

文章编号:1007-2780(2010)03-0454-06

基于高斯背景建模的目标检测技术

康晓晶, 吴 谨

(武汉科技大学 信息科学与工程学院, 湖北 武汉 430081, E-mail: kangxjwx@163.com)

摘 要: 研究了室内环境下的运动目标的检测技术。讨论了各种目标检测的算法, 提出基于室内相对静止背景下的目标检测算法, 利用高斯背景建模方法提取较为理想与“干净”的背景帧, 并可进行背景的自适应更新, 然后再利用所得的背景与当前视频帧进行相减, 得到视频中运动目标的前景图像, 经过平滑去噪处理得到较为理想的目标检测效果。

关 键 词: 目标检测; 背景相减; 高斯背景建模

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

Object Detecting Technology Based on Gauss Background Modeling

KANG Xiao-jing, WU Jin

(School of Information Science and Engineering, Wuhan University of Science and Technology
Wuhan 430081, China, E-mail: kangxjwx@163.com)

Abstract: The moving target detecting technology based on the in-door background was studied in this paper. Various kinds of object detecting algorithms were discussed, and the object detecting algorithm based on relatively immobile in-door background was put forward. The Gauss background modeling was used to distill perfect background frame which could be adaptive updated. Then the subtraction between the background frame and current frame was made to get the foreground of moving target in the video. Finally, the ideal target detecting result could be obtained after the noise was smoothed and eliminated.

Key words: detecting technology; background subtraction; Gauss background modeling

1 引 言

运动目标检测是应用视觉研究领域中的一个重要课题, 是各种后续高级处理, 如目标分类、行为理解等的基础, 是视觉监控技术及自动化和实时监控应用的关键, 也是智能监控的关键技术之一。运动目标的有效检测对于后续的各种处理至关重要, 正确地视频流中提取出运动目标是许多智能视觉监控系统的基础部分。在室内安全监控系统的应用中, 应用运动目标检测技术, 可以对危及室内安全的异常状况向监控中心报警, 并

保存异常出现的现场视频。

对于运动目标检测的方法而言, 并不存在适合于任何场景下的检测方法, 也就是说, 所使用的目标检测算法要根据不同的场景和不同的环境特点来选取。对于不同的应用场景, 应根据其特点找出相对应的检测算法并进行必要的改进和综合。根据现有的监控系统可以将检测算法按两类方式划分^[1], 其一是按照被监视场景是室内还是室外进行分类, 算法可分为室内监视算法与室外监视算法; 其二是根据摄像头与背景之间是否有相对运动划分, 将视频监控算法分为静止背景和

运动背景的目标检测和提取两部分。

本文主要针对银行、博物馆等场所的监视系统进行研究。研究的目标检测方法主要是针对于室内监控应用, 此类应用的特点是: 背景相对静止, 不会像户外背景环境有较多的干扰因素, 背景变化(如光线等引起)较为缓慢, 摄像头相对固定。由于摄像头是固定安装的, 所以按照分类为室内、静态背景下的运动目标检测。

在室内安全监控中, 要实现对运动目标的精确检测, 其算法需要满足以下要求:

- (1) 能适应环境中光线的变化, 如窗外投射进来的日光光照变化和室内的开关灯变化;
- (2) 能排除场景中一些背景像素的轻微扰动, 如窗帘的飘动、显示器屏幕的闪烁等;
- (3) 能适应场景中物体的变化, 如物体的移入移出。

在视频监控系统中, 最基本的要求是检测出图像内部的人或物有无运动发生, 更高的要求是检测出运动物体的位置和方向, 如果存在满足特定的位置和方向条件的运动物体, 就提供报警。运动物体检测的报警需要通过视频监控得到图像序列, 然后获得场景中物体是否运动或者其运动方向的信息。实际上图像序列的亮度分量已经包含了物体运动的绝大部分信息, 因此运动检测采用的图像数据是灰度图像序列。

2 目标检测方法

当前, 目标检测较为常见的方法主要有以下几种:

- (1) 块匹配法^[2]
块匹配算法是通过对图像序列中的相邻两帧图像间的子块的匹配来进行运动估值。块匹配算法中, 图像被分割为子块, 子块中的所有像素的运动矢量被认为是相同的, 由于复杂的运动可以被近似地分解为一组平移运动之和, 所以块匹配算法采用的运动模型是假定图像中的运动物体由做平移运动的刚体组成, 并且有一个附加条件, 就是假设图像场景中没有大的遮挡物。这样, 采用块匹配算法就比较简单快速, 同时也保证了较高的精度。
- (2) 光流法^[2]

