

收稿日期: 2014-10-14.

基金项目: 教育部“留学回国人员科研启动基金”(2014)1685 号.

通讯联系人: 刘怀, 副教授, 研究方向: 实时控制系统及数字图像处理. E-mail: liuhuai@njjnu.edu.cn

$$\begin{cases} P(G(x,y)) = \sum_{i=1}^k \omega_i(x,y) \times \eta(G_i(x,y), \mu_i(x,y), \sigma_i(x,y)), \\ \eta(G_i(x,y), \mu_i(x,y), \sigma_i(x,y)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i^2(x,y)} \exp\left(-\frac{(G_i(x,y) - \mu_i(x,y))^2}{2\sigma_i^2(x,y)}\right), \end{cases} \quad (1)$$

式中, k 表示高斯混合模型的个数, k 值越大能模拟的场景就越复杂, 但计算量也会随之增大; $\mu_i, \sigma_i, \omega_i$ 分别表示第 i 个高斯分布的均值、方差和权重; η 则表示当前的高斯分布。

1.1 初始化背景模型参数

(1) M 个混合高斯分布的均值 μ_i^0 : 将为视频第一帧图像的像素值作为首个高斯分布的均值, 其余高斯分布函数均值为 0;

(2) M 个混合高斯分布的标准差 σ_i^0 : 所有高斯分布的初始标准差都初始化为相同值。

(3) M 个混合高斯分布的权重 ω_i^0 : 权重系数初始化的过程即对视频背景的先验概率的估值, 初始化时, 通常将首个高斯分布的权重设为较大值 ω ($0 < \omega < 1$), 其余高斯分布取值均为 $\frac{1-\omega}{M-1}$ 。

1.2 更新背景模型的参数

按照上述步骤, 在每个像素点建立对应的 K 个混合高斯分布函数且初始化, 对获取的当前帧的各个像素值分别与已经存在的 M 个高斯分布依次进行匹配, 匹配条件为:

$$|I_i(x,y) - \mu_i(x,y)| < 2.5\sigma_i(x,y), \quad (2)$$

若满足式(2), 则该像素与第 i 个高斯分布相匹配, 此时该像素点为背景点, 反之为目标像素点。若 M 个高斯模型中存在匹配的函数, 则对高斯分布函数的参数作如下更新:

$$\begin{aligned} \omega_i^m(x,y) &= (1-\alpha)\omega_i^{m-1}(x,y) + \alpha M_i^m, \\ \mu_i^m(x,y) &= (1-\beta)\mu_i^{m-1}(x,y) + \beta I^m(x,y), \\ \sigma_i^m(x,y) &= (1-\beta)\sigma_i^{m-1}(x,y) + \beta I^m(x,y) - \mu_i^m(x,y), \\ \beta &= \frac{\alpha}{\omega_i}, \end{aligned} \quad (3)$$

式中, M_i^m 匹配时取 1, 不匹配时取 0, α 为权重更新率, β 为均值和方差的更新率。

1.3 提取背景模型

每个像素点所建立的模型有 M 个, 将每一帧里的像素与模型匹配后, 高斯分布函数将按优先级从大到小排列, 优先级计算公式为:

$$\lambda_i^m = \frac{\omega_i^m}{\sigma_i^m}. \quad (4)$$

选取背景模型时需从优先级排列最高的函数模型选取。当选取 B 个高斯分布作为背景模型时, 表达式如下所示:

$$B = \arg \min_b \left(\sum_{i=1}^b \omega_i > T_1 \right), \quad (5)$$

式中, T_1 一般取值为 0.7~0.8。

2 改进混合高斯模型

计算量大、耗时长是混合高斯模型的不足之处, 混合高斯模型方法需把当前像素点与高斯模型匹配, 耗费了大量的计算时间及内存空间。对视频进行预先判断, 若背景相对简单, 视频初始阶段不包含目标, 则可采用均值法(取 10 帧~20 帧的像素均值进行背景采集); 若背景相对复杂, 则采用改进的混合高斯模型进行背景提取, 即简化每个像素所建立的高斯分布函数的个数, 使其数量达到自我调节的状态。

2.1 改进混合高斯模型的流程

(1) 初始化函数参数: 首先限制建立函数模型的个数, 每个像素所建立的高斯分布函数的个数不超过 3 个 ($M \leq 3$), 再读取视频的初始帧, 将图像中像素配置的高斯分布个数设置为一, 高斯分布函数的均值为

该点所在的像素值,方差可为较大数值,权重为 1.

