

# 基于参数自适应的运动目标检测算法研究

钱博颖, 王 栋

(喀什大学 计算机科学与技术学院, 新疆 喀什 844008)

**摘 要:**为处理监控场景内光照变化、非平稳波动、噪声较大和调整参数困难的问题,利用高斯滤波器降低监控视频的噪声,并采用 YCbCr 颜色模型降低光照变化的影响;最后针对调整参数问题,提出一种参数自适应的方法.实验结果表明,基于参数自适应的运动目标检测算法取得了较好的检测效果,具有较高的准确率和召回率.基于参数自适应的运动目标检测算法不仅可以避免调整参数问题,还可以在在一定程度上提升准确率和召回率.

**关键词:**参数自适应;背景模型;运动目标检测;背景减除;视频预处理

**中图分类号:**TP391.41 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-2134(2018)03-0071-07

## 0 引 言

目前视频监控方式大多仍以人工监控为主,这带来很多问题,如监控人员疲劳、漏报情况多、录像检索困难和存在大量垃圾数据等,这使得视频监控系统的实时性受到了严重的影响.<sup>[1]</sup>智能视频监控技术跨计算机视觉、人工智能和数据挖掘等研究领域,能够对监控视频数据自动进行处理、分析和理解,无需人为干预.采用智能视频监控技术对视频图像进行智能处理,可对监控区域内的各类人员进行自动定位、跟踪和行为识别等,从而解决人工监控方式相对费时、费力和效果偏差等问题.因此,采用智能视频监控技术自动监视感兴趣区域符合智能化的潮流,也符合社会发展的需要.运动目标检测算法作为智能监控技术的底层算法,其性能直接影响着中层的目标追踪和顶层的行为分析.<sup>[2]</sup>

国内外学者在运动目标检测方面做了大量的研究.针对混合高斯学习模型时间复杂度较高、难以在实时系统中应用的问题,邓利平<sup>[3]</sup>

等提出了一种改进的背景建模算法.该算法利用帧差法选取变化区域,并对该区域的每个像素构建混合高斯模型.通过结合增量学习方法,背景建模算法具有自动调整参数的优势,因此该方法计算效率高,收敛速度快,背景构建准确.刘舒<sup>[4]</sup>通过采用动态更新率调节的方式,改善了 SOBS 模型中神经元的收敛速度.Tu J<sup>[5]</sup>等提出了一个融合规则,提取帧间差分图像中每个目标区域的距离、运动方向、速度等特征,并计算分类区域间的相似性,从而对不同区域进行融合.该方法时间复杂度较高,且对样本数量有一定的要求.针对帧间差分图像中存在的空洞、碎片区域互不相连和计算机难以高效地融合多个碎片区域的问题,陈佳<sup>[6]</sup>等结合帧差法和图像分割技术,提出一种运动目标检测算法.该算法首先对视频帧做差分 and 图像分割操作;根据制定的融合规则,将帧差法和图像分割得到的区域块相互补充;最后通过多次合并区域块,提取运动目标的精确位置和轮廓.在实际的非理想光照环境中,目标运动速度过快或过慢都会影响到目标提取,

收稿日期:2018-05-08

**作者简介:**钱博颖(1987-),女,硕士,助教,主要研究方向为计算机视觉;(通讯作者)王栋(1990-),男,硕士,助教,主要研究方向为计算机视觉和模式识别.

为此夏琳琳等<sup>[7]</sup>在传统三帧差法的基础上融合 Markowitz 投资组合模型,克服了由传统三帧差分法自身及环境目标带来的可能增大运动区域的影响,避免了差分图像中存在空洞的情况.Seo J W 和 Kim S D<sup>[8]</sup>利用子空间基向量来构建背景基矩阵,并通过子空间投影来进行背景重构.该方法具有较强的运动目标检测能力且对变化的背景具有一定的鲁棒性.通过光流检测出图像中的多个运动目标,经过这些年学者们不断的改进,光流法在可靠性和运行速度上都取得了很大的进步<sup>[9,10]</sup>.张应辉和刘养硕<sup>[11]</sup>还将自适应背景减除法与三帧差分法相结合,能够快速有效地从背景中检测出运动目标,且对光照发生突变的状况,该方法也具有很强的适应性.

