

# 基于改进的混合高斯模型的目标检测方法

曙 光<sup>1</sup>, 张 超<sup>1</sup>, 蔡则苏<sup>2</sup>

(1. 哈尔滨理工大学 计算机学院, 黑龙江 哈尔滨 150080;

2. 哈尔滨工业大学 计算机科学与技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘 要:**混合高斯模型是环境监控的一种有效方法,能及时侦测环境的异常变化,其基本思想为当环境与建立的模型相匹配时为背景,否则为前景。利用混合高斯模型在图像内进行目标检测,在模型替换的时候,前景容易误替换进模型内,影响背景差分效果。同时采用像素为单位做前景判断,信息量往往不足,不能有效地表示环境特征。高斯模型也存在对光照影响消除能力不足的问题,光照发生时,背景会发生变化,如果不及及时检测出来,排除光照,就会造成误检,影响系统的准确性。文中针对这些问题提出了一种解决方案,并用实验证明了其有效性。

**关键词:**混合高斯模型;目标检测;背景差分;光照影响

中图分类号:TP301

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)07-0060-04

## Target Detection Method Based on Improved Gaussian Mixture Model

SHU Guang<sup>1</sup>, ZHANG Chao<sup>1</sup>, CAI Ze-su<sup>2</sup>

(1. Institute of Computer, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China;

2. Institute of Computer Science and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

**Abstract:** Gauss mixture model is an effective method for environmental monitoring, which can detect the abnormal changes in the environment timely, the basic thought of Gauss mixture model is when the environment and the established model matches, it is as the background, or the foreground. By using Gaussian mixture model for target detection in the image, foreground is mistakenly substituted into the model easily when model replaces, effecting background difference results. At the same time using pixels to prospect judgment, the information is often insufficient, which can not effectively express environmental characteristics. Gauss mixture model also exists the problem that the ability of illumination effect removing is not ideal, when light occurs, the background will be changed, if not promptly detected the changes, excluding the light, it will cause false detection, affecting the accuracy of the system. Aiming at these problems, put forward a solution and use experiment to prove the validity in the paper.

**Key words:** Gaussian mixture model; target detection; background difference; illumination effect

## 0 引 言

背景差分法是视频检测的主要方法,通过比较当前帧和背景帧的差别<sup>[1]</sup>,得出变化区域,然后对结果进行分析,判断出目标物体。背景差分法提取的目标信息比较完整<sup>[2]</sup>,而且速度快,能满足系统实时性的要求,不过目标信息中包含了很多干扰信息,对光照、噪声<sup>[3]</sup>等敏感,容易造成误检测。

背景差分法的基础和关键是建立背景模型。一个好的背景模型<sup>[4]</sup>既要能适应环境的变化,消除动态场景对目标检测的影响,又要具有一定的容错性,能够排

除环境的各种干扰因素。概括起来,背景差分法难点在于:

(1) 背景建立难:选取合适的背景建模方式,既要适应性强,又要及时性快。

(2) 环境影响大:各种自然环境变化和人为影响使环境的预测不可知。

(3) 背景更新:合适的更新方法<sup>[5]</sup>决定了模型的适应性,也才能准确地检测出运动物体。

(4) 干扰条件多:光照突变,风以及人为因素<sup>[6]</sup>等可能影响判断的准确性。

(5) 前景判断难:从不同的变化中分辨出真正的前景区。

Stauffer 等<sup>[7]</sup>提出了利用自适应的混合高斯背景模型对目标检测的方法,该方法是目前应用最广泛的背景差分方法之一,对上述问题的解决都有较好的效果,但是在实际应用中还存在一些问题,文中在分析所

收稿日期:2011-11-18;修回日期:2012-02-20

基金项目:国家自然科学基金(61075076)

作者简介:曙 光(1970-),男,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生导师,副教授,研究方向为智能机器人、机器视觉;张 超(1986-),男,硕士研究生,研究方向为机器视觉。

存在的问题上提出了改进的方法。

## 1 混合高斯模型

环境变化时像素点从当前值变到另一值,背景发生了波动,但这不是前景产生的,而是由于背景从一种状态转移到另一种状态,这样当前像素点的背景选择就有几种情况。为此,混合高斯模型<sup>[8]</sup>对当前像素点建立  $K$  ( $K$ 一般取 3 ~ 5 之间) 个模型,来模拟环境的变化情况,建立的模型用高斯函数表示,高斯函数是以  $\mu$  为均值、 $\sigma$  为方差的数学模型。

