

# 动态特征块匹配的背景更新在运动检测的应用\*

李艳荻, 徐熙平, 陈江, 王鹤程

(长春理工大学光电工程学院 长春 130022)

**摘要:**为解决传统监控设备视场小、非智能等缺陷,结合全景成像技术和计算机视觉技术,建立无人环境下外来入侵自动检测系统,从而实现了全景监控视场下运动目标快速准确的检测及跟踪。该技术关键在于如何在复杂的动态背景下有效地提取运动目标,为此提出一种基于动态特征块匹配的自适应背景更新算法。在采用帧间差分与背景差分融合算法检测到目标的基础上,利用目标的矩信息进行跟踪,避免了全景视觉下颜色及轮廓特征缺失的弊端。根据目标的轮廓及位置提取特征块,将视频序列的每一帧图像与初始背景图像进行特征块区域的局部匹配,首先通过分析特征块图像的颜色特征,构建基于区间统计的RGB颜色直方图,提取颜色特征序列。然后通过计算序列相关性来判断该区域是否需要背景更新,从而降低对单个像素更新的冗余计算。实验表明,该更新算法具有较强的鲁棒性和可行性,能够有效提高监控系统的稳定性。

**关键词:** 运动检测;背景更新;相似度匹配;区间统计;颜色直方图

中图分类号: TP391 文献标识码: A 国家标准学科分类代码: 520.20

## Background updating based on dynamic feature block matching for the motion detection

Li Yandi, Xu Xiping, Chen Jiang, Wang Hecheng

(School of Photoelectric Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

**Abstract:** To overcome the limitations of small field-view and nonintelligent of traditional monitoring systems, this work combines panoramic imaging and computer vision technology to establish an automatic intrusion detection system in unmanned environment. The proposed system can achieve fast and accurate moving object detection and tracking in panoramic monitoring field. To solve the key challenge on effectively extracting moving objects in complex and dynamic background, this paper presents an adaptive background updating algorithm based on dynamic matching between feature blocks. On the basis of target detection using the fusion algorithm with frame differencing background subtraction, the torque information is utilized for tracking the target so as to avoid the lack of color and contour features under the panoramic view. The feature block is then extracted according to the outline and position of the target, in which the local matching of feature area is conducted between video sequences of each frame image and the initial background image. The color feature of the feature block is firstly analyzed, and a RGB color histogram is established based on interval statistics. Thus, the colour feature sequences are obtained. Whether the region background updates is then determined by calculating the correlation between the two sequences to reduce the computation of a single pixel to be updated. Experiments show that the proposed algorithm is robust and feasible, and it can effectively improve the stability of the monitoring system.

**Keywords:** motion detection; background updating; similarity matching; interval statistics; color histogram

### 1 引言

近年来随着科学技术的发展,视频监控系统在智能

安防、交通保安监控、远程家用监控等领域得到了广泛应用。它包括运动目标检测、跟踪、行为分析及场景理解等内容,其中运动目标检测是保证智能监控系统稳定性的关键环节。然而场景的复杂多变性会直接影响目标检测

结果,这也成为了目前智能监控领域的研究热点,具有重要的研究意义和应用价值。

传统的运动目标检测方法主要有3种:背景减除法、帧间差分法、光流法。其中光流法对图像的运动场进行估计并将相似的矢量合并来实现检测,但抗噪性能差,且计算复杂,难以实现实时监控<sup>[1-2]</sup>。帧间差分法具有较好的适应性,但是易受环境因素(光线变化、树叶晃动等)干扰,而且抗噪声能力较差<sup>[3-5]</sup>;很多学者更多地采用背景减除法,针对背景模型的建立与更新进行了大量的研究。单模态模型如中值模型<sup>[6]</sup>、均值模型以及单高斯模型<sup>[7]</sup>等虽然计算量小,但含有大量环境噪声,通常不能很好地描述室外场景;文献[8-10]提出了混合高斯背景模型,在预先假定背景分布模型的基础上进行模型参数估计和优化,使模型更具稳定性,但建模过程耗时导致参数更新难以适应场景的变化,易出现误检现象。另外传统的背景减除均是以像素为单位建立单独更新模型,虽然能够获得较细致的运动目标轮廓,却忽略了像素在空间上的分布信息。运动目标相对于背景占有较小的比例,对于没有目标运动的区域,像素的变化较为稳定,那么对全局进行分析及优化就会产生冗余,大大增加了算法的运算量,不利于实时更新。文献[11-12]提出了分块处理思想,以块为单位建立混合高斯模型,能够有效提高运动目标的检测效率,但块尺寸的选择对分割精度影响较大,易导致目标的边缘信息缺失,给后续的行为识别带来很多不便。

将全景成像技术与计算机视觉相结合,建立一套室内智能监控系统,用于无人环境下的入侵自动检测。全景成像技术能够实时传输关于对象的全方位信息,有足够的时间进行后期的视频图像处理和系统分析;采集目标无遮挡或重叠现象,便于后续目标提取及识别。算法部分首先结合帧间差分与背景减除算法实现前景目标的有效分离,针对光线突变及局部场景内容改变的特点,提出一种基于动态特征块匹配的背景更新算法。利用目标的矩信息进行跟踪,避免了全景视觉下颜色及轮廓特征缺失的弊端。根据目标的轮廓及位置建立特征块,采用基于区间统计的颜色直方图匹配方法对视频序列与初始背景图像中的特征块进行局部匹配,最后通过颜色特征序列的相关性分析完成背景更新。该方法可以有效提高动态背景下运动目标检测算法的准确性与可靠性。