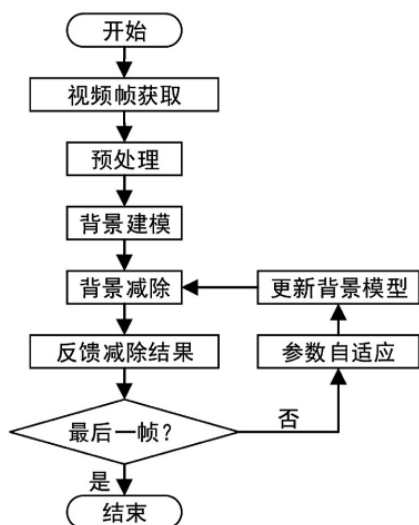


图 1 运动目标检测流程图

Fig.1 The flow chart of background subtraction

以上算法在一定的应用场景下取得了丰硕的成果.但这些方法对光照变化、噪声和非平稳波动较为敏感.此外,这些算法中大多采用一定数量的参数,且需要精心调制出一组特定的参数从而获得最优的性能.但是寻找最优参数并不是件容易的事.由于场景、处理数据的不同,调整参数需要对算法有很深的理解.尤其是在复杂的应用系统中,对最优参数的调整很可能会耗费大量的人力.

本文研究自动减除背景.首先对视频帧进行预处理,然后计算当前视频图像中每个像素与其背景模型的距离,并通过阈值法将当前帧与背景模型相似的像素点减除,最后根据减除

结果对背景模型进行更新.该方法的流程图如图 1 所示.从图 1 中可看出,背景差分法基本上由四个关键环节组成,它们依次是预处理、背景建模、背景减除和参数自适应.针对参数的调整,本文提出了一种参数自适应方法.该方法首先滤除噪声,然后去除背景区域,最后利用反馈机制自动调整模型的参数.本文中介绍几种相关理论和方法,即视频数据获取及预处理、背景模型、背景减除和参数自适应.

## 1 视频预处理

摄像头采集到的视频帧的分辨率为 1920×1080. 视频帧包含噪声显著影响背景减除的准确率. 高斯滤波器都可在一定程度上降低噪声,颜色空间转换降低光照的影响.同时为降低光照和天气变化等因素的影响,本研究采用 YCbCr 颜色模型.

### 1.1 高斯滤波器

数值图像处理中,最常见的滤波器是高斯滤波器.高斯滤波器可以通过傅里叶变换或滑动窗口实现.傅里叶变换将图像从时域转换到频域,频域中的乘法操作相当于时域中的卷积操作,从而实现高斯滤波.滑动窗口方式则是根据高斯函数构建模板.高斯滤波器可以表示为如下等式:

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

其中,  $\sigma^2$  表示高斯函数的方差. 可以通过调整  $\sigma^2$  来控制高斯滤波器的平滑程度.方差越大则滤波后的图像越平滑, 噪音被抑制的效果越好,边缘损失越严重.

在处理离散图像数据时,利用高斯滤波器以滑动窗口的方式在图像上卷积.高斯滤波器的尺寸一般是奇数. 有两种常用的高斯滤波器,如图 2 所示.

$$\frac{1}{16} \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{273} \times \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 7 & 26 & 41 & 26 & 7 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

