

红外光照突变下的运动目标检测

陈强 盛惠兴 张卓 谢迎娟 张学武

河海大学物联网工程学院, 江苏 常州 213022

摘要 提出了一种结合边缘混合高斯模型与帧间差分的方法,来实现红外光照突变场景下的运动目标检测。该方法通过统计阈值及图像方差的变化范围来判断光照突变情况的发生,并引入减缓因子来改进模型。实验结果表明,与传统检测方法相比,改进方法误检率更低,检测准确度更高,稳健性更强,更能有效解决智能安防监控系统中光照突变及红外模式过渡导致的误报问题。

关键词 图像处理; 运动目标检测; 混合高斯模型; 边缘检测; 光照突变

中图分类号 TP391.41 **文献标识码** A

doi: 10.3788/LOP53.111005

Moving Object Detection Under Infrared Light Mutation

Chen Qiang Sheng Huixing Zhang Zhuo Xie Yingjuan Zhang Xuewu

College of Internet of Things Engineering, Hohai University, Changzhou, Jiangsu 213022, China

Abstract One method combining edge Gaussian mixture model and frame difference is proposed to realize the moving object detection under infrared light mutation, which uses the statistical threshold and image variance change to distinguish the occurrence of light mutation, and introduces a retard factor to upgrade the model. Experimental results show that, compared with the traditional detection method, the improved method here shows lower rate of false detection, more accurate detection, stronger robustness and stability, and it can effectively solve the false reporting problems induced by light mutation and infrared mode transition in the intelligent security monitoring system.

Key words image processing; moving object detection; Gaussian mixture model; edge detection; light mutation

OCIS codes 100.2000; 100.2960; 100.5010; 040.1880; 040.3060

1 引言

基于图像的运动目标入侵检测技术是智能安防监控系统的关键环节之一。该技术基于视频序列进行运动目标分析,可以将运动目标像素点从背景中分离出来^[1-3]。目前,国内外常用的运动目标检测模型是由Stauffer等^[4-5]提出的自适应混合高斯模型(GMM)。该模型在系统初始化时,根据采集到的图像建立高斯模型,模型随着场景的变化而更新。与其他背景差分法相比,GMM法能减小背景的计算积累误差,并对背景的微弱变化有较好的适应能力,但其在光照突变场景下存在误检率高、无法正常检测前景目标等问题。针对这些问题,国内外研究人员已经取得了不错的研究成果^[6-13]。苏延召等^[9]提出了先对场景光照进行补偿、再进行运动目标检测的方法。这种方法对于全局性的光照突变现象检测效果较好,但不适用于局部光照突变现象的检测,且不能有效区分光照突变与前景目标引起的变化。莫绍文等^[11]提出一种改进视觉背景提取的算法,根据视觉显著性特征能较好地解决鬼影、背景扰动等问题。Fazli等^[14]以GMM为基础,提出一种领域差的方法。该方法将检测场景分为静态区和动态区,并对不同区域使用不同方法进行检测,具有很好的

收稿日期: 2016-07-29; **收到修改稿日期:** 2016-08-01; **网络出版日期:** 2016-10-21

基金项目: 国家 973 计划(2016YFC0401606)、国家自然科学基金(61273170)、中央高校基本科研业务费专项资金(2015B25214)

作者简介: 陈强(1991—),男,硕士研究生,主要从事图像识别方面的研究。E-mail: chenq_32@163.com

导师简介: 张学武(1973—),男,博士,教授,硕士生导师,主要从事机器视觉与智能计算方面的研究。

E-mail: zhangxw@hhu.edu.cn (通信联系人)

抗噪性,但其对光照变化下的目标检测效果需要进一步改善。卞紫涵等^[15]提出一种关于时间和空间中心对称的局部二值模式(TSCS-LBP)算子,并引入有光照因子的自适应阈值。该方法能够在保持较低计算复杂度的基础上很快适应局部光照突变,但其对前景目标的提取精度不理想。

根据智能安防入侵检测的实际需求,针对光照局部及全局突变下的检测难题,利用图像边缘信息对光照突变不敏感的特点,提出改进的基于边缘信息的 GMM 法,并根据统计阈值及图像方差变化范围来判断光照突变的发生,引入减缓因子来改进背景模型更新策略。实验结果表明,改进算法可以很好地克服光照突变对目标检测的影响,能够准确地从背景中提取出前景区域,降低光照突变引起的误检,具有稳健性高、自适应强、准确率高、实时性良好等特点。