## 2 运动目标检测

本文采用背景减除与帧间差分相融合的算法进行运动目标检测,可以有效地屏蔽前者对环境光突变(如开关灯和天气变化)及噪声过于敏感的不利影响,同时能够抑制后者由于目标运动缓慢而导致的空洞或漏检现象,能

够实现快速准确地检测出完整的目标轮廓,具有较高的准确性、鲁棒性和自适应性。该算法的流程如图1所示。

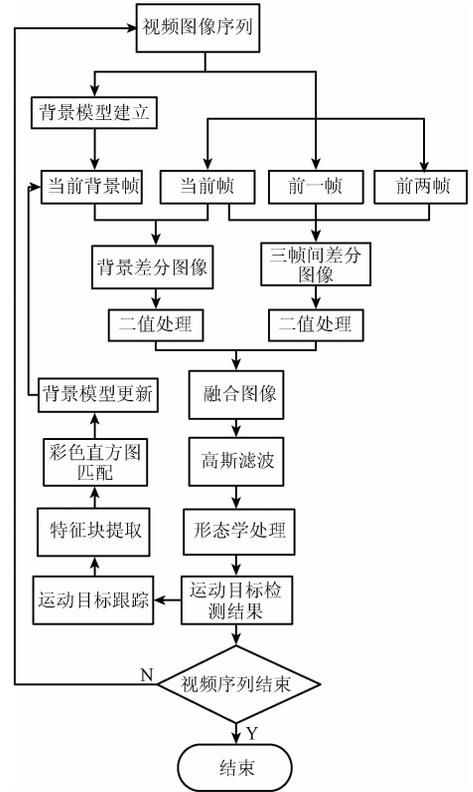


图1 运动目标检测流程

Fig. 1 Flow diagram of motion detection

### 2.1 帧间差分法

传统的帧间差分算法是对当前关键帧 $f(x, y, k)$ 与前一关键帧 $f(x, y, k-t)$ 进行差分处理,并根据检测阈值 $T$ 对差分图像进行前景与背景的分离。但易产生“双影”及“空洞”现象。采用相同间隔( $t=2$ )的3帧间差分法,将相邻两关键帧分别进行差分及二值处理,从重合的部分提取前景。设 $f(k)$  ( $k=1, 2, \dots$ )为视频图像序列, $f(k \pm nt)$  ( $n=0, 1, 2, \dots$ )表示算法处理过程中的关键帧,间隔 $t$ 帧取样能够更好地提取出目标的完整轮廓,同时减少算法运算量。 $f(x, y, k)$ 表示第 $k$ 帧图像在点 $(x, y)$ 处的像素值,选取相邻三个关键帧 $f(x, y, k-t)$ ,  $f(x, y, k)$ ,  $f(x, y, k+t)$ ,以前两帧为例其差分二值图像表示为:

$$D_1(x, y, k) = \begin{cases} 1, & |f(x, y, k) - f(x, y, k-t)| > T \\ 0, & |f(x, y, k) - f(x, y, k-t)| \leq T \end{cases} \quad (1)$$

同理得到 $D_2(x, y, k+t)$ ,最终提取的前景目标表示为:

$$S_1(x, y, k) = \begin{cases} 1, & D_1(x, y, k) \cap D_2(x, y, k+t) = 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

不同阈值  $T$  下帧间差分法检测运动目标的实现结果如图2所示。

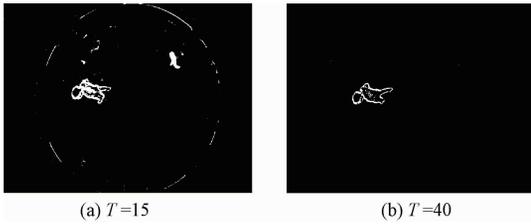


图2 不同阈值下的帧间差分结果

Fig.2 Interframe differencing results with different thresholds

由图可见,阈值  $T$  的选取直接影响检测结果的准确性。 $T$  值过小则环境噪声和设备噪声可能会干扰到检测效果,严重影响后续判断;若  $T$  值过高则前景信息损失较多,导致漏检。本文利用 Ostu 法<sup>[13]</sup>对检测阈值进行自适应处理。

### 2.2 背景差分法

背景减除法是运动目标检测技术中的主流方法,

预先通过多帧累积取平均的方法建立背景模型  $B_k$  如式(3)所示。

$$B_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N B_i \quad (3)$$

式中: $N$ 表示初始化累积帧数, $B_i (i=1,2,\dots,N)$ 表示初始化累积的图像帧。均值模型建立后,将每一帧图像与当前背景模型进行差分处理来检测运动目标,并根据场景的变化动态地对模型参数进行更新。设  $b(x,y,k)$  为背景帧图像在点  $(x,y)$  处的像素值,背景差分二值图像表示为:

$$S_2(x,y,k) = \begin{cases} 1, & |f(x,y,k) - b(x,y,k)| > T \\ 0, & |f(x,y,k) - b(x,y,k)| \leq T \end{cases} \quad (4)$$