图 2 两种常用的高斯滤波器

Fig.2 Two common Gaussian filters

### 1.2 YCbCr 颜色模型

摄像头采集的视频图像是基于颜色模型

的. 该颜色模型基于笛卡尔坐标系, 由红(Red)、绿(Green)和蓝(Blue)三个维度组成. 然而智能监控系统不仅要布置于室内, 还要布置于室外. 在室外场景中, 受太阳光、天空亮度、天气等因素影响, 光照条件并不稳定. 而 RGB 颜色空间模型对亮度变化较敏感<sup>[12]</sup>, 因此需选择不受光照影响的颜色模型. 本文选取 YCbCr 颜色空间模型, 该颜色空间模型亮度与色度分离, 比较适合处理易受光照变化影响的图像<sup>[13]</sup>. 由于 YCbCr 颜色空间中亮度通道稳定且独立, 该颜色空间适合于处理包含一定噪声的视频图像. 因此本文选择在 YCbCr 颜色空间构建背景模型. 颜色空间 RGB 与 YCbCr 的转化公式如下所示:

RGB→YCbCr:

$$Y=0.299*R+0.587*G+0.114*B$$

$$Cb=0.5-0.168736*R-0.331264*G+0.5*B$$

$$Cr=0.5+0.5*R-0.418688*G-0.081312*B$$

YCbCr→RGB: (2)

$$R=Y+1.402*(Cr-0.5)$$

$$G=Y-0.34414*(Cr-0.5)-0.71414*(Cr-0.5)$$

$$B=Y+1.772*(Cb-0.5) \quad (3)$$

## 2 背景模型

背景模型用于描述视频监控的背景. 准确地估计背景有助于运动目标的检测. 在获取背景模型的方法中, 最简单的方法是直接采用无任何运动目标的视频帧. 但由于监控场景存在环境变化(光照、非平稳波动), 不能直接应用在智能视频监控系统中.

本文研究的视频监控系统由位置固定的摄像机组成, 故该视频监控的背景相对静止. 我们采用的背景模型为每个像素点建立一个独立的非参数模型. 背景模型中包含运动目标判断阈值和背景模型更新率. 背景模型的定义如下式所示:

$$\{F, B_t, R_t, T_t\}, \quad (4)$$

其中,  $F$  表示监控视频当前帧 YCbCr 的颜色信息;  $B_t$  为时  $t$  刻所有像素点的非参数模型的集合, 该集合可表示为一个高阶矩阵;  $R_t$  为  $t$  时刻运动目标判断的阈值集合;  $T_t$  为  $t$  时刻背景模型更新率集合.

在上述的非参数模型  $B_t$  中, 我们用  $N$  个历史

值描述各像素点. 更新时我们根据更新率随机的更新  $N$  个历史值中的一个. 设  $x$  为监控视频中任意的像素, 该像素点的非参数模型可描述为式

$$B_t(x)=\{B_t^1(x), B_t^2(x), \dots, B_t^k(x), \dots, B_t^N(x)\}, \quad (5)$$

其中:  $B_t^1(x)$  表示像素  $x$  第 1 个历史采样值,  $B_t^2(x)$  表示第 2 个历史采样值. 像素  $x$  共有  $N$  个历史采样值. 监控视频中所有像素的非参数模型共同组成了矩阵  $B_t$ . 对于分辨率为  $w \times h$  的图像,  $B_t$  为一个  $w \times h \times N$  的高维矩阵.

对于像素点  $x$  的采样值, 本文融合颜色特征 YCbCr 和时空相邻相似度特征 LBSP. 非参数模型的采样值如式

$$B_t(x)=\{B_t^{\text{color}}(x), B_t^{\text{lbsp}}(x)\}. \quad (6)$$

随着模型的不断更新, 背景模型与真实背景之间的差别可逐渐减小.

## 3 背景减除

背景减除是运动目标检测过程中的一个关键步骤. 在背景减除过程中, 需要将监控视频中各像素分为背景或运动目标. 背景减除的基本思想是首先将当前视频帧  $F$  与非参数模型集合  $B_t$  做差, 然后根据阈值集合  $B_t$  决定该像素的类别. 将运动目标表示为 1, 背景表示为 0, 即可生成运动目标的二值图像.