2 基于 GMM 的运动目标检测改进算法

2.1 经典混合高斯背景建模

经典 GMM 是由 Stauffer 等^[4-5]在对单高斯背景模型进行改进后所提出的,它把初始图像中的每一个像素用 K 个高斯分布状态来描述,每一个状态彼此相互独立。 t 时刻图像某像素点灰度值大小用 X_t 表示,则该像素点的概率密度函数估计为

$$f(X_t) = \sum_{i=1}^K \omega_{i,t} \eta(X_t, \mu_{i,t}, \sigma_{i,t}), \quad (1)$$

式中 K 为混合高斯分布的个数, K 值越大,对环境的适应性越强; $\omega_{i,t}$ 为 t 时刻第 i 个高斯分布的权值,且有 $\sum_{i=1}^K \omega_{i,t} = 1$; $\eta(x, \mu_{i,t}, \sigma_{i,t})$ 为 t 时刻第 i 个高斯分布的概率密度, $\mu_{i,t}$ 表示均值, $\sigma_{i,t}$ 表示协方差。

在获得新一帧图像后,将该图像中的每个像素点与 GMM 匹配。只要像素值 X_t 满足判决不等式 $|X_t - \mu_{i,t-1}| \leq \lambda \sigma_{i,t-1}$, 就可认为该像素点属于背景点,其中 λ 是可调节的常数。当满足条件时,对当前的 GMM 进行更新:

$$\omega_{i,t} = (1 - \alpha) \cdot \omega_{i,t-1} + \alpha, \quad (2)$$

$$\mu_{i,t} = (1 - \rho) \mu_{i,t-1} + \rho X_t, \quad (3)$$

$$\sigma_{i,t}^2 = (1 - \rho) \sigma_{i,t-1}^2 + \rho (X_t - \mu_{i,t})^2, \quad (4)$$

式中 α 为更新率,且 $0 < \alpha < 1$; ρ 为学习率,且 $\rho = \alpha / \omega_{i,t}$ 。混合高斯背景模型为了适应复杂的背景环境变化,其权值会随着背景的变化进行更新,权重更新如(2)式所示。如果该像素点不满足判决不等式,则标记该点为前景目标点,并新构建一个高斯分布来替换目前权重最小的一个分布。将当前的 K 个高斯模型根据 $\omega_{i,t} / \sigma_{i,t}$ 值进行排列,从优先级大的模型开始。设置阈值为 T ,其值的大小可以根据背景的复杂程度进行调整。选取权值 $W_{k,t}$ 大于 T 的 b 个高斯模型作为新的背景模型 B ,即

$$B = \arg \min_b \left(\sum_{k=1}^b W_{k,t} > T \right). \quad (5)$$

然而,在面对环境噪声敏感度高、光照突变剧烈等情况时,GMM 背景更新缓慢,GMM 法无法正常检测到运动目标,并且会产生大量误检目标。

2.2 建立基于图像边缘信息的 GMM

相比于普通灰度图像,边缘图像只包含原始图像的边缘信息,具有对噪声不敏感的特点,且在光照突变及昼夜红外切换等情况下对运动物体结构特征边缘信息影响较小。实验发现,将图像的边缘信息作为背景建模的对象,可以较好地抑制光照突变产生的误警现象。

将原始彩色图像进行灰度变换后,结合 Otsu 算法,采用经典的 Canny 算法实现边缘检测。边缘检测实现过程主要包括以下 4 个部分。

- 1) 使用高斯平滑滤波器对图像进行卷积降噪处理。
- 2) 计算图像的梯度幅值 G 和方向 θ 。
- 3) 对梯度值进行非极大值抑制,去除非边缘像素,仅保留边缘线条。
- 4) 使用滞后阈值的方法去除虚假边缘像素,使用 Otsu 算法求出最佳阈值。若图像灰度值范围为