(2)增加函数模型的数量:用已有的高斯分布进行像素匹配,若高斯分布中无与当前像素匹配情况,当高斯分布个数未超出规定的最大限额(3 个)时,则添加函数模型的数量,若已到达个数上限,则用新增的高斯分布替代分布中权重最轻的高斯分布.

(3)删除权重较低的高斯分布:当配置到多帧后,像素对应的模型个数会增加. 设置权重的最低限度 ω_{\min}^m ,当 $\omega_{\min}^m > \omega_i^m$ 时,删除高斯模型的函数以提高运算的速度.

2.2 复杂场景下的背景更新算法

(1)背景发生突变

当运动的目标在场景范围内突然停止运动,该运动目标应为背景,若背景更新率不及时增加,该目标就无法快速融入背景,从而降低背景模型提取的精度.

将连续帧图像中的像素值与背景模型的像素值作差分,若当前像素值与背景模型像素值的差值大于 T_3 时,那么背景就保持上个时刻更新的状态,但如果该差值在连续帧数范围之内(取 20 帧~30 帧)都超过了 T_3 ,那么系统就会做出判断:此时有前景目标融入到背景里,需要增大背景更新速度,让新增的对象成为背景模型的一部分.

(2)背景发生缓慢变化

本文根据背景差分提出分区域更新速率的方法,通过比较相邻帧之间像素值变化,将像素分为运动区域和非运动区域,如下所示:

$$\begin{cases} |X_k - X_{k-1}| \geq T_2, & X_k \in A_d, \\ |X_k - X_{k-1}| \leq T_2, & X_k \in A_s, \end{cases} \quad (6)$$

式中, X_k 为当前图像像素, X_{k-1} 为背景模型像素, T_2 为设定的阈值, A_d 为目标区域,即运动变化区域, A_s 为非运动变化区域.

综上所述,改进的背景更新速率对背景的作用为:

$$B_k(i) = \begin{cases} (1-\eta_1) \cdot B_{k-1}(i) + \eta_1 \cdot X_{k-1}(i) & \text{若 } |X_{k-1}(i) - B_{k-1}(i)| < T_3; \\ B_{k-1}(i), & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (7)$$

式中, $X_{k-1}(i)$ 代表前一帧第 i 个像素值, $B_{k(i)}$ 为当前背景模型中第 i 个像素点的像素值, $B_{k-1(i)}$ 为前一帧背景模型中第 i 个像素点的像素值, T_3 为背景与图像之间像素差值的阈值, η_1 取 0.1~0.3.

3 实验结果与分析

图 1 为原始图像,运动情境为:人物在场地中行走;将铁盒放置于地面;人物离开. 因放置的铁盒长时间静止,故将成为背景的一部分. 图 2 为混合高斯模型法提取的背景. 可看到部分前景融入到背景中,并伴有“拖尾”现象,背景提取效果不理想,可看到放置在地面的铁盒. 图 3 为改进混合高斯模型提取出的背景,图像较清晰,但“拖尾”现象未得到改善. 图 4 为本文方法提取的背景模型,背景提取效果较好. 图 5 为用 3 种方法检测出的前景目标.