光流是空间运动物体对观测面上的像素点运动产生的瞬时速度场, 包含了物体表面结构和动态行为的重要信息。一般情况下, 光流由相机运

动、场景中目标运动, 或两者的运动产生。当场景中有独立的运动目标时, 通过光流分析可以确定运动目标的数目、运动速度、目标距离和目标的表面结构。

- (3) 帧间差分法
帧间差分法是利用图像序列相邻两帧直接相减进行目标检测的方法, 检测出的只是较小时时间间隔内的图像变化部分。此方法的优点是算法简单, 运算量小, 但同时必须根据目标的运算速度选择合适的差分时间间隔来检测, 而如果选择得不合适, 会造成误差。
- (4) 背景差分法

背景差分即背景相减, 即用当前帧图像和背景图像相减来产生差图像。直接相减所得的差图像中既有正值的像素点, 也可能出现负值的像素点, 然后对其进行取绝对值操作。在获得差图像之后要用阈值来将图像二值化, 从而得到二值化图像。它可以比较准确地提取运动目标, 但是这种方法对于场景的变化非常敏感。由于本文主要是在室内, 即场景中不会出现较大的变化和干扰, 因此主要还是基于此方法展开分析研究。

2.1 初始背景帧的获取

在背景相减法中背景帧的获取是至关重要的, 背景帧准确和清晰与否会直接影响对物体跟踪监测的准确性。本文研究的运动检测方法主要是针对室内的监控应用, 背景相对静止, 光照等引起的背景变化比较缓和且摄像头固定。如果没有背景模型, 背景的变化则会导致运动检测发生较大错误。因此, 运动检测过程中, 背景模型起着重要的作用, 这就有必要建立合适的背景模型。

背景的获取有很多方法, 但总体上说, 当前许多研究都是基于中值法与均值法这两种基本方法:

- (1) 中值法, 它是把任意像素点的背景值用一系列视频图像中对应像素点颜色的中值来确定。用公式表达为:
$$B(x, y) = \text{Median}(I_n(i, j)) \quad (0 < n < N - 1)$$
(1)
- (2) 均值法是取一段序列图像对应像素点的平均值来代表背景图像, 用公式可以表示为:

$$B(x, y) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} I_n(i, j)}{N}$$
(2)

其中 $B(x, y)$ 为初始背景图像中像素点的灰度值, $I(x, y)$ 表示图像序列中对应图像像素点的灰度值。

但是由于以上两种方法都需要大量样本才能获取较好的初始背景帧,即 N 取值越大生成的效果越好,因此需要得到准确的背景,需要使 N 足够大才行。

对于一个固定的场景,尤其是在室内,光照变化较为缓慢,背景固定,场景中各个像素的亮度或灰度值是符合一个随机概率分布的。本文根据所研究的场景环境的特点,使用高斯背景建模的方法来获取初始背景帧,即假设像素值服从某种分布模型。高斯分布,是以某一均值为基线,在其附近做不超过一定偏差的随机振荡,这种情况下的场景称之为背景。可以对场景中每个像素点建立高斯模型,对新来的帧进行高斯模型的拟合来提取背景图像。对每一个像素利用高斯模板建模,每一像素点都认为服从均值 μ 和标准方差 σ 的分布,且每一点的高斯分布是独立的。将背景中的每个像素按照高斯分布模型建模,通过一段时间的训练获得其参

数并不断更新其分布参数,据此更新背景图像来获取初始背景帧^[3]。

高斯模型认为,对于一个背景图像,其特定像素亮度的分布满足高斯分布,即背景图像 $B(x, y)$ 点的亮度满足:

$$I_B(x, y) \sim N(\mu, \sigma)$$

(3)

其中背景模型的每个像素属性包括 2 个参数:平均值 μ 和方差 σ 。

背景模型的建立算法主要分为以下几个步骤:

(1)初始化背景模型

用第一帧的该像素点的灰度值作为均值 μ , 将标准方差设为 0。

(2)背景模型的更新

实际的背景模板,是通过学习每一个新帧并进行更新得到的。设 $\mu_N(x, y)$ 和 $\sigma_N(x, y)$ 是第 N 帧后背景模型的均值和标准差, $I_{N+1}(x, y)$ 是新的视频帧在 (x, y) 点的灰度值。对于一幅给定的图像,用如下公式进行判断:

$$\text{Image} = \begin{cases} \text{background} & \text{Exp}(-(I(x, y) - \mu(x, y))^2 / (2 \times \sigma^2)) > T \\ \text{foreground} & \text{otherwise} \end{cases}$$