$[0, L]$, 利用某一灰度阈值 T 将图像分成背景类 $[0, T]$ 与目标类 $[T+1, L]$ 两部分。背景类与目标类之间类间方差 $\sigma^2(T)$ 为

$$\sigma^2(T) = \omega_0 (\mu_0 - \mu)^2 + \omega_1 (\mu_1 - \mu)^2, \quad (6)$$

式中 ω_0, ω_1 分别为图像类与目标类出现的概率, μ_0 和 μ_1 分别为其均值, μ 为整幅图像的均值。令 T 在 $[0, L]$ 范围内依次取值, 使方差达到最大的 T 值即为 Otsu 算法的最佳阈值, 同时也是 Canny 算法中的高阈值 T_2 。高阈值 T_2 乘以一个比例系数即得低阈值 T_1 , 比例系数一般取 0.5, 即 $T_1 = \frac{1}{2} T_2$ 。

对传统 Canny 算法跟引入 Otsu 算法的方法作对比。实验中 Canny 算法高低阈值分别取 60 和 30; Otsu 算法计算得到最佳阈值为 52, 低阈值取 26, 实验效果如图 1 所示。图 1(a) 为晚上红外状态下的某一帧图像。使用传统的 Canny 算法时, 可以明显看到边缘信息比较少, 且存在没有闭合的边缘, 如图 1(b) 所示。Otsu 算法能够保留较多边缘细节, 对边缘的提取比较精确, 如图 1(c) 所示。



图 1 边缘检测对比图。(a)原图像;(b)Canny 算法;(c)改进方法

Fig. 1 Comparison charts from Edge detection. (a) Original image; (b) Canny method; (c) improved method

2.3 全局光照突变情况下的改进方法

在不同的场景下, 受光照突变程度与持续时间随机性的影响, 在检测中判定光照突变的发生是检测的难点之一。不考虑除光照变化以外的影响, 可通过统计前景目标像素点比例大小及灰度均值变化范围来判断是否发生了全局光照突变。

当整个背景出现光照变化(如夜晚摄像头红外切换)时, 场景中所有像素的亮度值都会发生不同程度的变化。通过实验分析发现, 全局光照变化会使灰度图像峰值及均值发生较大变化, 但对图像方差估计影响不大。

根据实验背景将图像灰度变化阈值设为 T_μ , 并考虑到人为遮挡摄像头等破坏行为, 引入高阈值 T_h 。计算当前灰度均值与背景模型平均灰度值的绝对差值 T_{abs} , 当 $T_\mu < T_{abs} < T_h$ 时, 表示可能发生了全局光照突发现象。通过大量实验分析发现, 正常运动目标入侵产生的灰度均值变化在 50 以内, 红外切换时的变化范围在 80~120 之间, 因此取 $T_\mu = 80, T_h = 120$ 。

结合帧间差法, 对视频序列中 $k-1, k, k+1$ 帧灰度图像进行两两差分, 并对差分后二值图像 D_{k+1} 和 D_k 对应点的像素值进行运算, 得到新的二值图像 D , 具体计算公式为

$$D_k = \begin{cases} 1, & |f_k - f_{k-1}| > T \\ 0, & \text{else} \end{cases}, \quad (7)$$

$$D_{k+1} = \begin{cases} 1, & |f_{k+1} - f_k| > T \\ 0, & \text{else} \end{cases}, \quad (8)$$

$$D = D_k \cap D_{k+1}, \quad (9)$$

式中 f_{k-1}, f_k, f_{k+1} 表示连续的三帧图像数据, 阈值 T 的大小根据实际检测灵敏度来设置。当图像 D 中像素为 1 的点所占比例大于预先设定的阈值 T 时, 即认为发生了全局光照突变, 此时程序对整个背景模型进行更新; 否则, 进行正常更新。全局光照突变时背景模型更新公式为

$$\begin{cases} \mu_{i,t} = (1 - \rho)\mu_{i,t-1}, & |M(t) - M(t-1)| < T_\mu \\ \mu_{i,t} = \mu_{i,t-1} + [M(t) - M(t-1)], & \text{else} \end{cases}, \quad (10)$$

式中 $\mu_{i,t}$ 为 t 时刻第 i 个高斯模型的均值, $M(t)$ 表示 t 时刻图像的平均灰度值。

2.4 局部光照突变情况下的改进方法

引起局部光照突变的原因是多方面的, 主要包括来往车辆灯光照射及围墙上防护灯的开灭。并且存在

多个局部区域同时发生光照突变的情况,突变程度存在很大差异。由(3)、(4)式可以发现,随着训练时间的增加,GMM中的协方差 $\sigma_{i,t}^2$ 会减小,像素 X_t 会接近于均值。GMM的背景适应能力较弱,对于局部光照突变情况会出现很大程度的误判。

