

一种改进的背景提取与更新方法

周建强 刘 怀 张海龙 李 振

(南京师范大学 电气与自动化工程学院 江苏 南京 210042)

[摘要] 在分析背景提取的特点、均值算法准确度低和高斯混合模型法实时性差等不足的基础上,提出了一种改进的背景提取和更新的算法.该算法通过结合概率分布和统计直方图来得到初始背景,以降低环境变化的影响;利用高斯分布和递归算法来提高区域背景更新的实时性和准确度.结果表明,与均值算法和混合高斯模型法相比,该算法实现简单,具有很好的准确性,并且抑制了目标运动过慢造成的干扰,提高了背景更新的实时性.

[关键词] 背景提取 概率分布 统计直方图 递归算法

[中图分类号] TP391 [文献标志码] A [文章编号] 1672-1292(2012)04-0067-06

An Improved Method on Background Extraction and Update

Zhou Jianqiang Liu Huai Zhang Hailong Li Zhen

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

Abstract: The paper introduces an improved method on background extraction and update based on the features of background extraction and the disadvantages of the low accuracy of mean algorithm and the bad real-time of mixture Gaussian model. The method obtains the initial background with probability distribution and statistics of histogram to reduce the impact of environmental changes. Then to increase the real-time and accuracy, it combines the Gaussian distribution with recursive algorithm to update the background. Compared with means algorithm and mixture Gaussian model, it is easier to be operated, has better real-time and accuracy, and can effectively inhibit the noise caused by the slow targets.

Key words: background extraction, probability distribution, statistics histogram, recursive algorithm

视频图像中对运动目标的检测是计算机视觉领域的一个重要研究课题,目标检测效果的好坏直接影响到后期对目标的跟踪、识别等.目前目标检测的方法主要有光流法、帧间差分法、背景差分法等,光流法计算复杂,无法实现实时处理;帧间差分法计算简单,但极易受到噪声的影响,可靠性不高,还会受到目标速度的影响.背景差分法主要是通过提取出准确的背景来对连续图像进行分割,从而提取出目标.因此,如何快速有效地提取出完整的背景图像和及时准确地更新背景,是视频检测技术中一个非常重要的问题.

在视频的视场中,我们把感兴趣的部分称为前景,比如运动的车辆、行人等,其他的固定不动的我们称之为背景.背景差分法涉及到的问题主要如何快速准确的背景建模.由于场景中环境的变化,如光照条件引起的亮度变化、物体运动造成的背景的遮挡、背景的瞬间变化等,这将导致背景并不是完全静止不变的.因此,需要采取一定的算法进行背景模型的获取和及时更新.目前建立背景模型的算法主要有3类:时域滤波、直方图分析和神经网络.在时域滤波的背景提取中,常用的有混合高斯滤波、卡尔曼滤波和非参数模型等.

混合高斯滤波能够克服光线、树枝摆动等造成的影响,但计算量较大,仍会出现运动物体长期静止时的失效状况;卡尔曼滤波法可以克服光线的影响,对背景渐变也跟踪较快,但是要求像素级阈值,无法处理像素的双峰或多峰分布;非参数模型法能够得到移动的背景,但需要存储以前的参数,比较浪费内存.

均值算法是一种简单的自适应背景估计模型,通过一定帧数的图像像素累加并计算出平均值来作为

收稿日期:2012-09-24.

基金项目:国家自然科学基金(51075215).

通讯联系人:刘怀,副教授.研究方向:网络控制与图像处理. E-mail: liuhuai@njnu.edu.cn

初始背景的像素值.这种方法可以减少噪声、光线变化等造成的误差,获取比较准确的背景.但这种方法获取的背景只能当做初始背景,若要对背景进行更新,就必须加入背景更新公式.常用的更新公式为:

$$B(x, y, k+1) = \alpha B(x, y, k) + \beta C(x, y, k), \quad (1)$$

式中 $B(x, y, k)$ 为第 k 次背景中像素点 (x, y) 的像素值; $C(x, y, k)$ 为当前获取到的像素点 (x, y) 的背景像素值; α 和 β 为加权系数,其大小一般都依靠经验来决定,但两者之和为 1. 这种更新算法优点在于算法简单,在背景没有发生突变的情况下实时性高,但无法满足我们对背景准确更新的要求,在背景突变或者目标运动速度较慢的情况下,容易造成目标的误检或漏检.

基于卡尔曼滤波器的背景更新算法采用的是阈值判断法,它主要是通过阈值和当前像素值的大小关系来对不同的健全系数进行更新.这种方法能够减少运算量,适用于背景渐变的场合,但是更新模型在背景突变下,实时性会降低,有可能导致目标的误检或漏检.