混合高斯模型对图像中的像素点  $X_{i,t}$  用高斯分布表示:

$$f(X_{i,t}) = \sum_{k=1}^K w_{i,t,k} * \eta_k(X_{i,t}, \mu_{i,t,k}, \Sigma_{i,t,k}) \quad (1)$$

其中  $\eta_k(X_{i,t}, \mu_{i,t,k}, \Sigma_{i,t,k})$  为概率密度函数:

$$\eta_k(X_{i,t}, \mu_{i,t,k}, \Sigma_{i,t,k}) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma_{i,t,k}|^{1/2}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}(X_{i,t} - \mu_{i,t,k})^T \Sigma_{i,t,k}^{-1} (X_{i,t} - \mu_{i,t,k})\right] \quad (2)$$

$\mu_{i,t,k}$  表示第  $k$  个高斯模型的均值,  $\Sigma_{i,t,k}$  为协方差,  $w_{i,t,k}$  为权重,且有  $\sum_{k=1}^K w_{i,t,k} = 1$ ,

$k$  的值取 3 到 5 之间。

如果像素点在  $[u - \sigma, u + \sigma]$  的区间内浮动则认为背景点,当不符合这个区间时判为前景。由于自然界的复杂性,高斯模型必须随环境变化而更新<sup>[9]</sup>,以保证其适应性,更新后模型按照  $w/\sigma$  进行从大到小排序,并取前  $B$  个分布作为背景,如果像素点与混合高斯模型没有匹配,则以观测值为均值,给定一个较大的方差,来构造一个新的模型来替代当前置信度最低的模型( $w/\sigma$  最小)。

在实际运用中发现混合高斯模型还存在如下几个问题:

(1) 虽然用几个模型来表示环境的变化,但在模型的替换时,混合高斯模型不能保证替换到模型中的是背景;

(2) 以像素点为单位判断前景,信息不全;

(3) 对一些复杂的现象如光照处理也不是太理想。

下面对以上问题提出改进的方法,并用实验结果验证其有效性。

## 2 混合高斯模型的改进

### 2.1 模型替换

建立初始模型阶段,会带入各种前景和干扰<sup>[10]</sup>。为了保证检测的准确度,首先应把背景模型中的干扰

部分用真正的背景替换掉,这是检测的基础。模型的替换直接决定了检测的准确度<sup>[11]</sup>。替换时,既要防止把前景替换到背景中,又要避免把已经建立的背景模型替换成前景,力求最大限度避免各种干扰条件。用建立的模型检测环境时,有两种情况:一种是本身是前景,与模型不匹配;另一种是模型不能正确反映背景从而产生误判,当出现后一种情况时则需更换背景模型。但在实际检测中很难区分是哪一种情况,这时则应保证模型更新的方法尽可能正确。

为了达到此目的,文中采用如下两个条件保证模型替换的正确性:

(1) 当像素点不符合背景点的时候,对不匹配点建立计数器,记录不匹配的次數,如果当前像素点不属于建立的背景并且像素的变化平缓时,计数器加一,否则清零。

$$C = \begin{cases} C + 1 & (f(x,t) \notin B(x,t)) \cap (f(x,t) - f(x,t-1) < T_1) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

其中  $C$  是计数器,  $f(x,t)$ ,  $f(x,t-1)$  分别是  $t$ ,  $t-1$  时刻的像素值,  $B(x,t)$  是  $t$  时刻的背景值,  $T_1$  是像素差的阈值。

(2) 当计数器达到一定阈值才用新背景更新置信度最小的背景。

$$B(k) = \begin{cases} f(x,t) & C > T_2 \\ B(k) & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

其中  $B(k)$  是置信度最低的背景,  $T_2$  是计数器的阈值。

通过这两个条件,保证了替换进来的像素是稳定的背景,既不是前景,又不是干扰像素。稳固的背景模型是检测的基础,模型正确了才能得到一个相对准确的前景,利于下一步的处理。

### 2.2 前景区的初步取舍

检测出的前景并不能保证是绝对正确的,不可避免地包含着干扰因素<sup>[12]</sup>,这会产生误判。因此这就需要对检测出的前景区进行进一步的分析。为此文中采用区域代替单个像素点进行判断分析,是基于以下事实:

(1) 以区域为单位判断比以像素为单位判断更能体现局部环境的特性。

(2) 区域的信息比单个像素的信息更全、更可信。

(3) 能够避免单个像素带来的误差。

得到独立区域的方法是用八邻域递归遍历检测后的结果,并分别保存,再对得到的各个独立前景区再次判断。具体过程如下:

① 首先是去掉前景区中小阈值区域,小区域产生的原因是自然界的一些轻微变化引起的<sup>[13]</sup>,处理时直

接去掉小区域;

②其次是去掉出现超过正常大小的前景区,有时整个画面发生变动,这显然不是运动物体引起的,这种情况干扰居多,应尽可能去掉干扰,处理的原则是:严格控制前景再次判为前景点。处理方法为:先用三帧法判断前景区中的像素点,大于阙值时才判为前景,但是三帧法容易造成“空心”现象,为了弥补空间再加上一部分像素点:相邻三帧用混合高斯模型都被检测出的像素点;

③最后对前景区大小正常的情况,处理原则为:严格控制前景重新判为背景点,由于干扰的多样性,不同干扰利用不同处理方法。下面用区域进行判断处理光照。

### 3 光照的处理

光照时<sup>[14]</sup>,像素会发生突变;光照发生后,像素则保持不变。此时如果不更新混合高斯模型的背景,当前区域会被一直检测为前景。发生光照时,应及时把当前发生光照的像素加入背景中,以利于后续的判断。判断光照时首先用混合高斯模型检测,当检测出前景区域时,再用三帧法验证,如果这个区域三帧法检测未发生变化,这是光照,置为背景,并更新模型,如果像素发生变化则进入下一步判断。三帧法公式如下:

$$dx = \begin{cases} \text{背景} & (f(x,t) - f(x,t-1) < T_1) \wedge \\ & (f(x,t-1) - f(x,t-2) < T_1) \\ \text{前景} & \text{else} \end{cases} \quad (5)$$



(a) 模型替换时原图



(b) 替换算法改进前检测图



(c) 替换算法改进后检测图

图1 模型替换改进前后对比结果



(a) 光照时原图



(b) 光照算法未改进检测图



(c) 光照算法改进后检测图

图2 光照变化改进前后对比结果

如果混合高斯模型和三帧法<sup>[12]</sup>都检测出前景区域,还应该考虑一个问题,运动的物体突然静止不动时,根据以上方法会被判为光照,此时更新模型时就会产生漏报,这就需要进行进一步判断。光照发生时,光照区域内的像素强度发生了变化但对应关系未发生变化,文中采取的方法是对前景区投影,投影反映了不同灰度像素在图像中的位置分布信息。运动物体是由于其他像素占领了原像素的位置,这时候像素位置的对应关系必然发生变化。以此,作为判断光照的辅助依据。图像在  $x, y$  轴上的投影  $P_x, P_y$  分别为

$$P_x = \sum_y f(x, y), P_y = \sum_x f(x, y) \quad (6)$$

$P_x, P_y$  记录了沿  $x$  轴与  $y$  轴方向前景区灰度的累计值,表示沿该方向像素的变化程度。当发生运动变化时,并不马上判为是运动物体,先保存结果,并对此区域前后两帧在  $x$  轴与  $y$  轴投影。如果前后两帧在相同位置发生运动变化,并且在  $x$  轴与  $y$  轴投影的变化规律相似,说明当前前景区域内像素位置的对应关系未发生变化,这时则认定为光照,否则就是前景区。

### 4 实验分析

本实验通过摄像头监控屋内的环境变化,来模拟背景的变化,仿真环境为:Matlab;实验平台为:VC6.0。在进行实验时,用摄像头截取光照前后的场景,在VC6.0平台上验证文中的方法,得到检测结果,查看检测情况。

#### 4.1 模型替换改进前后对比

其中图1(a)、图1(b)、图1(c)是模型替换时的原图、模型替换未限制时的检测结果、模型替换限制后的检测结果。通过实验发现:模型替换时,不限制模型,会把当前前景替换到背景中,从而发生检测“空心”现象,更严重时会发生漏检,模型替换加了限制条件后,防止了前景替换到背景模型中,保证了检测的正确。

#### 4.2 光照变化改进前后对比

其中:图2(a)是光照发生时的原图,图2(b)、图2(c)是光照发生时未改进、改进后的检测结果。通过实验发现:对光照的现象不特殊处理,会发生大面积干扰,甚至整个屏幕为前景,极大地干扰了检测,通过算法改进,光照发生时去除了大部分干扰,接下来的工作是进一步提高检测的精度。