其中检测阈值与帧间差分过程的阈值取值保持一致。

### 2.3 融合帧间差分法与背景差分法的运动目标检测

帧间差分法描述的是运动目标的时间变化信息,背景差分法描述的运动目标的空间变化信息。另外考虑到目标由于短暂停留或运动速度过慢而导致帧间差分法失效,因此将得到的背景差分 and 帧间差分的二值图像进行“或”运算,合并两种方法得到的图像信息,从而能够检测到图像中较为完整的运动目标。融合策略如下:

$$S(x,y,k) = \begin{cases} 1, & S_1(x,y,k) \cup S_2(x,y,k) = 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

对融合后的图像进行高斯平滑滤波及形态学处理,用于消除噪声、空洞干扰。首先采用腐蚀运算消除细小目标、孤立的点以及孤立的小区域;然后再利用膨胀处理

填充目标内部的小间隙和小孔洞,强化目标的空间相关性,便于连通域的提取。融合帧间差分及背景差分法进行运动目标检测的步骤效果图如图3所示。

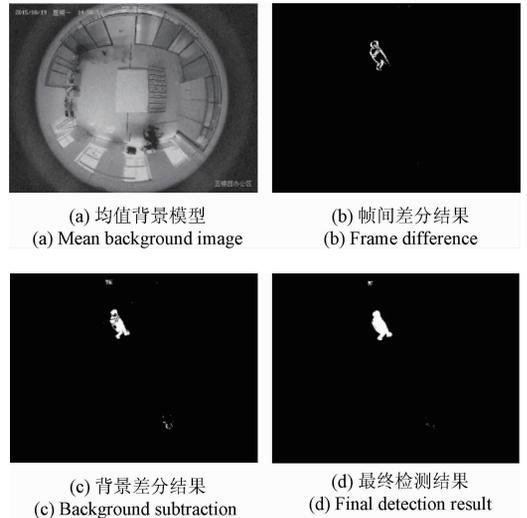


图3 运动检测过程

Fig.3 the process of moving object detection

## 3 背景模型更新

随着时间的推移,场景内容会发生变化,若始终采用初始化背景模型作为背景差分的基准,会导致检测失效,因此建立一种对环境具有较强抗干扰及自适应能力的背景更新机制,是确保算法稳定的关键。本文提出一种基于动态特征块匹配的自适应背景更新算法,包括特征块提取、目标跟踪及彩色直方图匹配等内容。该算法充分利用像素在图像中的分布信息,只针对含有运动目标的特征块进行分析,减少了灰度值变化稳定区域的冗余计算,使更新效率显著提高。

### 3.1 特征块提取及预处理

在前景与背景有效分离的基础上,首先利用八邻域轮廓跟踪算法<sup>[14]</sup>提取运动目标的边界,然后用二值形态学中的闭合运算将断开的邻近目标连接起来,最后利用低通滤波器滤除轮廓线上的高频成分得到相对平滑的轮廓线。轮廓提取结果如图4所示。

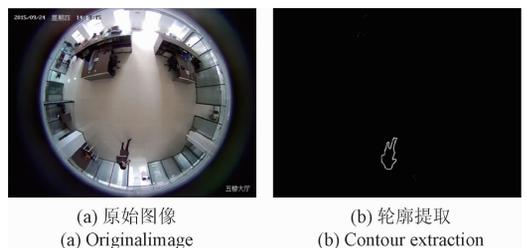


图4 目标提取结果

Fig.4 Target extraction result

对图4(b)中提取的目标轮廓拟合矩形边界框,作为特征块,如图5中白色矩形框所示。



图5 特征块提取结果

Fig.5 Feature block extraction result

### 3.2 运动目标跟踪

针对全景视场下的多目标跟踪<sup>[15]</sup>,颜色-空间直方图算法虽然能够充分利用目标颜色特征及空间结构信息<sup>[16]</sup>,并通过聚类的方式来搜寻运动目标,但是全景视角下目标的投影会随其所处位置发生明显变化,使得在模板匹配的过程中收敛到其他位置,且对光线敏感,因此空间结构信息不具有稳定性。另外人物的衣着颜色分布的随机性较大,利用颜色直方图作为匹配基准,很难克服衣着颜色接近的目标干扰。将矩技术<sup>[17]</sup>应用于图像的特征描述,对得到的目标轮廓进行多边形逼近,利用零阶矩和一阶矩计算多边形的质心位置,用该质心信息代替目标的全局特征进行跟踪,该方法计算简单,并且能够大大降低目标由于位置变化而带来的形变影响,有效提高跟踪算法的鲁棒性。

设  $g_k$  为第  $k$  帧图像中检测到的运动目标,  $g(x, y)$  为点  $(x, y)$  处的灰度值,那么  $p + q$  阶几何矩  $m_{pq}$  和中心矩  $\mu_{pq}$  表示为:

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q g(x, y) \quad (6)$$

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q g(x, y) \quad (7)$$

式中:  $\bar{x} = m_{10}/m_{00}$ ,  $\bar{y} = m_{01}/m_{00}$ ,  $p, q$  均为常数。 $(\bar{x}, \bar{y})$  表示运动目标的质心。

设第  $k$  帧图像中运动目标的质心为  $G_k(x, y)$ , 其中  $k = 1, 2, \dots$ , 以  $G_k(x, y)$  为中心,  $\max(M, N)$  为边长建立搜索窗口 ( $M, N$  分别为特征块的宽和高), 判断  $G_{k+t}(x, y)$  是否位于搜索窗口内, 若在, 则  $G_{k+t}(x, y)$  和  $G_k(x, y)$  属于同一目标, 完成跟踪。

### 3.3 基于区间统计的颜色直方图匹配

图像的彩色直方图描述了图像颜色的统计分布特征, 具有平移、尺度和旋转的不变性<sup>[18]</sup>。由于特征块大小适应于人体轮廓, 面积较小, 其中像素的空间结构信息并不明显, 因此像素间的位置关系 (即空间特征) 并不会对特征块的相似度匹配产生决定性作用, 因此将颜色特

征相关性作为度量来进行特征块相似度匹配。首先将特征块图像分离成 R, G, B 3 个分量, 各分量的颜色分布信息如图6所示。

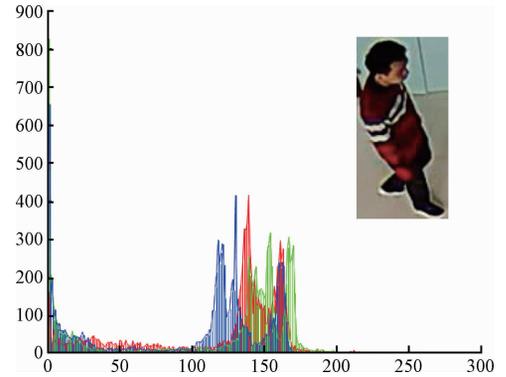


图6 RGB 3个分量的颜色直方图

Fig.6 Color histograms of RGB channels

将各分量的颜色信息分别划分成  $N$  个区间 (本文  $N$  取4), 构建 RGB ( $4 \times 4 \times 4$ ) 颜色模型, 然后再统计各个区间内的像素个数, 建立一个含有  $N \times N \times N$  个区间的颜色直方图, 归一化处理后的直方图如图7所示。

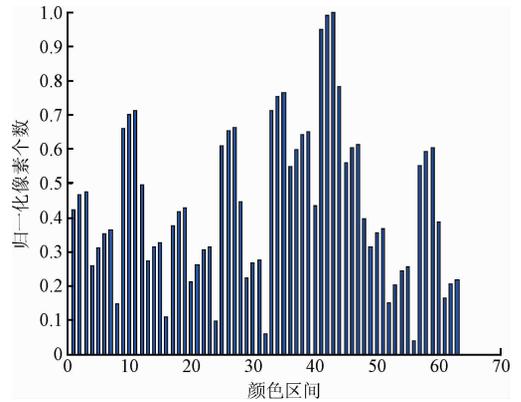


图7 基于区间统计的颜色直方图

Fig.7 Color histograms based on interval statistics

这种基于区间统计的颜色直方图描述方法充分利用了图像在每个通道的颜色特征, 同时将颜色值量化表示, 节约了后续匹配算法的开销。如图7所示, 一幅图像的颜色特征可以用一个含有64个元素的序列来表示, 通过计算两个序列的相关系数来评价两关键帧之间同一特征块区域的相似度, 设待匹配的两幅图像的颜色特征序列分别为  $H_1(i)$  和  $H_2(i)$ , 序列相关性的计算公式如下:

$$R(H_1, H_2) = \frac{\sum_i (H_1^i - \bar{H}_1)(H_2^i - \bar{H}_2)}{\sqrt{\sum_i (H_1^i - \bar{H}_1)^2 \sum_i (H_2^i - \bar{H}_2)^2}} \quad (8)$$

互相关系数满足  $R(H_1, H_2) \in [0, 1]$ , 在该范围内衡

量两者的相似性。 $R(H_1, H_2)$ 赋予了两者之间相似程度的线性描述, $R(H_1, H_2)$ 值越大,其线性关系越明显。对于归一化后的两个直方图,完全匹配是1,完全不匹配是0。

### 3.4 基于动态分块特征匹配的背景更新算法

检测到运动目标后,提取第  $k$  帧图像中特征块图像  $C_k$ ,其大小及中心位置分别记为  $S_k$  和  $P_k$ ,同时在初始背景图像  $B_k$  中以  $P_k$  为中心设置大小为  $S_k$  的感兴趣区域图像  $D_k$ 。在保证算法合理性的前提下减小运算量,取连续的100帧关键帧作为累积样本  $I = \{I_0, I_1, \dots, I_{99}\}$ ,在每一关键帧中均以  $P_k$  为中心设置大小为  $S_k$  的感兴趣区域  $C_{k+n}$ ,其中  $n=0, 1, \dots, 99$ 。首先将图像  $D_k$  和  $C_{k+n}$  中每个像素的 R, G, B 的值分别分成4个区间(0~63, 64~127, 128~191, 192~255),构成64个区间的颜色模型,利用基于区间统计的方法建立颜色特征归一化序列,分别记作  $H_{D_k}$  和  $H_{C_{k+n}}$ 。然后利用式(8)计算两个颜色特征序列的相关性度量  $R(H_{D_k}, H_{C_{k+n}})$ 。图8依次为从一段视频序列中同一特征块位置提取的背景图像  $D_k$  及实时图像  $C_{k+n}$ 。

