

文章编号: 1001-3806(2014)06-0776-04

基于改进的混合高斯模型的运动目标检测方法

王东方, 王玉德*, 王景武

(曲阜师范大学 物理工程学院, 曲阜 273165)

摘要: 为了改善混合高斯模型在光照突变时容易产生大量误检的缺陷, 采用了一种高斯模型与均值法相结合并为前景像素建立计数器的方法。在建立背景模型时, 运用多帧图像求平均值的方法初始化混合高斯模型的前景; 为每帧图像的前景像素数建立计数器, 并以此消除被误判为前景的区域; 对检测出的前景区运用数学形态学处理, 得到图像真正的前景区域。结果表明, 该算法不仅克服了初始背景中的干扰, 而且消除了光照突变时的误检, 提高了运动目标的检测率。

关键词: 图像处理; 运动目标检测; 混合高斯模型; 光照影响

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **doi:** 10.7510/jgjs.issn.1001-3806.2014.06.011

Moving target detection algorithm based on improved Gaussian mixture model

WANG Dongfang, WANG Yude, WANG Jingwu

(College of Physics and Engineering, Qufu Normal University, Qufu 273165, China)

Abstract: In order to eliminate the defects of false detection of mixed Gaussian model under sudden illumination, a new algorithm combining Gaussian model with average background method was proposed to count the foreground pixels. Firstly, the background of Gaussian mixture model was initialized by using multi-frame averaging method when building the background model. Secondly, a counter for the number of foreground pixels of every frame was established and the false detection was eliminated based on the counter. Finally, the target was detected by using mathematical morphology and the foreground of the image was gotten. The results show that this improved algorithm not only overcomes the interference of the initial background but also eliminates the false detection when the illumination changes, and improves the detection rate of the moving targets.

Key words: image processing; moving target detection; Gaussian mixture model; illumination effect

引言

运动目标检测是众多计算机视觉应用的基础技术, 是进行目标跟踪和行为理解的基础, 在近年来取得了极大的发展, 并且从一开始它就与工程应用紧密相连, 广泛应用在航空航天、城市交通、智能监控等各个领域^[1-2]。运动目标检测的目的是将运动物体从背景中分割出来^[3], 方法主要有光流法^[4]、帧间差分法^[5]、背景减差法等^[6]。ZHOU 等人提出了一种基于二重的光流场运动检测算法, 利用光流场结合差分法检测运动目标^[7]。HE 等人实现了利用连续 3 帧图像进行差分运算获取运动信息的方

法^[8], BENNETT 运用帧间差分结合时空的连续性来检测和跟踪移动物体^[9]。GAN 提出一种基于码书的背景构造方法, 该方法使用长时间的图像序列估计背景模型, 再运用背景减除法获得目标^[10]。帧间差分法是通过相邻两帧或几帧直接作差来检测运动目标^[11], 该算法原理简单、计算速度快, 但检测效果一般而且噪声水平比较高。光流法主要依据是图像中灰度模式的运动速度^[12], 要得到像素点的速度矢量, 这就需要多次迭代运算, 计算复杂耗时, 特别是背景非常复杂时不能达到实时检测的要求。背景减差法是应用较为普遍的检测方法, 该算法要先为背景建立一个参量模型, 通过视频序列逐帧与背景参数模型相减来检测运动目标。

作者选取背景减差法来检测运动目标, 采用改进的混合高斯模型来建立背景模型。作为目前应用最广泛的背景差分方法之一, 混合高斯背景模型考

作者简介: 王东方 (1985-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为多媒体信息处理、模式识别。

* 通讯联系人。E-mail: wyude-01@163.com

收稿日期: 2013-10-30; 收到修改稿日期: 2013-12-09

虑到背景运动的多模性,对动态背景具有较好的鲁棒性,而且结构简单易于实现^[13]。

在实际运用中发现混合高斯模型还存在如下几个问题:(1)该模型算法根据视频的第1帧来构建背景模型,但如果第1帧存在运动物体时可能会产生错误的检测结果;(2)当光线突变时,所有的像素值都会发生很大的变化,跟原有的所有背景都不能匹配,从而出现大面积的误检区域;(3)检测结果含有噪声且目标内部存在空洞。