混合高斯模型法^[1]是近年来常用于背景提取和更新的一种算法.高斯模型属于概率统计模型,它把图像的像素值看作是前景高斯分布和背景高斯分布的综合作用.该算法通过找到若干(一般是 3~5 个)高斯分布作为背景分布,然后比较某点的像素值与该点上的背景分布是否匹配.这种算法的最大优点是得到准确度非常高的背景图像,抑制了绝大部分噪声的干扰,这是均值算法无法相比的;缺点是背景更新缓慢,实时性不好,而且要引入新的计算参数协方差,这样大大增加了运算量,增加了算法的复杂性.

1 背景提取算法

根据背景的定义可知,背景的特点在于某一段时间内,特定位置的像素基本没有发生变化;换言之,该位置出现频率最高的像素值就是该位置的背景像素值.考虑到这一点,我们可以利用统计直方图法来获得视频中的初始背景^[2].对视频的每个像素点出现的像素值进行统计,把出现次数最多的像素值作为该点的背景像素值,即:

$$N_{i+1}(x, y, g) = \begin{cases} N_i(x, y, g) + 1 & \text{if } C_i(x, y) = g \\ N_{i-1}(x, y, g) & \text{else others} \end{cases}, \quad (2)$$

式中 $N_i(x, y, g)$ 表示像素点 (x, y) 在 i 时刻出现像素值 g 的次数, $C_i(x, y)$ 表示像素点 (x, y) 在 i 时刻出现的像素值.

此方法简单,但运行的时候会出现运算量大,占用过多内存等问题.背景因为光线变化造成的干扰,所以它的像素值总是在某个区间内波动.我们可以将某点的灰度范围,一般为 $\{0, 255\}$, 等分成若干个区间,这样既可以对某一位置处的像素值进行直方图统计,也可以对该位置的所在区间可能出现背景像素值的次数进行统计:

$$\text{Num}(n) = \text{Num}(n) + 1 \text{ if } C_i(x, y) = g \text{ and } g \in \left[(n-1) \times \frac{256}{N}, n \times \frac{256}{N} \right], \quad (3)$$

式中 $\text{Num}(n)$ 表示第 n 个区间中可能出现背景的次数; N 表示像素范围被等分的个数.

通过累计一定的图像帧数来比较哪个区间出现背景像素值的概率最大.当确定了区间后,取其空间中所有的像素的均值来作为初始背景的背景像素值:

$$\mu(x, y) = \frac{\sum_{k=a}^b k \cdot N(k)}{\text{Num}(n)}, \quad (4)$$

式中 $\mu(x, y)$ 为像素点 (x, y) 的像素值; a, b 分别为第 n 个区间中第一个和最后一个像素值; $N(k)$ 表示像素值为 k 时出现的次数.

这样通过划分的区间和直方图的累计后,对每个像素点最大区间计算均值 μ ,并用该值来作为该点的初始背景值.该算法提取的初始背景可以大大降低目标移动等造成的噪声干扰.

2 背景更新算法

通过改进的统计直方图法可以很好地抑制因为环境变化等因素造成的干扰,比如,树叶的晃动和光线的明暗变化等.但当视频中的背景发生了较大变化,比如运动目标的静止或者某种物体的突然进入,都会

降低目标检测的准确性.因此,我们必须要对背景进行更新来提高后期目标检测的准确性和可靠性.

通过连续图像的特点和累计像素的情况可以看出,像素值服从一维正态分布^[3],那么图像的像素点满足:

$$P(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{xy}^2}} \exp\left[-\frac{(g_{xy}-\mu_{xy})^2}{2\sigma_{xy}^2}\right], \quad (5)$$

式中 g_{xy} 表示像素点 (x, y) 的灰度值; μ_{xy} 表示像素点 (x, y) 的像素均值; σ_{xy} 表示像素点 (x, y) 的像素标准差.