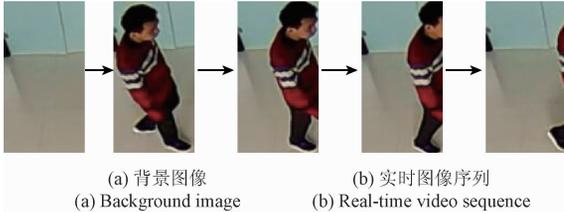


图8 同一位置的特征块内容变化

Fig. 8 Change of the feature blocks in the same position

视频序列中特征块  $C_{k+n}$  内任一点在任意  $t$  时刻的像素值是随机的,该点在  $t$  时间段的 RGB 颜色分量的集合为:  $X_i^t = \{x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^t\}$  ( $i=1, 2, 3$ ),且  $X_i^t$  在多数情况下表示的是背景信息。针对不同目标运动及场景改变两种情况,分别对同一特征块位置的累积样本与背景图像进行特征序列相关性计算,并绘制相似度变化曲线,如图9所示,其中目标1、2、3为持续运动的目标,目标4为进入场景后运动状态不变的物体,通常情况下被看作是场景内容的改变。

由图9可以看出累积样本中根据计算依次得到的  $R(H_{D_k}, H_{C_{k+n}})$ ,其数据分布可以用半区间(左区间)的高斯分布来近似表示,且收敛于  $1 - \varepsilon$  ( $\varepsilon$  为容许误差,本文取0.02)。而背景是否需要更新取决于  $R(H_{D_k}, H_{C_{k+n}})$  的收敛值  $1 - \varepsilon$ 。检测到运动目标后,设时间序列上相隔10帧关键帧中位于同一位置的特征块的颜色特征序列的相关系数差值为:

$$V(H_{C_{k+n}}, H_{D_{k+n}}) = R(H_{C_{k+n}}, H_{D_{k+n}}) - R(H_{C_{k+(n-9)}}, H_{D_{k+(n-9)}}) \quad (9)$$

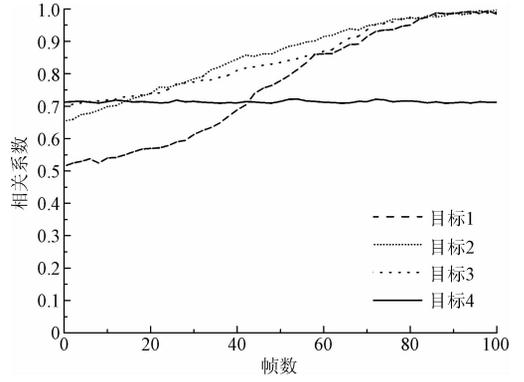


图9 直方图相交值的变化曲线

Fig. 9 changing curves of histogram intersection values

由于特征块的大小由目标轮廓决定,一旦目标运动,会引起内部像素值在短期时间内(本文取10帧)的明显变化,因此针对100帧累积样本进行计算中若有:

$$|V(H_{C_{k+n}}, H_{D_{k+n}})| \leq w \quad (10)$$

则说明灰度变化趋于稳定,其中  $w$  为稳定度,本文取0.05。在式(10)成立的情况下,若同时满足公式:

$$R(H_{C_{k+n}}, H_{D_{k+n}}) = 1 - \varepsilon \quad (11)$$

则能够说明位置  $P_k$  处特征块的内容已经恢复为初始背景,其中容许误差  $\varepsilon$  取0.05;否则说明在特征块区域内有目标长期处于同一状态,应将其添加到背景图像中,即用当前帧的特征块内部像素替换区域  $D_k$  中像素,完成更新。局部更新因子  $\beta$  可表示为:

$$\beta = \begin{cases} 1, & |V(H_{C_{k+n}}, H_{D_{k+n}})| \leq w \text{ 且 } R(H_{C_{k+n}}, H_{D_{k+n}}) \geq 1 - \varepsilon \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (12)$$

另外考虑到光线突变的情况,在帧间差分过程中,若差分像素个数  $N$  超过图像像素个数  $N_{total}$  的一半时,用当前帧替换初始背景。设光线突变因子为  $\alpha$ ,则有:

$$\alpha = \begin{cases} 1, & N \geq \frac{1}{2}N_{total} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (13)$$

根据光线突变及局部场景内容改变两种情况,总结出如下更新策略:

$$b(x, y, k+1) = (1 - \alpha) \sum_{i=1}^n [\beta_i \times b_i(x, y, k+1) + (1 - \beta_i) \times f_i(x, y, k)] + \alpha \times f(x, y, k) \quad (14)$$