针对这种情况,在边缘GMM的基础上,采用自适应的背景模型更新办法,以灰度图像方差变化为判断依据,根据实际背景设置方差更新阈值 T_σ 。当像素 $X_{i,t}$ 值与均值 $\mu_{i,t}$ 满足条件 $|X_{i,t} - \mu_{i,t}| > T_\sigma$ 时,表示差距较大,正常更新方差;否则需要减缓协方差更新速度。改进协方差的更新公式为

$$\begin{cases} \sigma_{i,t}^2 = (1 - \beta)\sigma_{i,t-1}^2 + \beta(X_t - \mu_{i,t})^T(X_t - \mu_{i,t}), & |X_{i,t} - \mu_{i,t}| > T_\sigma \\ \sigma_{i,t}^2 = (1 - \kappa\beta)\sigma_{i,t-1}^2 + \kappa\beta(X_t - \mu_{i,t})^T(X_t - \mu_{i,t}), & \text{else} \end{cases}, \quad (11)$$

式中 $\kappa = X_t - \mu_{i,t}$ 为减缓因子,其大小与均值和当前像素大小的差值成正比关系。

2.5 改进的算法流程

改进后的算法流程如图2所示,具体步骤如下。

1) 背景初始化。获取第一帧图像,对每一个点建立基于图像边缘信息的GMM。

2) 图像边缘检测。对读入的图像进行去噪、滤波、灰度化处理,并使用改进的Canny算法对图像边缘信息进行提取。

3) 背景更新。通过计算灰度图像的均值及方差与背景模型的差值,对出现光照突变的情况进行判断,如果发生全局光照突变,则根据(4)、(9)式对所有背景点进行更新;如果发生局部光照突变,则引入减缓因子,利用(10)式对变化区域进行更新;如果没有发生光照突变,则利用(3)、(4)式对方差和期望进行正常更新。

4) 运动目标检测。首先计算当前图像与背景图像的像素差,将差值区域大于设定的阈值 T 的连通域判定为前景1,然后使用三帧差法计算前景图像2,将两部分前景进行操作得到最终检测到的前景图像3,并根据步骤2)中的更新策略进行背景更新。

5) 形态学操作。对步骤4)中获得的前景图像3进行滤波、腐蚀膨胀等形态学处理,消除目标边缘存在的孤立噪点,填充目标中的孔洞,得到准确、圆滑的前景目标。

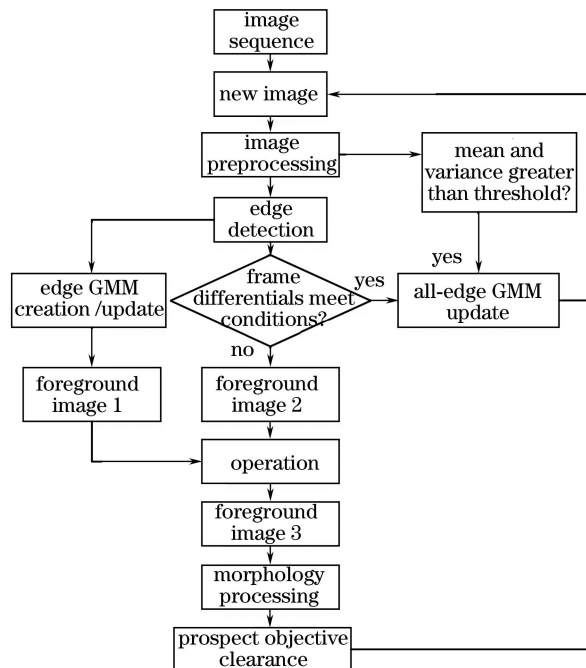


图2 改进的GMM法流程图

Fig. 2 Flow chart of improved GMM method

3 实验结果

为了验证改进算法在光照突变情况下的有效性,采用静态背景下光照变化明显的围墙区域数据,选取凌晨、白天、傍晚、夜间等场景下的原始图像序列(图像大小为 $1080 \text{ pixel} \times 1920 \text{ pixel}$)进行实验,并与文献[9,15]中的算法结果进行比较。实验场景包括三部分:第一部分为白天无明显光照突变场景;第二部分针对全局光照突变,选取傍晚、凌晨红外切换过程中的图像序列;第三部分选取傍晚、凌晨路灯关闭/打开过程中局部光照突变的图像序列。