针对经典混合高斯模型存在的不足,作者提出了改进的混合高斯模型算法,并用实验来证明该改进算法是有效的。

1 混合高斯模型

1.1 混合高斯模型定义

混合高斯模型(Gaussian mixture model, GMM)的原理,就是使用 K 个(3~5个)独立的高斯函数来描述某个像素点的特征。对于 t 时刻场景中某像素点 x ,混合高斯模型定义为:

$$G(x_t) = \sum_{k=1}^K \omega_{k,t} N_k(x_t, \mu_{k,t}, \sigma_{k,t}) \quad (1)$$

式中, $\omega_{k,t}$ 是第 k 个高斯分量的权重($\sum_{k=1}^K \omega_{k,t} = 1$); $\mu_{k,t}$ 是第 k 个高斯分量的均值; $\sigma_{k,t}$ 是第 k 个高斯分量的标准差,高斯分布定义为:

$$N(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2)$$

在每一时间,都需要选择混合高斯模型中的一个或多个高斯分布作为背景模型,具体来说,首先把(1)式中所有 K 个高斯分布按照 ω_k/σ_k^2 值从大到小排序,然后选取前 B 个高斯分量作为背景元素, B 满足如下关系:

$$B = \arg \min_b \left(\sum_{k=1}^b \omega_{k,t} > T_w \right) \quad (3)$$

式中, T_w 为高斯分量权重所选取的阈值。

1.2 前景检测与参量更新

将当前帧像素分别与这 K 个排列好的高斯分布依次进行匹配,匹配的条件为:

$$|x_t - \mu_{k,t-1}| < 2.5\sigma_{k,t-1} \quad (4)$$

满足条件的第1个高斯分量归入该背景模型并对其参量更新,更新方式为:

$$\begin{cases} \mu_{k,t} = (1 - \alpha)\mu_{k,t-1} + \alpha x_t \\ \sigma_{k,t} = (1 - \beta)\sigma_{k,t-1} + \beta(x_t - \mu_{k,t-1})^2 \\ \beta = \frac{\alpha}{\omega_{k,t}} \end{cases} \quad (5)$$

其它的高斯分量参量保持不变。权值更新按照下式进行:

$$\omega_{k,t}' = (1 - r)\omega_{k,t-1} + \lambda r \quad (6)$$

式中, α, β, r 均为更新系数。对于匹配的分量 $\lambda = 1$,不匹配的分量 $\lambda = 0$ 。

如果所有 K 个高斯模型都不能与当前像素点匹配,则认为该像素点为前景点,并重新创建一个高斯模型代替优先级最小的高斯分布。为新高斯模型设置一个较大的初始方差值,其均值为当前像素值,新模型的权值为:

$$\omega_{k,t}' = (1 - r)\omega_{k,t-1} \quad (7)$$

最后归一化所有权值系数:

$$\omega_{k,t} = \frac{\omega_{k,t}'}{\sum_{k=1}^K \omega_{k,t}'} \quad (8)$$

2 算法的改进

针对经典混合高斯模型存在的模型初始化阶段易引入干扰、光照突变时产生大量误检且检测结果含有噪声及空洞的不足,提出了改进的混合高斯模型算法,改进后的算法步骤如下。

(1)取视频序列的前 N 帧图像求取平均值,作为混合高斯模型的初始化背景。

(2)对视频序列的每一帧图像的每一个像素,判断其像素值是否在高斯分布范围内,若存在于高斯分布范围内,则将该像素判为背景并更新各项参量;若不属于高斯分布范围,则将该像素判为疑似前景点,记录该帧疑似前景点的个数。

(3)将该帧疑似前景点的个数与前一帧的个数作差,判断所得差值是否大于设定好的阈值。

(4)若差值大于阈值时,则取该帧与前一帧同时判为疑似前景点的像素作为该帧的前景点;若差值不大于阈值,则将该帧的所有疑似前景点判定为前景像素。

(5)将该帧前景中面积小于一定值的前景区域直接去除,再利用数学形态学方法处理,最终获得的前景区即为运动目标。

下面对改进后算法的重点步骤进行阐述。

2.1 背景的初始化

高斯模型在背景初始化时,并不能保证建立的模型就是真正的背景,而背景模型中的干扰会影响前景的检测,所以背景模型的真实度越高,检测的准确率就越高^[14]。经典混合高斯模型可采用视频的第 1 帧来构建背景模型,但当第 1 帧存在运动物体时就会产生误检。