式中:  $\beta_i$  表示第  $i$  个目标特征块的更新因子,  $b_i(x, y, k)$  为第  $i$  个目标特征块的局部背景。

## 4 实验及结果分析

检测系统结合全景成像技术和计算机视觉技术,用

于室内无人情况下全方位视角的入侵自动检测。监控设备采用型号为 6002A-JT 的 230°超大广角镜头,利用网口传输数据,视频帧大小为 1 280 × 640,帧频为 25 帧/s,实验环境为 3.6 GHz CPU,内存 8.0 GB。为了有效解决目标遮挡问题,实验将全景相机固定在距地面约 5 m 高位置的天花板上。全景相机实物如图 10 所示。实时监控软件界面如图 11 所示。



图 10 全景相机实物  
Fig. 10 panorama camera



图 11 室内监控系统软件界面  
Fig. 11 Software of the indoor surveillance system

为验证算法的有效性,分别在不同室内监控场景、不同光照条件下进行运动目标检测。由图 3 可以看出,基于帧间差分 and 背景减除的融合算法可以准确地检测到完整的运动目标,其中少量的环境噪声可以通过轮廓筛选过程滤除掉。之后采用图像矩技术提取目标质心坐标来实现多个目标的实时跟踪,结果如图 12 所示,图 12 中可以看出根据质心的不同可以将多个跟踪目标进行很好地区分。

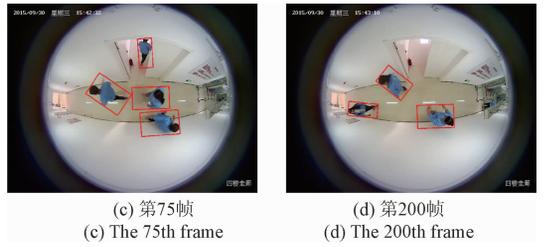


图 12 目标跟踪结果  
Fig. 12 Target tracking results

一旦检测到运动目标,对视频序列中每一帧提取的特征块区域应用局部背景更新算法,出场内容改变及环境光线突变两种情况下的目标检测结果如图 13 所示。可以看出,无论室内开灯前后使环境光线突变,或是视场中央的实验板被移动到了角落导致场景内容发生变化,该算法仍然能够准确地检测出运动目标,说明基于动态特征块的背景更新算法是有效的,对复杂可变的环境具有较强的鲁棒性。

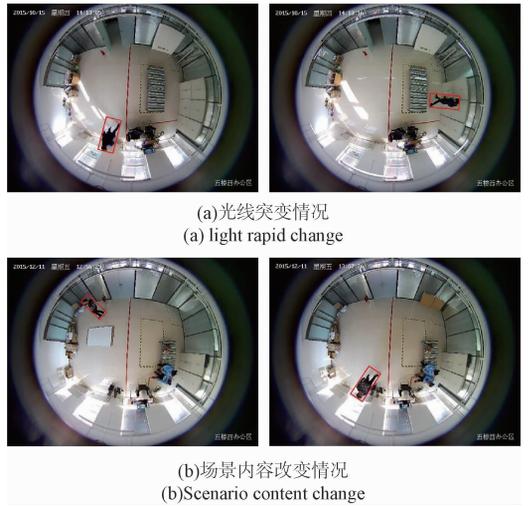
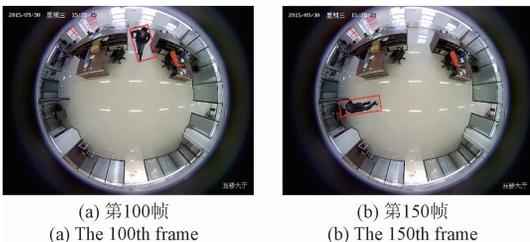


图 13 环境变化情况下运动目标检测结果  
Fig. 13 Motion detection in changing conditions

为了定量分析算法性能,从日常室内监控的视频序列中手工标定出 100 幅仅含有运动目标的掩模图像作为定量分析的基准,其中包括单/多人运动以及光线随机变化等因素。以像素为单位进行统计,从漏检率和误检率两方面对算法进行定量评价。漏检率  $R$  与误检率  $F$  的定义如下:

$$M = \frac{MP}{TP + MP}, \quad F = \frac{FP}{TP + FP} \quad (13)$$

式中:  $TP$  表示的是被正确检测到的目标像素个数,  $RP$  表示运动目标被误判成背景的像素个数,  $FP$  表示背景被误判成运动目标的个数。将本文算法与经典的混合高斯模型及码本模型进行对比,根据掩模图像和每种方法的检测结果图像,计算每一帧的  $M$  和  $F$  值,并将其绘制成曲线图,如图 14 所示。