图 1 原始图像

Fig. 1 The original images



图 2 高斯模型提取背景

Fig. 2 Background extraction of Gaussian mixture model

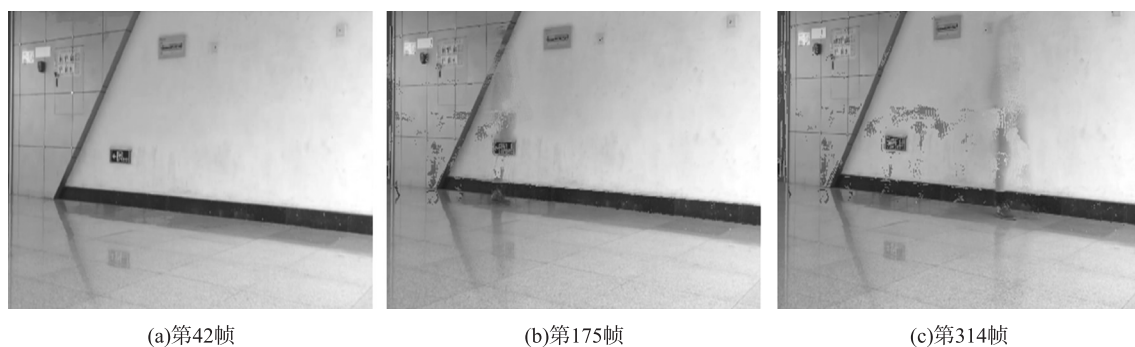


图 3 改进的高斯模型提取背景

Fig. 3 Background extraction of improved Gaussian mixture model



图 4 本文算法提取背景

Fig. 4 Background extraction of this algorithm

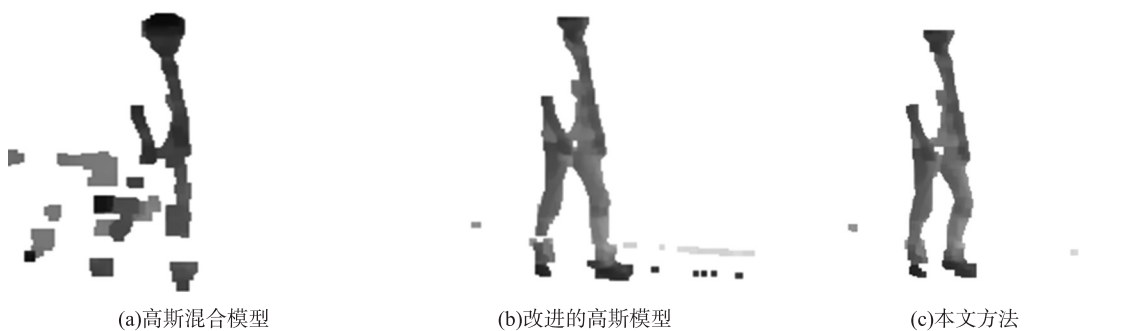


图 5 3 种方法检测的目标

Fig. 5 Comparison of foreground in three algorithm

4 结语

本文针对传统混合高斯模型耗时长、背景提取模型对场景变化适应能力不强、目标检测精度低等问题,提出了变更新率的背景提取算法,以提高运算速度.当背景缓慢变化时,采用较小的更新率,并在更新时取出目标的影响,以避免出现“拖尾”现象;当背景发生突变时,增大更新率,以便尽快获取新的背景.仿真结果表明,本算法获取背景准确,目标检测精确.

[参考文献](References)

- [1] 张水发,张文生,丁欢,等.融合光流速度与背景建模的目标检测方法[J].中国图象图形学报,2011,16(2):236-243.
Zhang Shuifa,Zhang Wensheng,Ding Huan,et al. Background modeling and object detecting based on optical flow velocity field[J]. Journal of Image and Graphics,2011,16(2):236-243.
- [2] 许敬,张合,张祥金.基于帧间差分和光流法的红外图像运动检测[J].计算机仿真,2012,29(6):248-252.
Xu Jing,Zhang He,Zhang Xiangjin. IR Motive Detection Using Image Subtraction and Optical Flow[J]. Computer Simulation, 2012,29(6):248-252.
- [3] 王小平,张丽杰,常估.基于单高斯背景模型运动目标检测方法的改进[J].计算机工程应用,2009,45(21):118-120.
Wang Xiaoping,Zhang Lijie,Chang Ji. Improved method of moving objects detection based on single-gaussian background model[J]. Computer Engineering and Applications,2009,45(21):118-120.
- [4] 钟珞,刘剑.基于混合高斯和均值滤波法的运动检测方法[J].武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2010,32(5):691-693.
Zhong Luo,Liu Jian. Object detecting based on Gaussian mixture model and mean filtering [J]. Journal of WUST:Information and Management Engineering,2010,32(5):691-693.
- [5] 李伟,陈临强,殷伟良.基于自适应学习率的背景建模方法[J].计算机工程,2011,37(15):187-189.
Li Wei,Chen Linqiang,Yin Weiliang. Background Modeling Approach Based on Self-adaptive Learning Rate[J]. Computer Engineering,2011,37(15):187-189.
- [6] 朱齐丹,李科,张智,等.改进的混合高斯自适应背景模型[J].哈尔滨工程大学学报,2010,31(1):1 348-1 353.
Zhu Qidan,Li Ke,Zhang Zhi,et al. Adaptive background modeling based on improved Gaussian mixture model[J]. Journal of Harbin Engineering University,2010,31(1):1 348-1 352.
- [7] 刘静,王玲.混合高斯模型背景法的一种改进算法[J].计算机工程与应用,2010,26(43):168-170.
Liu Jing,Wang Ling. Improved algorithm of Gaussian mixture model for background subtraction[J]. Computer Engineering and Applications,2010,26(43):168-170.
- [8] 李明之,马志强,单勇,等.复杂条件下高斯混合模型的自适应背景更新[J].计算机应用,2011,30(7):1 831-1 834.
Li Mingzhi,Ma Zhiqiang,Shan Yong,et al. Adaptive background update based on Gaussian mixture model under complex condition[J]. Journal of Computer Applications,2011,30(7):1 831-1 834.

[责任编辑:陈 庆]