

一种有效的两阶段视频图像处理方法

蒋 明, 潘姣丽

(西安电子科技大学 计算机学院, 陕西 西安 710071)

摘 要: 传统混合高斯模型是背景估计中常用的方法, 但传统混合高斯模型一般为每个像素分配固定的高斯分布个数, 从而造成了背景形成速度的减慢和系统资源的浪费; 同时也存在着高斯模型背景建模中的缓慢或滞留运动物体造成目标误判现象的问题, 即所谓的空洞问题. 文中提出了一种有效的两阶段视频图像处理方法. 该方法在第一阶段根据像素点的优先级大小自动地调节高斯分布的数目, 在第二阶段首先对像素点进行所属区域的划分, 进而对目标区域和非目标区域采取不同的更新手段. 通过实验表明, 采用该两阶段视频图像处理方法能明显的改善背景建模的速度, 也能有效的解决提取目标出现的空洞问题, 从而验证了该算法的有效性.

关键词: 背景建模; 混合高斯模型; 背景更新; 目标检测

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)04-0159-03

An Effective Two-phase Method for Video Image Processing

JIANG Ming, PAN Jiao-li

(School of Computer Science and Technology, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract: The traditional mixture Gaussian model is a commonly used method in background estimation, however, the traditional mixture Gaussian model always allocates a fixed number of Gaussian distribution for each pixel, thus it causes the slowdown of the background germinate speed and the waste of system resource; meanwhile, it exists that the object misjudge phenomenon, namely empty problem, caused by slowdown or demurrage of moving object in the modeling of Gaussian model background. To solve the problem, we propose an effective two-phase method for video images processing. In the first phase, this method automatically adjusts the number of Gaussian distribution based on the priority of each pixel; in the second phase, it firstly partitions the area of each pixel, then uses different update method for object area and non-object area. The experiments show that the two-phase method for video image processing can significantly improve the speed of background model, furthermore efficiently resolve the empty problem in extracting objects, so it verifies the effective of the method.

Key words: background model; mixture Gaussian model; background update; object detection

1 引言

视频序列中目标区域背景的估计和目标的提取是智能监控领域的关键问题之一, 它对于后续的目标分割、跟踪和以及更高层次的理解等处理是非常重要的. 在解决此问题的方案中, 背景差分法是近年来常用的方法, 并且其在运动目标检测中也获得了大量的应用^[1-2]. 但是, 该方法还存在着缺陷, 如当背景中包含阴影、运动的物体如摇摆的树枝, 移动的电

梯, 以及经历各种变化如光照变化, 这些都会给背景差分带来干扰, 所以建立一个好的自适应的背景模型成为一个亟待解决的问题.

目前已经提出很多建立自适应背景模型的方法. 文献[3]利用单高斯分布进行背景更新, 但不能有效的处理室外频繁变化的场景. 文献[4]利用混合高斯模型来建立背景模型, 在每帧中对各个像素点建立由多个高斯分布组成的背景模型, 该方法能鲁棒的克服光照变化、树枝摆动等造成的影响, 但是由

收稿日期: 2010-03-10; **修回日期:** 2010-05-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(60772317); 陕西省自然科学基金基础研究计划(2006F30)

于在每帧图片中要对所有的像素点都建立多个固定的高斯分布,在处理时会消耗大量的系统资源.近年来,文献[5]利用最大似然估计提出了一种高斯模型个数的选择方法,由于该方法人为地引入了负的先验系数,使得在更新过程中高斯模型的权重有可能被不合理地负更新.然而,这些自适应背景模型都存在一些问题,不能很好地解决背景估计和目标检测的问题.

为解决以上问题,文中提出了一种有效的两阶段视频图像处理办法.

2 基于混合高斯模型的背景建模

Stauffer 等^[6]用由 K 个高斯分布组成的混合高斯模型表示同一个像素在时间域上的概率分布,即对于图像中的第 n 个像素在 $1 \sim t$ 不同时刻取值分别为 $\{X_1^n, \dots, X_t^n\}$,当前帧图像中的第 n 个像素值在 t 时刻的概率分布

$$P(X_t^n) = \sum_{i=1}^K \omega_{i,t}^n \cdot \eta(X_t^n, \mu_{i,t}^n, \sum_{i,t}^n) \\ \eta(X_t^n, \mu_{i,t}^n, \sum_{i,t}^n) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{d}{2}} |\sum_{i,t}^n|^{\frac{1}{2}}} \times \exp[-\frac{1}{2}(X_t^n - \mu_{i,t}^n)(\sum_{i,t}^n)^{-1}(X_t^n - \mu_{i,t}^n)] \quad (1)$$