3.1 无光照突变场景

为验证改进方法在白天无光照突变场景下的适应性,采用两个常规场景下的图像序列作为实验对象,GMM法及改进方法获得的实验效果如图3所示。

图3(a)、(d)为两段现实场景视频序列中的第356帧和第475帧图像,分别使用GMM法及改进方法进行实验。图3(b)、(e)为GMM法检测的结果,由于图中背景复杂、存在大量的树枝扰动干扰,检测结果存在大量噪点,出现了部分误检目标。图3(c)、(f)为改进方法的检测结果,可以发现改进方法除了在对运动目标检测的基础上,对背景噪声尤其是树叶扰动的抑制效果明显。实验结果表明,改进方法在常规场景下具有适应性和有效性,能更加准确地检测出前景目标,为稳定场景中运动目标的检测提供可靠、有效的检测结果。

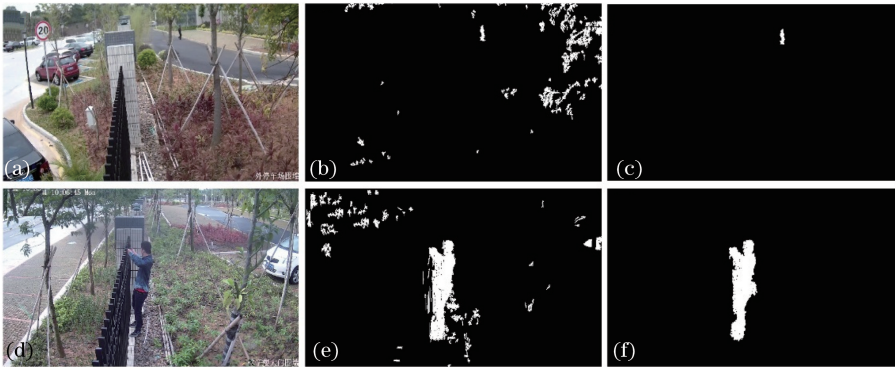


图3 不同场景下GMM法与改进方法检测结果。(a)(d)原图像序列;(b)(e)GMM法;(c)(f)改进方法

Fig. 3 Detection results from GMM and improved methods under different scenarios. (a)(d) Original image sequence; (b)(e) GMM method; (c)(f) improved method

3.2 全局光照突变场景:红外切换过程

针对全局光照突变现象,采用傍晚、清晨摄像头红外切换到可见光场景(场景一)的第463、464帧视频图像;图4(a2)、(b2)是傍晚摄像头模式切换场景(场景二)的第368、369帧视频图像。

图4(a1)、(b1)是凌晨摄像头从红外切换到可见光场景(场景一)的第463、464帧视频图像;图4(a2)、(b2)是傍晚摄像头模式切换场景(场景二)的第368、369帧视频图像。

图4(c1)、(c2)是采用GMM对图4(b1)、(b2)的检测结果,发现当红外与可见光模式相互切换时,大片背景区域被误检为前景目标,在光照突变后的一段时间内,都难以检测出场景中的前景目标。

图4(d1)、(d2)是采用文献[9]中的方法对图4(b1)、(b2)的检测结果。通过对整个场景进行光照补偿处理,发现该方法对于全局光照突变情况下的误检率明显比传统GMM低,但对于图像两边树叶反光明显的区域,仍然存在比较多的误检。

图4(e1)、(e2)是采用改进方法对图4(b1)、(b2)的检测结果,图4(f1)、(f2)分别是对场景一中第469帧和场景二中第374帧图像检测的结果。可以看出改进算法在光照突变的瞬间能够较好地抑制干扰,仅在摇晃明显的树枝及灯光照射部分存在少量误检。光照突变后第5帧的检测结果已经不存在误检目标的情况,如图4(f1)、(f2)所示,这表明改进方法能够迅速适应全局光照突变,重新建立背景模型,达到正常的检测状态。

通过对比实验可知,在红外切换引起全局光照突变时,改进方法可以准确地通过均值、方差的变化来判断光照突变是否发生,及时更新背景模型,降低光照突变带来的影响,具有很强的稳健性。