连续图像的背景值符合高斯分布,那么就可以采用递归思想来对背景进行更新.这里分别给出像素偏差 D_k ; 像素高斯偏差 ζ_k ; 卡尔曼增益 Kg_k 和最优偏差 ε_k 的定义:

$$D_k = G_{\max}(n) - G_{\text{sub}}(n), \quad (6)$$

$$\zeta_k = \sqrt{D_{k-1}^2 + \varepsilon_{k-1}^2}, \quad (7)$$

$$Kg_k = \frac{\zeta_k^2}{\zeta_k^2 + D_k^2}, \quad (8)$$

$$\varepsilon_{k+1} = \sqrt{(1 - Kg_k) \cdot \zeta_k^2}. \quad (9)$$

公式(6)~(9)中 $G_{\max}(n)$ 为第 n 个区间内出现次数最多的像素值; $G_{\text{sub}}(n)$ 为该区间内出现次数第二多的像素值; ζ_k 为 k 时刻的像素高斯偏差; Kg_k 为 k 时刻的卡尔曼增益; ε_k 为 k 时刻的最优偏差.更新算法的实现步骤如下:

(1) 如果 $k-1$ 时刻得到某个像素点 (x, y) 的背景像素值 $B_{k-1}(x, y)$, 像素偏差为 D_{k-1} , 最优偏差为 ε_{k-1} , 则计算出 k 时刻该点的像素高斯偏差为 ζ_k .

(2) 根据背景的定义,我们预测 k 时刻该点的背景像素值 $E_k(x, y)$ 没有发生变化,即:

$$E_k(x, y) = B_{k-1}(x, y) \quad (10)$$

(3) 获得 k 时刻实际算出来的该点的背景像素值 $R_k(x, y)$, 像素偏差 D_k ;

(4) 计算出 k 时刻的卡尔曼增益 Kg_k ;

(5) 计算出最优背景像素值 $B_k(x, y)$ 并作为 k 时刻的背景像素值:

$$B_k(x, y) = \lfloor E_k(x, y) + Kg_k \times [R_k(x, y) - E_k(x, y)] \rfloor, \quad (11)$$

注: $\lfloor \cdot \rfloor$ 表示向下取整;

(6) 计算出这时的最优偏差 ε_k .

对背景上的每个像素点进行上面的步骤更新,就能得到准确的背景,同时还能降低由于降低背景变化产生的噪声干扰,提高背景更新的实时性.

3 实验结果及分析

为保证算法的普适性,本文的实验数据分为两部分.第一部分数据来源于国外网站,帧数为180帧,分辨率为 320×240 ;第二部分数据来源于实拍视频,地点为南京市交通管理所附近的路面,帧数为300帧,分辨率为 200×160 .实验的编程语言为 Visual C++6.0,实现于 Sempron SI40 2.0 GHz CPU 的计算机.

3.1 第一部分的实验结果

图1是第一个实验所用的原始视频序列图像,初始帧就已经包含了运动目标,而且目标在运动到视场中间时有较长时间的停留,之后背景开始发生改变.图2为均值算法得到的结果,因为运动目标的速度比较小,所以背景更新得相当缓慢,产生拖尾现象,无法达到实时性和准确性的要求.图3为高斯混合模型法得到的结果,背景几乎没有噪声,但到后期背景发生突变的时候,背景不能及时有效地进行更新,实时性差.图3和图4为本文算法获取到的结果,不同点在于背景更新的频率.当频率为20帧时,由于目标在中间的停留,给背景引入了大量的噪声;当频率为40帧时,可以大大降低目标的干扰,同时还能满足实时性的要求.



图 1 原始序列图像

Fig.1 The original sequence images

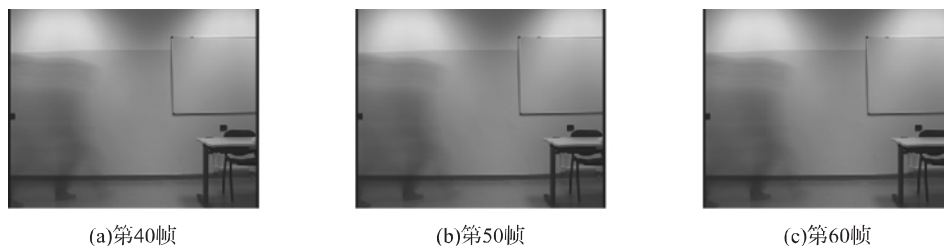


图 2 均值算法的结果

Fig.2 The result of mean algorithm



图 3 高斯混合模型法的结果

Fig.3 The result of mixture Gaussian model

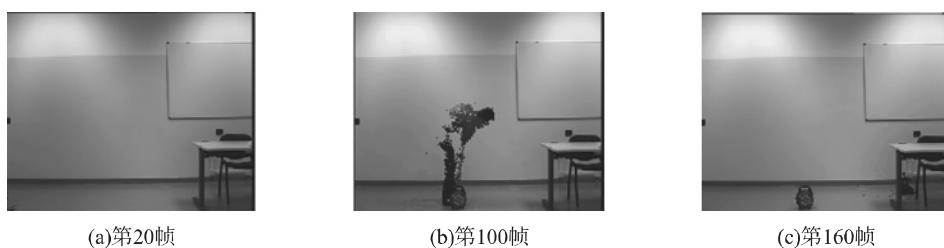


图 4 本文算法的结果(每 20 帧更新一次)