为第 i 个高斯分布的概率密度数, $\mu_{i,t}^n$, $\sum_{i,t}^n = (\sigma_{i,t}^n)^2 I$ ($\sigma_{i,t}^n$ 表示标准差, I 表示单位矩阵) 为分布对应的均值和协方差, $\omega_{i,t}^n$ ($\sum_{i=1}^K \omega_{i,t}^n = 1$) 为分布对应的

权值, K 个高斯分布总是按照优先级 $p_{i,t}^n = \frac{\omega_{i,t}^n}{\sigma_{i,t}^n}$ 从高到低的次序排列.然后将当前图像中的像素值 X_t^n 与 K 个高斯分布进行匹配,匹配条件为 $|X_t^n - \mu_{i,t}^n| < 3 \cdot \sigma_{i,t}^n$.若都不匹配,则用新的高斯分布代替最小优先级的高斯分布.新的高斯分布以 X_t^n 作为均值,初始标准差及权重设为 σ_{init} 和 ω_{init} ;若与第 m 个高斯分布匹配,则对各高斯分布的更新方法如下:

$$\mu_{m,t}^n = (1 - \alpha) \cdot \mu_{m,t-1}^n + \alpha \cdot X_t^n \\ (\sigma_{m,t}^n)^2 = (1 - \alpha)(\sigma_{m,t-1}^n)^2 + \alpha(X_t^n - \mu_{m,t}^n)^T (X_t^n - \mu_{m,t}^n) \\ \omega_{i,t}^n = \begin{cases} (1 - \beta) \cdot \omega_{i,t-1}^n + \beta & i = m \\ (1 - \beta) \cdot \omega_{i,t-1}^n & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

其中 α 为模型学习率, β 为权值更新率.

在每次更新完成后,重新对混合高斯分布按优先级排序,选定 B_n 个高斯分布作为背景分布:

$$B_n = \arg \min_b (\sum_{i=1}^b \omega_{i,t}^n > T_B) \quad (3)$$

阈值 T_B 决定了高斯分布在背景选取所占的比例,如果取值较小时,背景通常用一个高斯分布表示;取值较大时,背景由多个分布混合表示.

3 两阶段视频图像处理办法设计

第一阶段,针对传统的混合高斯模型为每个像素点分配了固定的高斯个数,这样会造成系统资源浪费和降低背景建模的速度的问题,提出了一种动态调节混合高斯分布个数的方案;第二阶段,物体运动缓慢或者长时间停留造成目标像素更新到背景中导致目标提取的不完整的问题,提出了一种缓慢或滞留目标问题的解决方案.

3.1 第一阶段:动态调节混合高斯分布个数

根据上述的分析,使用如下策略对传统的混合高斯模型的更新过程加以改进:

(1) 初始化:初始化对每个像素只选取一个高斯分布.可以用初始的一帧或多帧图像的平均值来初始化背景模型.

(2) 增加新的高斯分布:若新的像素值没有与任何高斯分布匹配,则判断该像素点高斯分布的个数有没有达到最大值.若没有达到最大值,则增加一个以当前像素值 X_t^n 为均值、 σ_{init} 为标准差, ω_{init} 为权值的高斯分布;否则按照传统高斯模型的方法替换优先级最小的那个高斯分布.

(3) 处理“重叠的高斯分布”:检测 i, j 两个高斯分布均值的差值,如果满足 $|\mu_{i,t}^n - \mu_{j,t}^n| < T$,则认为两个高斯分布重叠,这时用式(4)更新优先级靠前的高斯分布的均值和方差来删除优先级靠后的高斯分布.

$$\sigma_{n,i} = \sqrt{\sigma_{n,i}^2 + \sigma_{n,j}^2} \\ \mu_{n,i} = (\mu_{n,i} + \mu_{n,j})/2 \quad (4)$$

(4) 删除“无效的高斯分布”:若满足式(5)则判断该高斯分布为“无效的高斯分布”,将其删除.

$$\omega_{i,t}^n < \omega_{init} \text{ and } p_{i,t}^n < \frac{\omega_{init}}{\sigma_{init}} \quad (5)$$