### 5 结束语

对混合高斯模型的三个方面进行了改进,取得了预定的效果,首先保证了模型替换的稳定,为后续的判断提供了依据,其次以区域为单位判断更准确,最后对光照的解决也起到了很好的作用。

#### 参考文献:

- [1] Power P W, Schooners J A. Understanding Background Mixture Models for Foreground Segmentation[C]//Proc of Image and Vision Computing. [s. l.]: [s. n.], 2002: 267-271.
- [2] Lucas D, Kaonde T. An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision[C]//Proc of DARPA Image Processing. Brighton: DARPA, 1981: 121-130.
- [3] 马义德, 朱德飞, 安世霞, 等. 改进的基于高斯混合模型的运动目标检测方法[J]. 计算机应用, 2007, 27(10): 2544-

2546.

- [4] 李亚玲, 徐荣青, 聂桂军, 等. 适应场景光照变化的运动目标检测算法[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(2): 140-146.
- [5] Sheng Zunbing, Cui Xianyu. An adaptive learning rate GMM for background extraction[J]. Optoelectronics Letters, 2008, 4(6): 174-176.
- [6] Jiang C, Ward M O. Shadow Identification[C]//Proc of IEEE Computer Society Conf on Computer Vision and Pattern Recognition. [s. l.]: [s. n.], 1992: 606-612.
- [7] 曹 丽, 汪亚明, 周维达, 等. 基于动态图像序列的运动目标检测与跟踪[J]. 计算机仿真, 2006, 23(5): 194-196.
- [8] 周 兵. 运动对象检测及其在视频监控中的应用[D]. 北京: 北京航空航天大学, 2003.
- [9] Lo B P L, Velastin S A. Automatic congestion detection system for underground platforms[C]//Proceeding of 2001 International Symposium on Intelligent Multimedia Video and Speech Processing. New York: IEEE, 2001: 158-161.
- [10] 杨文国, 李 刚, 蔡慧华. 一种基于高斯混合模型的MR图像分割[J]. 微计算机信息, 2008(6): 310-312.
- [11] Stauffer C, Crimson W. Learning Pattern of Activity Using Real-time Tracking[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8): 747-757.
- [12] Nadimi S, Behan B. Physical Models for Moving Shadow and Object Detection in Video[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 26(8): 1079-1087.
- [13] 刘 亚, 艾海舟, 徐光佑. 一种基于背景模型的运动目标检测与跟踪算法[J]. 信息与控制, 2002, 31(4): 315-319.
- [14] 朱碧婷, 郑世宝. 基于高斯混合模型的空间域背景分离法及阴影消除法[J]. 中国图像图形学报, 2008, 13(10): 1906-1909.

(上接第59页)

块功能相对独立,验证过程中能够快速定位错误并做出相应纠正。此外,在验证中遍历编码参数配置,功能覆盖完备,保证了编码功能的正确性及完备性,实现了自动、灵活、快速的验证,达到了预期的效果。

#### 参考文献:

- [1] 孙海平, 丁 健. 系统芯片(SoC)验证方法与技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] Zhang Li, Liu Deming, Zhang Chuanhao, et al. Technology for extending transmission distance of EPON system[J]. Frontiers of Optoelectronics in China, 2009(9): 318-322.
- [3] 杨海波, 田 泽, 蔡叶芳, 等. FC IP 软核的仿真与验证[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(9): 168-172.
- [4] Bosi M, Goldberg R. Introduction to digital audio coding and standards[M]. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2003.

- [5] 田 靖, 田 泽. AFDX-ES SoC 虚拟仿真平台的构建与应用[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(8): 192-198.
- [6] 张树华, 窦维蓓, 杨华中. MPEG-2/4 AAC 音频编码器低复杂度优化[J]. 电声技术, 2010, 34(4): 71-74.
- [7] ISO/IEC 13818-7: MPEG-2 AAC, Second Edition[S]. 2003.
- [8] ISO/IEC 14496-3: Part 3: Audio[S]. 2004.
- [9] Philips Semiconductor. I2S Bus Specification[S/OL]. 1996. <http://www.Semiconductor.Philips.com>.
- [10] 周爱武, 李孙长, 程 博, 等. XML 数据库的研究与应用[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(9): 218-221.
- [11] Farfán F, Hristidis V, Rangaswami R. Database and Expert Systems Applications[M]. Heidelberg, Berlin: Springer, 2007: 75-86.
- [12] 夏宇闻. Verilog 数字系统设计教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.