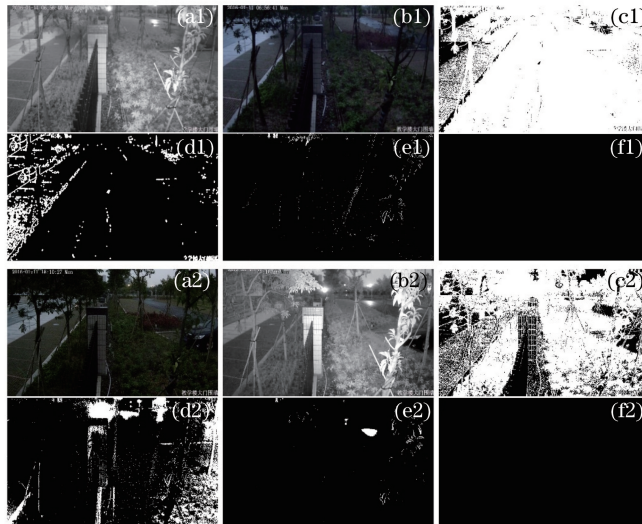


图4 不同方法在全局光照突变下的检测结果。(a1)(a2)(b1)(b2)原图像序列;(c1)(c2)GMM法;
(d1)(d2)文献[9]方法;(e1)(e2)(f1)(f2)改进方法

Fig. 4 Detection results from different methods under global light mutation. (a1)(a2)(b1)(b2) Original images;
(c1)(c2) GMM method; (d1)(d2) method in Ref. [9]; (e1)(e2)(f1)(f2) improved method

3.3 局部光照突变场景:路灯打开/关闭

为验证改进方法对局部光照突变的优越性,选取红外模式下局部光照突变的图像序列进行实验。图5(a1)、(b1)分别为凌晨红外模式下,路灯打开、关闭场景(场景三)的第328、329帧原始图像,表示凌晨红外模式下,路灯从打开到关闭的瞬间过程。图5(a2)、(b2)分别为傍晚路灯关闭、打开场景(场景四)的第541、542帧图像,表示傍晚路灯从关闭到打开的过程。通过原图分析可知,当路灯突然关闭或打开时,路灯所在区域会完全覆盖原始背景的各种特征信息,而路灯周边也会由于光照强度的变化受到一定程度的影响,这给运动目标检测带来极大的干扰。

采用不同方法对图5(b1)、(b2)进行检测。当使用GMM法进行检测,会将路灯周边较大区域都误检为前景,并且存在很多空洞与孤立噪点,如图5(c1)、(c2)所示。文献[15]中的方法能够比较清晰地检测出路灯突变的位置,但在路灯周边产生了部分误检区域,同时还存在光照反射引起的误检,如图5(d1)、(d2)所示,该方法对光照突变检测不够敏感。图5(e1)、(e2)是改进算法的检测结果,其中红绿框部分为路灯光照突变区域,该算法对路灯周边光照微弱变化区域的抑制效果较好。实验结果表明,与其他方法相比,改进方法在稳健性和适应性方面具有比较明显的优势。

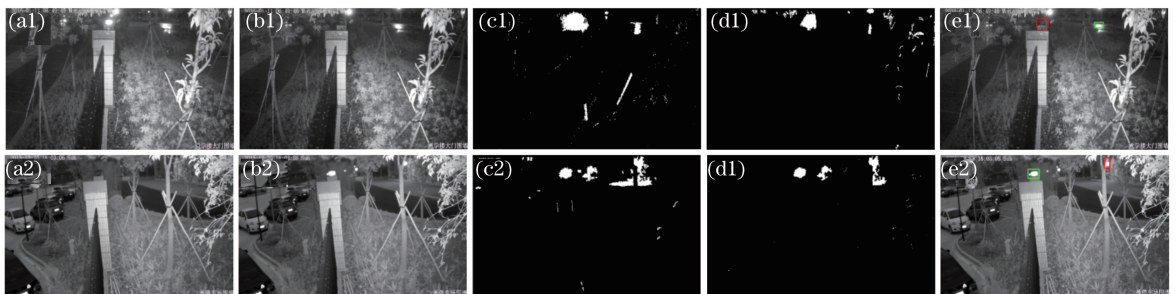


图5 不同方法在局部光照突变下的检测结果。(a1)(a2)(b1)(b2)原图像序列;(c1)(c2)GMM法;
(d1)(d2)文献[15]方法;(e1)(e2)改进方法