提取当前分割的视频帧  $F$  的特征  $I_t$ , 像素  $x$  的特征可表示为  $I_t(x)$ . 像素  $x$  的背景模型  $\{B_t^k(x) | k \in [1, N], k \in Z\}$  中与  $I_t(x)$  的距离度量小于其对应的阈值  $R_t(x)$  的样本个数至少为  $\#_{\min}$  时, 我们才将  $x$  判断为背景. 因此, 运动目标背景划分的决策函数定义为下式:

$$S(x)=\begin{cases} 1 & \#\{dist_{L_t}(I_{\text{color}}(x), B_{\text{color}}^k(x)) < R_{\text{color}} \wedge \\ dist_{\text{hamming}}(I_{\text{lbsp}}(x), B_{\text{lbsp}}^k(x)) < R_{\text{lbsp}}\} < \#_{\min}, \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (7)$$

$$R_{\text{color}}=R(x) \cdot R_{\text{color}}^0,$$

$$R_{\text{lbsp}}=2^{R(x)}+R_{\text{lbsp}}^0,$$

其中,  $S(x)$  表示当前视频图像的分割结果.  $S(x)=1$  表示判断结果为运动目标,  $S(x)=0$  表示背景. 不同于最常采用的欧几里德距离, 本

文采用曼哈顿距离又称为城市街区距离、棋盘距离或  $L_1$  距离;  $dist_{L_1}$  表示计算视频像素与背景像素颜色特征距离. 曼哈顿距离对噪声具有一定的鲁棒性,  $dist_{ham \ min \ g}$  表示计算视频像素与背景像素特征距离. 对于视频帧中每个像素, 只有在每个距离和哈顿距离都小于其对应的阈值时, 才会将该像素判断为背景.

#### 4 参数自适应

在不存在光照变化、摄像机抖动等因素影响时, 通过背景减除法可准确地将运动目标检测出来. 然而现实场景中受到环境因素影响, 背景模型会偏离场景的真实背景, 背景可能会被检测为运动目标. 那么算法检测的结果就会偏离真实标签, 甚至会出现很































多假阳性像素.

因此获取背景减除过程中参数的更新对于整个背景减除法过程非常重要. 本文正是基于此才提出了背景模型的自适应调节. 下面将描述如何自动调节阈值  $R(x)$  和背景更新率  $p$ , 从而适应环境. 调整  $R(x)$  的等式如下式所示:

$$R(x) = \begin{cases} R(x) + R_{var} \cdot (v(x) - V_{dec}) & \text{if } R(x) < (1 + D_{min}(x) \cdot 2)^2, \\ R(x) - R_{var} \cdot \frac{1}{v(x)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

其中,  $v(x)$  是一个非负参数, 主要是为适应稳定的像素和不稳定的像素. 对于不稳定的像素, 阈值  $R(x)$  需要快速增长, 且缓慢下降, 这时的变量  $v(x) > 1$ ; 反之亦然.  $R_{var}$  用于缩放动态距离阈值调整的参数,  $V_{dec}$  是用于调整  $v(x)$  的

表 1 背景减除结果  
Table.1 Results of background subtraction

视频帧号	31	211	361	631	961	1291
Adaptive Background Learning						
Fuzzy Choquet Integral						
Mixture Of Gaussian						
LOBSTER						
本文算法						



变化步长的参数.这两个参数可根据不同的应用场景调节.

$D_{\min}$  用于描述当前视频帧与背景模型之间的差异. $D_{\min}$  越大表示当前视频图像相对于背景偏离越明显,这时就需要一个较大的阈值;反之亦然.可根据下式更新  $D_{\min}$ .

$$D_{\min}(x)=D_{\min}(x) \cdot (1-\alpha)+d_i(x) \cdot \alpha. \tag{9}$$

在等式(9)中  $\alpha$  表示学习率.背景模型的每个像素都用  $N$  个样本描述.样本更新概率服从等概分布,其离散概率  $p=1/T(x)$ ,  $T(x)$  的计算如下式所示:































$$T(x) \begin{cases} T(x)+\frac{T_{inc}}{v(x) \cdot D_{\min}(x)}, \text{ if } S_t(x)=1; \\ T(x)-\frac{T_{dec} \cdot v(x)}{D_{\min}(x)}, \text{ if } S_t(x)=0. \end{cases} \tag{10}$$