3.2 第二阶段:缓慢或滞留目标问题的解决方案

首先在高斯模型中判别目标区和非目标区,在对当前像素点进行模型匹配时,假设当前像素值与第 m 个高斯分布相匹配,或没有找到任何相匹配的高斯分布.若 $m < B_n$ 则判为背景点;反之,若它和任一高斯分布都不匹配或者 $m > B_n$,则判定该点为前景点,即按照式(6)生成当前帧的二值图

像 BOM.

$$\text{BOM} = \begin{cases} 0, & m < B_n \\ 255, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

接下来对生成的二值图像进行形态学处理生成新的二值图像 MOM, 首先对二值图像进行形态腐蚀运算处理, 其目的是消除一些小的、孤立的噪声点, 接着在此基础上, 利用形态膨胀运算进行处理, 其目的是填充运动区域中可能出现的一些孔洞, 即根据式(7)生成新的二值图像 MOM.

$$\text{MOM} = S \oplus (\text{BOM} \ominus S) \quad (7)$$

然后对高斯模型实施新的更新策略:

$$\begin{cases} \mu_{i,t}^n = (1 - \alpha_F) \mu_{i,t-1}^n + \alpha_F \cdot X_t^n, & \text{MOM} = 0 \\ \mu_{i,t}^n = (1 - \alpha_S) \mu_{i,t-1}^n + \alpha_S \cdot X_t^n, & \text{MOM} = 255 \end{cases} \quad (8)$$

其中, $0 < \alpha_S < \alpha_F < 1$.

4 实验评估

为验证算法的有效性, 根据上述两阶段视频图像处理采用 VC++6.0 编写程序, 在 Inter 3.0GHz 处理器, 1GB 内存的 PC 机上对多个视频进行了测试. 所处理视频的分辨率均为 320×240 .

4.1 实验一: 动态调节高斯分布个数方案性能评估

首先设置各个变量, 选取最大高斯分布个数为 3, 初始权值 $\omega_{init} = 0.05$, 标准差 $\sigma_{init} = 20$, 模型学习率 $\alpha = 1$, 权值更新率 $\beta = 0.1$.

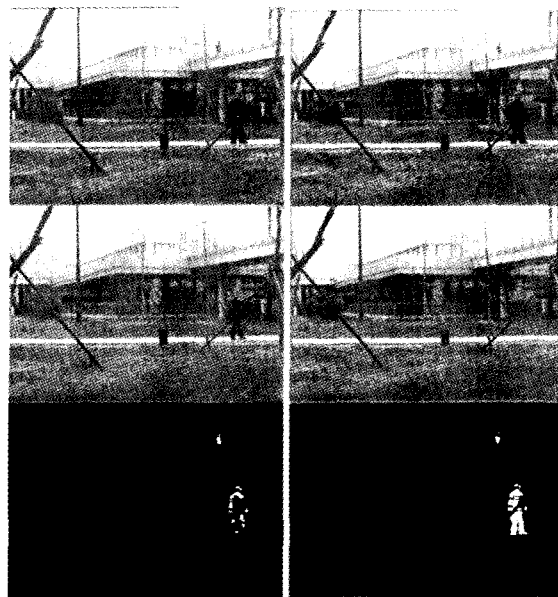
利用传统的混合高斯模型方法, 对室内、楼门口、道路上, 三种视频进行图像处理. 这三帧图像的处理时间分别为 27.9ms、28.1ms、28.6ms, 而使用两阶段视频图像处理方法处理时间分别为 19.6ms、20.3ms、22.7ms. 通过动态调节混合高斯分布个数可以显著提高背景建模的速度, 有效地节约了运算资源. 此外, 随着背景状态变化复杂程度的增加, 每个像素的混合高斯模型需要更多的高斯分布, 也就需要更多的处理时间.

4.2 实验二: 缓慢或滞留目标问题的解决方案性能评估

同样首先设置各个变量, 选取高斯模型的最大高斯分布个数为 4, 初始权值 $\omega_{min} = 0.05$, 标准差 $\sigma_{init} = 20$, 模型学习率 $\alpha = 0.1$, $\alpha_F = 0.3$, $\alpha_S = 0.03$, 权值更新率 $\beta = 0.1$, 背景权值阈值 $T_B = 0.7$.

图 1 中从上到下的依次为: 当前帧视频图像、估计背景和目标二值图像. 比较图(a)和图(b), 可以看到短期滞留的目标没有被更新到背景区域. 提取

出比较完整的目标, 避免了空洞现象.