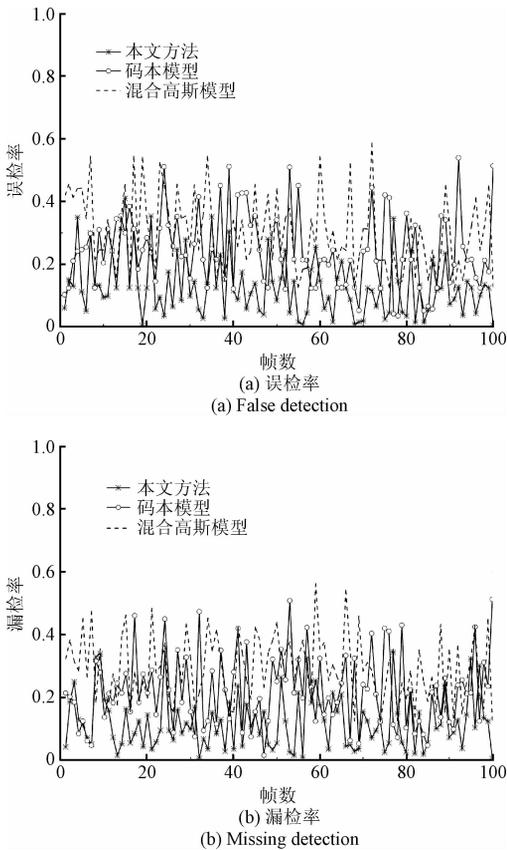


图 14 三种方法检测性能的比较

Fig. 14 Comparison of detection performance among 3 methods

由图 14 中漏检率及误检率曲线数据可以看出,混合高斯模型对单独像素进行处理,因此在全局图像上漏检率及误检率要略高于其他两种,码本模型居中,而本文算法对环境带来的不定因素鲁棒性较好,综合性能优于其他两种方法,其中误检和漏检的产生大多来源于环境噪声及形态学处理误差;另外目标的运动速度随机性较大也会影响帧差处理的结果。

最后在结果未优化的情况下,以每秒处理的帧数作为评价依据,分别针对图 9 中的两种监控场景进行了 3 种算法的开销比较,从表 1 中数据可以得出,本算法只针对运动区域进行局部背景更新,减少了灰度值变化稳定区域的冗余计算,因此本文算法在处理速度上略高于其他两种方法,同时运算时间能够完全满足 25 帧/s 的要求。

表 1 三种方法处理速度对比

Table 1 Comparison of processing speed among 3 methods

视频序列	混合高斯模型	码本模型	本文算法
单个目标	22.4	35.2	38.4
多个目标	15.2	26.4	31.5

## 5 结 论

本文将全景成像技术与计算机视觉技术相结合建立一套无人环境下外来入侵的自动检测系统。针对环境变化(光线突变及场景内容改变)影响室内监控系统稳定性的问题,提出了一种基于动态特征块匹配

的背景自适应更新算法。该方法在基于帧间差分与背景减除融合算法的运动检测基础上,将目标轮廓的边界矩形框定义为特征块,依次计算图像序列中关键帧的特征块与背景帧中同一位置的特征块区域的色彩相似度,采用基于区间统计的颜色直方图匹配方法,构建颜色特征序列,通过判断颜色特征序列间的相关系数是否收敛,作为背景更新的依据。该算法降低了对单个像素更新的冗余计算,充分利用了像素在空间上的分布信息。经过多次实验验证,该算法能够满足运动目标检测的准确性和完整性,并且及时适应环境的变化,显著提高了室内监控系统的稳定性。此外,虽然监控系统可以利用全景相机采集视频能够有效解决目标遮挡问题,但是当多个目标同时运动时跟踪效果欠佳,导致局部更新效率略微下降,这些问题需要在日后的工作中进行进一步研究。

## 参考文献

[ 1 ] KULCHANDANI J K, DANGARWALA K J. Moving object detection: Review of recent research trends [ C ], IEEE International Conference on Pervasive Computing (ICPC), 2015 .

[ 2 ] 龚卫国, 桂祖宏, 李正浩, 等. 融合 Adaboost 和光流算法的视频人脸实时检测 [ J ]. 仪器仪表学报, 2008, 29(7) : 1398-1402.

GONG W G, GUI Z H, LI ZH H, et al. Face detection and tracking based on fusion Adaboost and optical flow algorithms [ J ]. Chinese Journal of Science Instrument, 2008, 29(7) : 1398-1402.

[ 3 ] 周许超, 屠大维, 陈勇, 等. 基于相位相关和差分相乘的动态背景下运动目标检测 [ J ]. 仪器仪表学报, 2010, 31(5) : 980-983.

ZHOU X CH, TU D X, CHEN Y, et al. Moving object detection under dynamic background based on phase-correlation and differential multiplication [ J ]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2010, 31(5) : 980-983.

[ 4 ] 甘明刚, 陈杰, 刘劲, 等. 一种基于三帧差分法和边缘信息的运动目标检测方法 [ J ]. 电子与信息学报, 2010, 32(4) : 894-897.