5 实验结果及分析

本文以喀什大学校园监控视频为研究对象,通过实验对比 Adaptive Background Learning<sup>[14]</sup>、Fuzzy Choquet Integral<sup>[15]</sup>、Mixture Of Gaussian<sup>[16]</sup>、LOBSTER<sup>[17]</sup>和本文算法.监控摄像头安装于喀什大学综合楼,监控场景为综合楼前国旗升旗广场.视频采集的时间为 2018 年 7 月 17 日.视频的格式为 MP4,每秒钟有 30 帧,分辨率为.实验结果如表 1 所示.

Adaptive Background Learning Fuzzy 和 Choquet Integral 算法受环境影响较大,误差较高,难以将非平稳波动部分正确分割.如对于 361 帧, Fuzzy Choquet Integral 算法难以将树木背景区域正确分割.由于树叶摇动,该算法勿将树木背景区域分割为前景.

表 2 背景模型  
Table.2 background model

视频帧号	31	211	361	631	961	1291
Adaptive Background Learning						
Fuzzy Choquet Integral						
Mixture Of Gaussian						
LOBSTER						
本文算法						

对于背景模型,本文算法对于错误判别区域的更新也是最快的.在表 2 中本文算法在 361 帧之前完成背景中错误区域的更新,是以

上算法中最快的.Adaptive Background Learning 算法的背景模型中,始终包含前景区域,这对于该算法分割前景区域造成一定的影响.

表 3 各算法的准确率和召回率

Table.3 The accuracy and recall for each algorithm

评价指标	Adaptive Background Learning	Fuzzy Choquet Integral	Mixture Of Gaussian	LOBSTER	本文算法
准确率	0.895	0.837	0.938	0.943	0.956
召回率	0.892	0.903	0.827	0.926	0.941

为了客观评价分割结果,本章使用准确率和召回率<sup>[18]</sup>两个指标,对所提出的背景减除法的进行客观评价.实验中对 Adaptive Background Learning、Fuzzy Choquet Integral、Mixture Of Gaussian、LOBSTER 和本文算法的准确率和召回率.结果如表 3 所示,本文算法取得最高的准确率和召回率.

## 6 结 论

本文提出一种基于参数自适应的运动目标检测算法.在该算法中首先对监控视频数据进行预处理,研究利用高斯滤波器降低噪声,并采用 YCbCr 颜色模型降低环境光照的影响;然后构建非参数背景模型,并根据背景模型和当前帧的差别将背景减除;最后针对手动调整参数耗时费力的问题.本文提出的参数自适应的方法经验证表明,该方法具有较高的准确率和召回率,为后续目标跟踪、行为识别等研究奠定了坚实的基础,具有较高的研究价值.

### 参考文献:

- [1] 李彤.智能视频监控下的多目标跟踪技术研究[D].合肥:中国科学技术大学,2013.
- [2] 汪东旭.面向实时智能监控的背景建模算法研究与系统设计[D].杭州:浙江大学,2016.
- [3] 邓利平,李明东,邹海洋.一种改进的混合高斯学习自适应背景建模算法[J].西华师范大学学报(自然科学版),2016,37(3):349-353.
- [4] 刘舒.基于自适应背景减除方法的运动目标检测[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.
- [5] Tu J, Del Amo A, Xu Y, Guan L. A fuzzy bounding box merging technique for moving object detection[C]//Fuzzy Information Processing Society, 2012: 1-6.
- [6] 陈佳,朱长仁,钱智明.一种基于帧差分法与快速图

分割相结合的运动目标检测方法[J].现代电子技术,2016,39(3):13-17.