(4)

(3)像素点参数的更新

随着时间的变化,背景图像也会发生缓慢的

变化,这时要不断更新每个像素点的参数。更新的算法可以表示为:

$$\begin{cases} \mu_{N+1}(x, y) = (1 - \alpha)\mu_N(x, y) + I_{N+1}(x, y) \\ \sigma_{N+1}(x, y)^2 = \text{MAX}\{\sigma_N(x, y)^2, (1 - \alpha)\sigma^2 + \alpha[I_{N+1}(x, y) - \mu_N(x, y)]^2\} \end{cases}$$

(5)

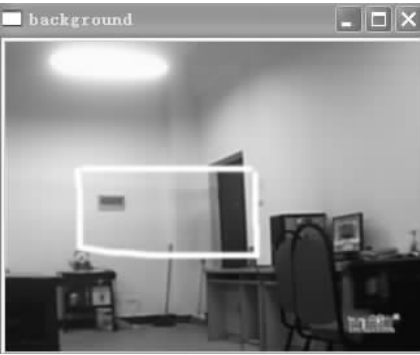


图 1 采用均值法获取的初始背景帧

Fig. 1 Background frame distilled by using theorem of the mean

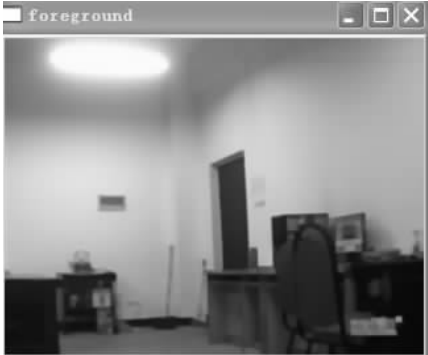


图 2 采用高斯背景建模获取的初始背景帧

Fig. 2 Background frame distilled by using Gauss background modeling

其中 α 是更新系数, $0 < \alpha < 1$ 。

这里分别采用高斯背景建模与均值法来获取初始背景帧,得到的效果如图 1、图 2 所示。

对图 1、图 2 进行比较可以发现,利用高斯背景建模获取的背景帧要比均值法的“干净”。在图 1 中的白色标记区域内,还存在些许前景中的被检测目标的“影子”,而图 2 则很干净,说明高斯背景建模方法能更好地对前景的干扰起到抑制作用。

2.2 基于高斯背景建模下的运动目标检测

本文研究的运动检测方法主要是针对室内的监控应用,这种应用具有以下特点^[4]:

- (1)背景相对简单;
- (2)摄像头固定;
- (3)光照等引起的背景变化比较缓和。

根据上述特点,为了减少计算复杂度,增强处理的实时性,并且在 2.1 中我们通过高斯建模可以得到较为理想的背景初始帧效果,因此本文选择背景差分方法来对场景中的运动物体进行检测。

背景相减法^[5]又叫背景差分法,是一种被广泛运用的用于分割应用场景中的感兴趣物体的技术,是目前运动分割中最常用的一种方法。它选取参考图像作为背景图像,采用当前图像与背景图像相减,利用当前图像与背景图像的差分来检测运动区域,即将待观察图像和不包含感兴趣物体的估计图像进行比较,二者的图像平面中存在明显差异的区域,一般就包含运动物体的位置信息。主要的思想可以描述为:将时刻像素点 (x, y) 在当前图像中的值 $I(x, y)$ 与在背景图像中的值 $I_b(x, y)$ 进行绝对差,从而得到二值图像 $B(x, y)$ 。用公式可以表示为:

$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & |I(x, y) - I_b(x, y)| < I_{th} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{6}$$

其中 I_{th} 为所设定的阈值, $B(x, y)$ 为 1 的像素点是前景点,为 0 的为背景。此种方法能够检测到完全的特征数据和理想的运动检测结果,但是现实场景的变化对于检测结果有一定影响(如监控视场的光照变化、物体永久性的移入或移出等),因此需要通过实时更新背景图像提高检测精度。这里因为使用的是高斯背景建模,所以可以很好地解决背景更新问题,然而仍然需要对所得结果进行滤波去噪预处理,下面将对图像预处理方

法^[6]做较为详细的叙述。实验证明,此方法能够较好地实现对运动目标的实时检测。

根据前面的背景建模方式,可以得到较为理想的背景帧,然后将当前帧与背景帧进行相减得到前景图像,从而对视频图像中的运动物体进行检测。通过背景模型的自动更新可以得到新的背景帧并继续进行检测。下面是对一段视频运用背景差分方法对运动目标进行检测的实验,实验结果如图 3、图 4、图 5、图 6 所示。