(a) 传统高斯模型方法

(b) 改进后高斯模型

图 1 滞留目标检测结果对比示意图

5 结束语

文中提出了一种有效的两阶段视频图像处理方法. 在第一阶段, 动态的更新每个像素高斯分布的个数, 显著提高了背景建模的速度; 第二阶段, 在目标区和非目标区采用不同的更新策略, 有效地解决了滞留目标像素融入背景的问题, 同时也减弱了慢速运动物体对背景模型的影响. 通过大量的实验测试, 即使光线变化、车辆人流杂乱的场合中, 背景生成也是稳定的, 具有较好的自适应性.

在实验中发现, 与路面颜色相近的人或者车辆可能在背景差分的过程中误判为背景, 因此如何利用色度之外的信息量建立背景模型, 从而更有效地区分背景和前景, 将是后续的工作.

参考文献:

- [1] KaewTraKulPong P, Bowden R. An improved adaptive background mixture model for real-time tracking with shadow detection[C]// The 2nd European Workshop on Advanced Video-based Surveillance Systems. Kingston: Kluwer Academic Publishers, 2001:1-5.
- [2] Robert T Collins, Alan J Lipton, Takeo Kanade. A system for video surveillance and monitoring[R]. USA: CMU-RI-TR-00-12, 2000.

文中未给出具体的实测值. 但从用户使用效果看, 基本在用户容忍范围内($<5s$)得到响应. 而且还可以看到: 第一次查询的响应时间会慢些, 但以后同条件下的查询时间大大加快, 原因就是采用了专用临时文件夹措施.

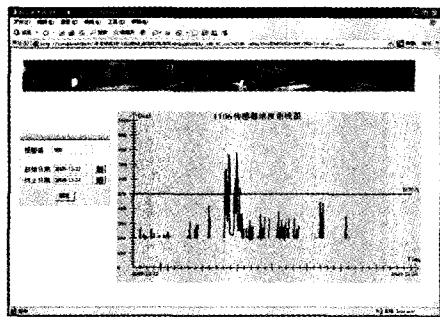


图 6 历史曲线图

5 结束语

从系统实际使用情况看, 文中的方案是有效可行的. 在实时数据动态显示网页中, 矿区平面图也是动态的, 这个问题在文献[4]中有所提及, 但它采用的是基于 DWG 文件的方法. 如何绘制 Web 形式的动态平面位置图, 是下一步需要做的工作.

由于 Web 方便灵活的特点, 它为全方位、跨地域监测提供了可能. 鉴于当今网络迅猛发展的趋势, 基于 Web 的监测方式将成为煤矿监测中的重要手段. 文中为在煤矿监测中使用 Web 图形提供了可行技术方案, 对促进 Web 监测的发展有一定积极意义.

参考文献:

- [1] Jesse James Garrett. Ajax: a new approach to web applications[EB/OL]. (2001-05-18)[2010-06-08]. <http://adaptivepath.com/ideas/essays/archives/000385.php>.
- [2] 陈婷, 周家纪, 杨宁. 基于 VRML-AJAX 的分布式虚拟现实应用[J]. 微电子学与计算机, 2006 (1): 272-273.
- [3] Mahesh Chard. GDI+图形程序设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [4] 潘志刚, 卢建军, 王晓路. 基于 DWG 的煤矿井下定位监测矢量图形系统设计[J]. 煤炭科学技术, 2009 (10): 79-81.

作者简介:

周方晓 男, (1971-), 博士研究生. 研究方向为计算机图形学、软件工程.

(上接第 161 页)

- [3] Wren C R, Azarbaye J A, Darrell T P. Real-time tracking of the human body[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19 (7): 780-785.
- [4] Stauffer C, Grimson W E L. Adaptive background mixture models for real-time tracking[C]// PPComputer Vision and Pattern Recognition. CO, USA: IEEE, 1999: 246-250.
- [5] Zoran Zivkovic, Ferdinand van der Heijden. Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction[J]. Pattern Recognition Let-

ters, 2006, 27(5): 827-832.

- [6] Stauffer C, Grimson W E L. Learning patterns of activity using real-time tracking[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22 (8): 747-757.

作者简介:

蒋明 男, (1958-), 硕士, 副教授. 研究方向为现代数据库与图像处理.

潘姣丽 女, (1986-), 研究方向为现代数据库和图像处理.