Fig.4 The result of this algorithm(update per 20 frames)



图 5 本文算法的结果(每 40 帧更新一次)

Fig.5 The result of this algorithm(update per 40 frames)

3.2 第二部分结果

图 6 为实拍视频的原始序列图像,运动目标没有长时间的停顿,但因为是户外场景,光线变化的比较

明显.图7为均值算法得到的结果,同样出现了拖尾现象,准确度差.图8为混合高斯模型法得到的结果,可以看出,更新背景的准确度和实时性都很好,但运算比较复杂,降低了视频原来的帧速.图9为本文得到的结果,在保持视频的帧速的基础上,提高了背景更新的准确度.



图6 原始序列图像

Fig. 6 The original sequence images



图7 均值算法的结果

Fig. 7 The result of mean algorithm



图8 高斯混合模型法的结果

Fig. 8 The result of mixture Gaussian model



图9 本文算法的结果(每20帧更新一次)

Fig. 9 The result of this algorithm (update per 20 frames)

从实验结果看出 n 的大小和背景提取的实时性成反比,但和背景提取的质量成正比. n 的取值越小,背景的实时性越高,但不适用于包含运动较慢目标的视频,这样会引入较大的噪声;相反 n 的取值越大,背景的实时性越低,但能够降低运动目标较慢造成的背景噪声干扰的影响.

4 结论

均值算法计算量小,在目标运动速度较大时比较理想,但当目标速度较慢时,提取的背景将出现模糊和拖尾现象,准确度差、实时性低.混合高斯模型法准确度相当高,但运算复杂,同时对背景的突变进行实时的更新非常缓慢,大大降低了实时性.针对这些问题,本文提出了概率分布和统计直方图的方法来获取

背景,去除一些环境变化等造成的噪声;再结合区域的高斯分布和递归思想,对背景进行比较准确的更新,克服了统计直方图法运行时间过长和浪费内存等缺点.最后通过不同场景的实验验证了本文算法的优越性.如何解决视频分辨率过大会增加内存的负担以及如何根据目标运动的速度选取最佳的更新频率 n 将是以后研究的重点.

[参考文献](References)

- [1] 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. Moving object detection based on mixture Gaussian and mean filter method[J]. Journal of WUT: Information and Management Engineering Edition, 2010, 32(5): 691-693. (in Chinese)
- [2] 李晓飞,梅中辉.一种基于直方图统计与多帧平均混合的背景提取算法[J].南京邮电大学学报:自然科学版,2008,28(6):74-77.
Li Xiaofei, Mei Zhonghui. An algorithm of background extraction based on statistics of histogram combining with multi-frame average[J]. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition, 2008, 28(6): 74-77. (in Chinese)
- [3] 娄路.基于概率算法自适应更新背景的运动车辆检测[J].计算机工程与应用,2012,48(25):243-248.
Lou Lu. Adaptive real-time vehicle detection based on Bayesian rule background model[J]. Computer Engineering and Application, 2012, 48(25): 243-248. (in Chinese)
- [4] 刘怀,黄建新.彩色图像的矢量阈值自适应分割算法[J].南京师范大学学报:工程技术版,2006,6(2):18-22.
Liu Huai, Huang Jianxin. Adaptive vector threshold segmentation algorithm for color image[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2006, 6(2): 18-22. (in Chinese)
- [5] 魏晓慧,李良福,钱钧.基于混合高斯模型的运动目标检测方法研究[J].应用光学,2010,31(4):574-578.
Wei Xiaohui, Li Liangfu, Qian Jun. Moving object detection based on mixture Gaussian model[J]. Journal of Applied Optics, 2010, 31(4): 574-578. (in Chinese)
- [6] Wren C, Azarba Y, Darrel T, et al. Pfunder: real-time tracking of the human body[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(7): 780-785.
- [7] 严勇,黄席樾,刘爱君. Kalman滤波在运动图像背景提取及更新中的应用[J].自动化与仪器仪表,2006(2):28-30.
Yan Yong, Huang Xiyue, Liu Aijun. Application of Kalman filter in update of moving background images[J]. Automation and Instrumentation, 2006(2): 28-30. (in Chinese)

[责任编辑:刘健]