Fig. 5 Detection results from different methods under local light mutation. (a1) (a2) (b1) (b2) Original images;
(c1) (c2) GMM method; (d1) (d2) method in Ref. [15]; (e1) (e2) improved method

4 处理时间及准确率对比分析

为了更直观地体现改进算法在处理速度方面的优势,选取三段分别包含 828、999、793 帧的视频图像,使用 GMM 算法、文献[15]中方法及改进方法进行实验,其中 GMM 算法中分布个数 $K=3$,权值的学习率 $\rho=0.05$,均值与方差的学习因子为 0.01。通过实验得到各方法的处理速度见表 1,其中视频 1、2、3 分别表示清晨、傍晚、白天三个时间段的图像序列。从表 1 可以看出,改进方法的处理速度比文献[15]中方法快 10% 左右,比 GMM 算法快 45% 以上。这主要是因为改进背景模型是建立在图像边缘信息基础上,改进方法可以减小模型建立、更新、对比的时间。同时,通过对不同场景下运行速度的分析,发现改进方法的运行速度的提升效果在白天时最为明显。

表 1 三种方法检测速度比较

Table 1 Detection speed comparison among three methods

Video number	Detection speed	Detection speed of method	Detection speed of improved
	of GMM /s	in Ref. [15]/s	method /s
1	89.675	53.271	46.436
2	104.484	67.441	61.492
3	86.397	44.855	39.378

最后为了验证改进方法在光照突变环境下的有效性,使用三种方法对包含 828、999、908、956 帧的 4 个场景进行实验,分析其在误检率(DR)、漏检率(FAR)、检测率(TR)三方面的统计数据,其定义分别为

$$f_{DR} = \frac{f_{FP}}{f_{FP} + f_{FN} + f_{TP}}, \quad (12)$$

$$f_{FAR} = \frac{f_{FN}}{f_{FP} + f_{FN} + f_{TP}}, \quad (13)$$

$$f_{TR} = \frac{f_{TP}}{f_{FP} + f_{FN} + f_{TP}}, \quad (14)$$

式中 f_{FP} 为误检成前景的帧数, f_{FN} 为漏检的前景帧数, f_{TP} 为检测正确的帧数。不同方法在 4 个场景中的检测结果见表 2。GMM 算法在处理全局光照突变时,存在高达 40% 左右的误检率。这一问题在应对局部光照突变时有所改善,误检率降低到 20% 左右,但与改进方法相比仍然存在较大差距。文献[15]中方法的实验结果存在超过 10% 的误检率以及不足 90% 的检测率,仍无法满足实际应用中的检测要求。改进方法在应对全局光照和局部光照突变时,均可以将误检率降低到 5% 以下,特别是在应对局部光照突变时,误检率只有 2.6%;平均成功检测率高达 93.6% 以上,其检测效率比 GMM 算法及文献[15]中方法高很多,且漏检率很低,表明其具有很强的适应性和检测精度。

表 2 三种方法检测结果 DR、FAR、TR 定量比较

Table 2 Quantitative DR, FAR, TR comparison of detection results among three methods

Video number	Number of video frames /frame	GMM			Method in Ref. [15]			Improved method		
		$f_{DR}/\%$	$f_{FAR}/\%$	$f_{TR}/\%$	$f_{DR}/\%$	$f_{FAR}/\%$	$f_{TR}/\%$	$f_{DR}/\%$	$f_{FAR}/\%$	$f_{TR}/\%$
4	828	44.1	3.9	52.0	22.8	1.6	75.6	6.2	0.20	93.6
5	999	43.8	4.5	51.7	27.6	2.5	69.9	4.9	0.40	94.7
6	908	17.4	4.6	78.0	9.5	1.3	89.2	1.8	0.30	97.9
7	956	22.4	3.5	74.1	15.5	2.2	82.3	2.6	0.50	96.9

5 结 论

针对红外条件下全局与局部光照突变两种情况,利用图像边缘信息对光照变化不敏感的特点,提出了一种融合边缘 GMM 与帧间差分的解决方案,通过判断光照突变的发生,引入减缓因子,对现有 GMM 进行了改进,优化模型更新策略,最后把改进后的算法运用到三类不同的场景中进行验证。结果表明,改进方法在保持低计算复杂度的基础上,提高了前景目标的检测精度,消除了树枝扰动、红外反光等因素的影响,能够有效解决智能安防监控系统中光照突变及红外模式过渡导致的误报问题。