改善这个问题的一个简单而有效的方法是采用一种多帧图像求平均值的背景初始化方法。该算法的基本思想是这样的:提取视频序列的前 N 帧图像,初始背景的每一个像素选择这 N 帧图像对应点的平均值作为背景。用 $f(i,j,n)$ ($1 \leq n \leq N$) 来表示这 N 帧图像的任意一点,用 $B(i,j)$ 来表示初始化背景中的任意一点,则:

$$B(i,j) = \text{mean}\{f(i,j,1), f(i,j,2), \dots, f(i,j,N)\} \quad (9)$$

该算法得到的结果更接近真实的背景,避免了初始帧含有运动物体时所产生的误检,在一定程度上改善了初始阶段的检测性能。

2.2 光照的处理

当光线发生突然变化时,如闪电、闪光灯等,场景中所有像素值会发生瞬间突变,然后很快回到原始像素值。由于像素值发生突变,跟原来的背景不能匹配,就会产生大面积的误检区域。为了解决这个问题,本文中提出了一种新的改进算法,改进的思路是:当大量像素值发生突变,产生大面积的误检区域时,被判定为前景的像素数将远大于正常前景的像素数,记录每一帧图像前景点的像素数,与前一帧作差,当差值大于一个门限时,判定场景中发生了突变,则取当前帧与前一帧同时判为前景点的像素作为该帧的前景。改进的步骤如下。

(1) 对每一帧图像建立计数器,记录当前帧图像中被判定为前景点的像素个数 N_t :

$$N_t = \begin{cases} N_t + 1, & (I(x,t) \notin B(x,t)) \\ N_t, & (\text{else}) \end{cases} \quad (10)$$

式中, $I(x,t)$ 为 t 时刻像素点 x 的像素值, $B(x,t)$ 为 t 时刻像素点 x 的背景值。

(2) 当前帧与前一帧前景点数作差,当差值很大时,取当前帧与前一帧同时判为前景点的像素作为该帧的前景。

$$F(x,t) = \begin{cases} F(x,t) \cap F(x,t-1), & (N_t - N_{t-1} > T) \\ F(x,t), & (\text{else}) \end{cases} \quad (11)$$

式中, $F(x,t)$, $F(x,t-1)$ 分别是当前帧与前一帧被判为前景的像素点, N_{t-1} 为前一帧前景像素数, T 为前景像素个数的阈值。

(3) 若场景中发生了突变,令当前帧前景点个数等于前一帧前景点个数,否则仍为当前帧的前景像素数。

$$N_t = \begin{cases} N_{t-1}, & (N_t - N_{t-1} > T) \\ N_t, & (\text{else}) \end{cases} \quad (12)$$

2.3 前景区的再处理

此时检测出来的前景区域并不能完全准确地表示前景,会有一部分噪声^[15],从而造成误检,所以需要再对检测出的结果再处理。处理方法如下:(1) 首先是为各个前景区设定一个阈值,将面积小于该阈值的前景区去掉,一些客观因素如树叶抖动等可能引起这些小区域的产生^[16],由于运动目标和小区域差别较大,处理时将其视作噪声直接去除;(2) 前景区内部存在的少量漏检现象,运用数学形态学方法填充,使最后的检测结果能够真实地反映运动目标。

3 实验结果与分析

实验中选取了一段交通视频 (120pixel × 160pixel), 视频中含有因风等自然因素引起的树叶抖动,为了验证改进算法对经典算法在光照突变时产生大面积误检的改善作用,选取的视频中还含有光照的变化加以对比验证。实验中所选用的硬件是内存为 2GB 的笔记本电脑,检测算法是使用 MATLAB 编程实现,通过实验分别得到算法改进前后的检测结果,并对检测结果加以对比分析。

图 1a 是光照突变时的原帧图像,图 1b 和图 1c 分别是光照变化时经典算法和改进算法的检测结果。通过检测结果发现:算法没有改进之前,光照



Fig. 1 Comparison of original algorithm and modified algorithm when light changing
a—original image b—original algorithm c—modified algorithm