- [7] 夏琳琳,潘旭影,杨雪东,初妍.Markowitz 投资组合模型改进的三帧差分法运动目标检测[J].中国惯性技术学报,2014,(2).
- [8] Seo J W, Kim S D. Recursive On-Line and Its Application to Long-Term Background Subtraction [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2014, 16(8): 2333-2344.
- [9] 刘洁.基于光流法的运动目标检测和跟踪算法研究[D].徐州:中国矿业大学,2015.
- [10] 王勇.运动背景下的目标检测算法研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2010.
- [11] 张应辉,刘养硕.基于帧差法和背景差法的运动目标检测[J].计算机技术与发展,2017,27(2): 25-28.
- [12] 孟庆宽,何洁,仇瑞承,马晓丹,司永胜,张漫,刘刚.基于机器视觉的自然环境下作物行识别与导航线提取[J].光学学报,2014,34(7):180-186.
- [13] 陈晓倩,唐晶磊,王栋.基于 SLIC 方法的光照增强农田图像分割研究[J].计算机工程与应用,2018,54(2):177-181.
- [14] KaewTraKulPong P, Bowden R. Video-Based Surveillance Systems[M]. Boston: Springer, 2002.
- [15] El Baf F, Bouwmans T, Vachon B. Fuzzy integral for moving object detection [C]//IEEE World Congress on Computational Intelligence, 2008: 1729-1736.
- [16] Bouwmans T, El Baf F, Vachon B. Background modeling using mixture of gaussians for foreground detection - a survey [J]. Recent Patents on Computer Science, 2008, 1(3): 219-237.
- [17] St-Charles P L, Bilodeau G A. Improving background subtraction using local binary similarity patterns [C]//Applications of Computer Vision (WACV), 2014: 509-515.
- [18] 王栋,唐晶磊.一种改进的 One-Cut 交互式图像分割算法[J].计算机工程与科学,2018,(6).

## Research on Moving Object Detection Algorithm Based on Self-adaptive Parameters

QIAN Bo-ying, WANG Dong

(School of Computer Science and Technology, Kashi University, Kashi 844008, Xinjiang, China)

**Abstract:** In order to deal with the problems of illumination changes, non-stationary fluctuations, large noise and difficult adjustment parameters in the monitoring scene. In this paper, the Gaussian filter is used to reduce the noise of the surveillance video. The color model is used to reduce the influence of illumination variation. Finally, a parameter adaptive method is proposed for the adjustment of parameters. The experimental results show that the proposed algorithm based on parameter adaptive motion detection algorithm has achieved good detection results and has high accuracy and recall rate. The moving object detection algorithm based on parameter adaptation can not only avoid the adjustment parameter problem, but also improve the accuracy and recall rate to some extent.

**Key words:** Self-adaptive parameters; Background model; Moving object detection; Background subtraction; Video preprocessing

(上接第 65 页)

- [10] 夏兵,俞建军.Java 虚拟机的研究与实现[J].计算机与信息技术,2006,(9):56-58.
- [11] 茹祥民,吴萍,陈意云.Java 虚拟机上的类型重建[J].计算机工程与应用,2005,(31):96-99.
- [12] 舒国强,潘爱民.Java 语言多重分派机制的研究[J].计算机工程与应用,2002,(22):100-103.
- [13] 温秀梅,丁学钧.Visual C++面向对象程序设计教

程与实验[M].北京:高等教育出版社,2013.

- [14] 袁绍欣,安毅生,赵祥模等.Java 面向对象程序设计[M].北京:清华大学出版社,2012.
- [15] 刘宝林,胡博,谢锋波.Java 程序设计[M].北京:高等教育出版社,2011.

## Research of Java Initialization Based on the Analysis of the Constant Pool and Decompiling

YUAN Ling, WANG Wen-long

(College of Computer Science and Technology, Kashi University, Kashi 844008, Xinjiang, China)

**Abstract:** Through analysis of the constant pool and decompiling, The process of class initialization and object initialization by JVM are analyzed, The conclusions of Java initialization are arrived. In order to a deeper understanding of Java initialization, The foundation and programming level can be improved.

**Key words:** Constant pool; Decompiling; Initialization; Construction method; <clinit>; <init>;