- GAN M G, CHEN J, LIU J, et al. Moving object detection algorithm based on three-frame-differencing and edge information [J]. Journal of Electronic & Information Technology, 2010, 32(4): 894-897.
- [5] 赵钦君, 赵东标, 陆永华. 一种基于时空信息的多目标检测新算法[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(4): 877-882.
- ZHAO Q J, ZHAO D B, LU Y H. Novel algorithm for multi-target detection based on spatial-temporal information[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2011, 32(4): 877-882.
- [6] 吴成东, 李孟歆, 刘濛, 等. 基于中值背景模型的运动目标自适应检测方法[J]. 沈阳建筑大学学报: 自然科学版, 2008, 24(6): 1118-1122.
- WU CH D, LI M X, LIU M, et al. Adaptive moving target detection based on median background model[J]. Journal of Shenyang Jianzhu University: National Science, 2008, 24(6): 1118-1122.
- [7] 陈银, 任侃, 顾国华, 等. 基于改进的单高斯背景模型运动目标检测算法[J]. 中国激光, 2014(11): 245-253.
- CHEN Y, REN K, GU G H, et al. Moving object detection based on improved single Gaussian background model[J]. Chinese Journal of Lasers, 2014(11): 245-253.
- [8] 马德智, 李巴津, 董志学. 基于高斯混合模型的运动目标检测方法研究[J]. 电子测量技术, 2013, 36(10): 47-50.
- MA D ZH, LI B J, DONG ZH X. Moving object detection based on mixture Gaussian model [J]. Electronic Measurement Technology, 2013, 36(10): 47-50.
- [9] 陶志颖, 鲁昌华, 汪济洲, 等. 一种改进型的时空混合高斯背景建模[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(9): 986-990.
- TAO ZH Y, LU CH H, WANG J ZH, et al. Improved spatio-temporal Gaussian mixture model for background modeling [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrumentation, 2014, 28(9): 986-990.
- [10] 周建英, 吴小培, 张超, 等. 基于滑动窗的混合高斯模型运动目标检测方法[J]. 电子与信息学报, 2013, 35(7): 1650-1656.
- 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 & Information Technology, 2013, 35(7): 1650-1656.
- [11] 朱娟娟, 郭宝龙. 复杂场景中基于变块差分的运动目标检测[J]. 光学精密工程, 2011, 19(1): 183-191.
- ZHU J J, GUO B L. Moving object detection based on variant block difference in complex scenes [J]. Optics and Precision Engineering, 2011, 19(1): 183-191.
- [12] 胡建华, 杨帆, 徐健健. 基于分块差分与背景减除的运动检测[J]. 电子测量技术, 2007, 30(10): 49-53.
- HU J H, YANG F, XU J J. Motion detection based on blocks frame difference and background subtraction [J]. Electronic Measurement Technology, 2007, 30(10): 49-53.
- [13] 贺振东, 王耀南, 刘洁, 等. 基于背景差分的高铁钢轨表面缺陷图像分割[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(3): 640-649.
- HE ZH D, WANG Y N, LIU J, et al. Background differencing-based high-speed rail surface defect image segmentation [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2016, 37(3): 640-649.
- [14] 黄海龙, 王宏, 纪俐. 基于局部模糊增强的顺序形态学边缘检测算法[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(11): 2608-2614.
- HUANG H L, WANG H, JI L. Order morphology edge detection algorithm based on partial fuzzy enhancement [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2012, 33(11): 2608-2614.
- [15] 汪济洲, 鲁昌华, 蒋薇薇. 一种基于嵌入空间的防遮挡的多目标跟踪算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 02: 318-322.
- WANG J ZH, LU CH H, JIANG W W. Multi-object tracking algorithm under anti-occlusion based on embedding space [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrumentation, 2016, 02: 318-322.
- [16] 刘宏鼎, 秦世引. 基于图像特征的运动目标识别与伺服跟踪[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(3): 644-648.
- LIU H D, QIN SH Y. Recognition and servo tracking of moving target based on image features [J]. Chinese Journal of Science Instrument, 2008, 29(3): 644-648.
- [17] 董文会, 常发亮, 李天平. 融合颜色直方图及 SIFT 特征的自适应分块目标跟踪方法[J]. 电子与信息学报, 2013, 35(4): 770-776.
- DONG W H, CHANG F L, LI T P. Adaptive fragments-based target tracking method fusing color histogram and SIFT features [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2013, 35(4): 770-776.
- [18] 姚志均. 一种新的空间直方图相似性度量方法及其在目标跟踪中的应用[J]. 电子与信息学报, 2013, 35(7): 1644-1649.

YAO ZH J. A new spatiogram similarity measure method and its application to object tracking [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2013, 35 (7): 1644-1649.

## 作者简介



**李艳荻**,2013 年于长春理工大学光电工程学院获得学士学位,2015 年于长春理工大学硕博连读,现为仪器科学与技术专业博士研究生,主要研究方向为图像处理及模式识别。

E-mail:15948314713@163.com

**Li Yandi** received her B. Sc. degree from Changchun University of Science and Technology (CUST) in 2013, and is currently a Ph. D. candidate in CUST since 2015. Her main research interests include image processing and pattern recognition.



**徐熙平**,1993 年于长春理工大学获得学士学位,1999 年于长春光学精密机械学院获得硕士学位,2004 年于长春理工大学获得博士学位,现为长春理工大学教授、博士生导师,主要研究方向为光电检测技术及质量控制。

E-mail: xxp@cust.edu.cn

**Xu Xiping** received his B. Sc. degree from Changchun Optics Precision Mechanical School in 1993, and his M. Sc. degree in 1999 and Ph. D. degree in 2004 both from Changchun University of Science and Technology (CUST). Currently, he is a professor and a doctoral supervisor in CUST. His main research interests include photoelectric detection technology and quality control.