变化时,除真正的运动目标之外,大量背景区域也被检测为运动目标,从而产生了大量的误检,大大降低了检测的准确性;算法改进之后,检测效果明显好转,算法未改进之前产生的大面积误检被消除。实验表明,改进之后的算法在光照发生变化时也能够准确地检测出运动目标,从而保证了算法检测运动目标的准确率。

图2a、图2b、图2c分别是视频的原图、算法未改进之前的检测结果和算法改进之后的检测结果。通过实验发现:算法改进之前,由于自然因素的微小变化,检测结果含有噪声,而且运动目标检测不完整,甚至出现“空心”现象,为检测出的运动目标后来的进一步分析造成了极大地困难;算法改进之后,噪声基本完全清除,“空心”现象消失,检测的结果更加完整,保证了检测的正确性,更加便于对运动目标的进一步分析。



Fig. 2 Comparison of original algorithm and modified algorithm
a—original image b—original algorithm c—modified algorithm

4 小 结

在深入研究背景建模技术的基础上,提出了一种对经典混合高斯模型改进的目标检测算法,首先选用均值法提取了初始帧背景,然后相邻帧间前景像素数作差以确定各帧前景,最后对前景作进一步的处理。该方法较好地解决了光照突变时发生大面积误检的现象,消除了干扰,提高了检测的准确性,实验表明,该模型算法具有一定的可靠性和实用性。

参 考 文 献

[1] BAI Y Ch, ZHANG X G, TANG L. Transverse velocity estimation based on Wigner-Hough transform[J]. Journal of Nanjing University(Natural Science Edition), 2010, 46(4): 366-369 (in Chinese).
[2] HARITA OGLU I, HARWOOD D, DAVIS L S. Real-time surveil-

lance of people and their activities[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8): 809-830.
[3] WEI X F, LIU X. Research of image segmentation based on 2-D maximum entropy optimal threshold[J]. Laser Technology, 2013, 37(4): 519-522(in Chinese).
[4] HAO H G, CHEN J Q. Moving object detection algorithm based on five frame difference and background difference[J]. Computer Engineering, 2012, 38(4): 146-148(in Chinese).
[5] TSAI D M, LAI S C. Independent component analysis based background subtraction for indoor surveillance[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2009, 18(1): 158-160.
[6] GUPT S, MASOUND O, MARTIN R F K, et al. Detection and classification for vehicles[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2002, 1(3): 37-47.
[7] ZHOU L, ZHU H. Optical flow calculation based on dual subtraction for motion detection[J]. Computer Simulation, 2009, 26(12): 168-171(in Chinese).
[8] HE G M, LI L J, JIA Zh T. A rapid video segmentation algorithm based on symmetrical DM[J]. Mini-micro Systems, 2003, 24(6): 966-968(in Chinese).
[9] BENNETT B, MAGEE D R, COHN A G, et al. Enhanced tracking and recognition of moving objects by reasoning about spatio-temporal continuity[J]. Image and Vision Computing, 2008, 26(1): 67-81.
[10] GAN Sh X. Moving targets detection using codebook[J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(2): 365-370(in Chinese).
[11] MEI N N, WANG Zh J. Moving object detection algorithm based on Gaussian mixture model[J]. Computer Engineering and Design, 2012, 33(8): 3149-3153(in Chinese).
[12] LI Y N, YU X C, TANG F, et al. Application of improved optical flow field in the supervisory control of nuclear explosion[J]. Laser Technology, 2013, 37(1): 118-120(in Chinese).
[13] ZHOU J Y, WU X P, ZHANG Ch, et al. A moving object detection method based on sliding window gaussian mixture model[J]. Journal of Electronics and Information Technology, 2013, 35(7): 1650-1656(in Chinese).
[14] XU K, CHEN Sh X, YAN G. Moving object detection based on improved Gaussian model [J]. Laser and Infrared, 2012, 42(7): 821-824(in Chinese).
[15] NADIMI S, BEHAN B. Physical models for moving shadow and object detection in video[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 26(8): 1079-1087.
[16] TU L F, PENG Q, ZHONG S D. A moving object detection method adapted to camera jittering[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2013, 35(8): 1914-1920(in Chinese).