图 5 是采用高斯背景建模二值化后的检测结果

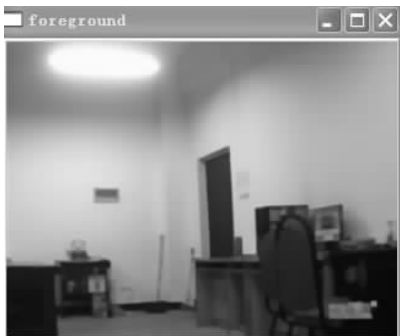


图 3 背景图像

Fig. 3 Background image



图 4 被检测目标出现

Fig. 4 Appearance of detected object

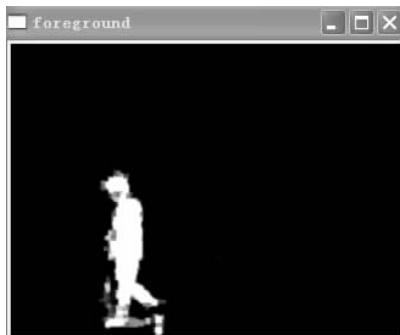


图 5 高斯背景建模背景相减检测的结果

Fig. 5 Object detection result of Gauss background modeling background subtraction



图 6 均值法背景相减检测的结果

Fig. 6 Object detection result of theorem of the mean background subtraction

果,并经过高斯滤波,使用特定的结构元素进行数字形态学处理之后而得到。图 6 是采用均值法所获得的检测结果。从两个图的对比可以看出,前者所得到的背景帧的效果更好,因此使用背景相减法能够得到运动目标较为完整的信息并且使噪声与误差最小化;后者由于背景帧中存在一定的被检测物体的“影子”,因此在背景相减中很难把握好阈值的选取,从而出现信息的部分丢失。

3 目标检测中所采用的平滑去噪技术

通过实验可以发现,仅仅通过上述算法还不能得到非常理想的结果,必须在此算法基础上对数字图像进行必要而合适的平滑去噪。此过程主要是要选择合适的滤波方式以及在数学形态学处理中选择合适的结构元素。

3.1 滤波方式的选择

图像经常会被强度随机信号,也称为噪声所污染。常见的噪声有椒盐噪声、脉冲噪声、高斯噪声等。椒盐噪声含有随机出现的黑白强度值;脉冲噪声只含有随机的白强度值(正脉冲噪声)或黑强度值(负脉冲噪声);与前两者不同,高斯噪声含有强度服从高斯或正态分布的噪声。

线性平滑滤波器去除高斯噪声的效果很好,且在大多数情况下,对其他类型的噪声也有很好的效果。线性滤波器使用连续窗函数内像素加权和来实现滤波。高斯滤波器是一类根据高斯函数的形状来选择权值的线性平滑滤波器,其用途是信号的平滑处理。数字图像在后期应用中,噪声是最大的问题,使用高斯滤波器可以得到信噪比

较高的图像。由于误差是会累计传递的,因此需要先对图像做高斯平滑滤波,剔除噪声。

其编程运算实际上就是一个模板运算,使用图像的 N 连通区域,是一种邻域运算,即输出图像中任何像素的值都是通过采用一定的算法,根据输入图像中使用像素周围一定邻域内像素的值得来的。

3.2 结构元素的选择

在使用形态学处理时,结构元素的选择是其中的关键,不同的结构元素对于同一幅图像会得到截然不同的效果。因此,需要根据所需要处理的图像特点来选择相应的结构元素。

形态学运算的目的在于提取图像的相关结构,结构元素的形状和尺寸决定了形态学处理的效果。任何形状都可以作为结构元素,但在实际应用中,只有一定数量的结构元素可用,通常结构元素的形状和尺寸必须适合于待处理目标图像的几何性质。首先,形态学变换通常是利用对称结构元素进行运算的。当结构元素非对称时,运算的结果一般会产生偏移。例如线段状结构元素,若它的原点在中点则为对称结构,若原点在端头则为非对称结构。其次,需要选择合适的结构元素形状。结构元素可以为圆盘形、长方形、多边形、线段形等。圆盘形结构元素是各向同性的,因