参 考 文 献

- 1 Chen Zujue, Chen Xiaojun, He Hong. Moving object detection based on improved mixture Gaussian models[J]. Journal of Image and Graphics, 2007, 12(9): 1585-1589.
陈祖爵, 陈潇君, 何 鸿. 基于改进的混合高斯模型的运动目标检测[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(9): 1585-1589.
- 2 Liu Guixi, Shao Mingli, Liu Xianhong, *et al.* Video moving object auto-extraction in real scene[J]. Acta Optica Sinica, 2006, 26(8): 1150-1155.
刘贵喜, 邵明礼, 刘先红, 等. 真实场景下视频运动目标自动提取方法[J]. 光学学报, 2006, 26(8): 1150-1155.
- 3 Chen Yin, Ren Kan, Gu Guohua, *et al.* Moving object detection based on improved single Gaussian background model[J]. Chinese J Lasers, 2014, 41(11): 1109002.
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, 41(11): 1109002.
- 4 Stauffer C, Grimson W E L. Adaptive background mixture models for real-time tracking [C]. Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1999, 2: 2246-2251.
- 5 Stauffer C, Grimson W E L. Learning patterns of activity using real-time tracking [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 2000, 22(8): 747-757.
- 6 Xu Q, Lu B, Jin T. A moving target detection method for TWR based on visual attention mechanism [C]. Proceedings of IET International Radar Conference, 2015, 1020: 1-5.
- 7 Fan X, Cheng Y, Fu Q. Moving target detection algorithm based on Susan edge detection and frame difference [C]. Proceedings of International Conference on Information Science and Control Engineering, 2015, 78: 323-326.
- 8 Leng B, He Q, Zeng D, *et al.* Moving target detection based on the properties of corners [C]. Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2012, 6490990: 342-347.
- 9 Su Yanzhao, Li Aihua, Jin Guangzhi, *et al.* Illumination compensation for moving objecting in video sequences [J]. Journal of Optoelectronics • Laser, 2014, 25(1): 163-171.
苏延召, 李艾华, 金广智, 等. 光照突变补偿在视频序列运动目标检测中的应用[J]. 光电子 • 激光, 2014, 25(1): 163-171.
- 10 Ming Ying, Jiang Jingjue. Background modeling and moving objects detection based on Cauchy distribution for video sequence [J]. Acta Optica Sinica, 2008, 28(3): 587-592.
明 英, 蒋晶珏. 基于柯西分布的视频图像序列背景建模和运动目标检测[J]. 光学学报, 2008, 28(3): 587-592.
- 11 Mo Shaowen, Deng Xinpu, Wang Shuai, *et al.* Moving object detection algorithm based on improved visual background extractor [J]. Acta Optica Sinica, 2016, 36(6): 0615001.
莫邵文, 邓新蒲, 王 帅, 等. 基于改进视觉背景提取的运动目标检测算法[J]. 光学学报, 2016, 36(6): 0615001.
- 12 Chen Haixin, Gu Guohua, Qian Weixian, *et al.* A method for moving target detection on a moving camera in the presence of a strong parallax [J]. Chinese J Lasers, 2014, 41(5): 0509002.
陈海欣, 顾国华, 钱惟贤, 等. 一种运动相机强视差下运动目标检测方法[J]. 中国激光, 2014, 41(5): 0509002.
- 13 Ding Qi, Gu Guohua, Xu Fuyuan, *et al.* Moving target detection on moving camera with the presence of strong parallax [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2015, 52(9): 091501.
丁 祺, 顾国华, 徐富元, 等. 强视差下的移动相机运动目标检测[J]. 激光与光电子学进展, 2015, 52(9): 091501.
- 14 Fazli S, PourH M, Bouzari H. A novel GMM-based motion segmentation method for complex background [C]. Proceedings of 5th IEEE GCC Conference & Exhibition, 2009, 5734290: 1-5.
- 15 Bian Zihan, Fang Sheng, Xu Tianshuai. TSCS-LBP operator oriented to the local illumination mutation [J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(10): 1285-1292.
卞紫涵, 房 胜, 徐田帅. 面向局部光照突变的时间和空间中心对称局部二值模式算子[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(10): 1285-1292.