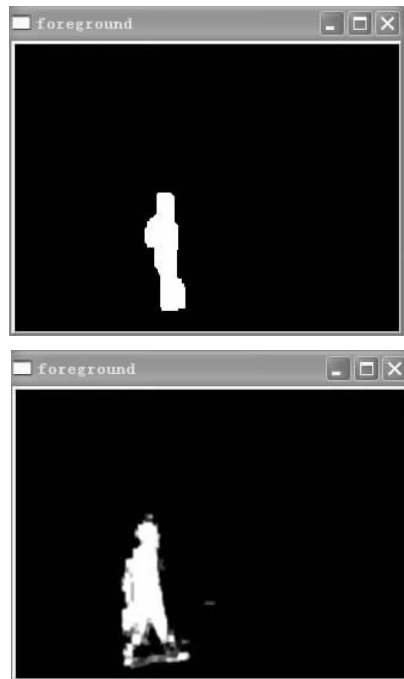


图 7 不同滤波方式与结构元素所得到的图像处理效果
Fig. 7 Effect of different filtering methods and structural elements on image processing results

此可以得到与方向无关的运算结果,长方形、多边形可以看作是圆盘形的变异。线段形结构元素可以用来去除或提取较长的图像结构。不同形状的结构元素运算结果会有差异,应针对待处理图像的几何形状进行选择。当确定了结构元素的形状后,结构元素的尺寸是至关重要的。当结构元素尺寸太小时,闭运算不能实现裂口较大的断裂边缘连接,作开运算时不能实现较大凸起与粘连的去除;当结构元素尺寸太大时,闭运算时目标之间会互相干扰,造成过度粘连,开运算时会造成假断裂。

利用数字形态学对所得检测结果进行平滑去噪处理,滤波方式与结构元素不同,所得到效果也不同(见图 7)。因此在试验中要通过分析与计算来确定最终的选择方式。

4 结 论

提出了基于室内相对静止背景下的目标检测算法。根据视频监控的实际场景条件,选择相对应的高斯背景建模和背景相减法来检测运动目标,将实验效果与常用的均值和中值方法进行了对比,证明了所提出方法的优越性和有效性。

参 考 文 献:

[1] 张阳,陈小惠. 基于 K-粒子滤波和边缘检测的图像目标跟踪研究 [J]. 光学与光电技术,2007,5(5):85-90.
[2] 贾云得. 计算机视觉 [M]. 北京:科学出版社,2000.
[3] 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.
[4] 杨超,刘建伟,曹泉,等. 基于高斯背景模型的视频车辆跟踪方法 [J]. 微计算机信息,2009,25(5-3):271-272.
[5] 周兵. 运动目标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.
[6] 杨帆. 数字图像处理与分析 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.

《发 光 学 报》

——中文核心期刊(物理学类;无线电电子学、电信技术类)

《发光学报》是中国物理学会发光分会与中国科学院长春光学精密机械与物理研究所共同主办的中国物理学会发光分会的学术会刊。该刊是以发光学、凝聚态物质中的激发过程为专业方向的综合性学术刊物。

《发光学报》于1980年创刊,曾于1992年,1996年,2000年和2004年连续四次被《中文核心期刊要目总览》评为“物理学类核心期刊”,并于2000年同时被评为“无线电电子学、电信技术类核心期刊”。2000年获中国科学院优秀期刊二等奖。现已被《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和“万方数据资源系统”等列为源期刊。英国《科学文摘》(SA)自1999年;美国《化学文摘》(CA)和俄罗斯《文摘杂志》(AJ)自2000年;美国《剑桥科学文摘社网站》自2002年;日本《科技文献速报》(CBST, JICST)自2003年已定期收录检索该刊论文;2008年被荷兰“Elsevier Bibliographic Databases”确定为源期刊;2010年被美国“EI”确定为源期刊。2001年在国家科技部组织的“中国期刊方阵”的评定中,《发光学报》被评为“双效期刊”。2002年获中国科学院2001~2002年度科学出版基金“择重”资助。2004年被选入《中国知识资源总库·中国科技精品库》。本刊内容丰富、信息量大,主要反映本学科专业领域的科研和技术成就,及时报道国内外的学术动态,开展学术讨论和交流,为提高我国该学科的学术水平服务。

《发光学报》为双月刊,A4开本,144页,国内外公开发行。国内定价:40元,全年240元,全国各地邮局均可订阅。《发光学报》欢迎广大作者、读者广为利用,踊跃投稿。

地 址:长春市东南湖大路 3888 号
《发光学报》编辑部
邮 编:130033
电 话:(0431)86176862, 84613407
E-mail: fgxbt@126.com

国内统一刊号: CN 22-1116/O4
国际标准刊号: ISSN 1000-7032
国内邮发代号: 12-312
国外发行代号: 4863BM
http://www.fgxb.org