

多特征融合视频火灾识别研究

金肖¹,叶锦华¹,杨素珍²

(1. 福州大学 机械工程及自动化学院,福建 福州 350116; 2. 漳州职业技术学院 机械工程学院,福建 漳州 363000)

摘要:针对目前的视频火焰检测算法容易受到复杂场景、光照条件的影响,算法的实时性较差且容易误判等问题,提出一种红外视频图像自适应背景更新疑似火焰区域检测与改进层次分析法多特征融合火灾火焰识别方法。利用改进型自适应背景更新运动目标检测来获取红外视频图像中疑似火焰区域,消除背景干扰,提高火焰静态特征的提取效率,将火焰的多种特征用三标度改进层次分析法进行融合,实验结果表明该方法对火焰的识别效果更加快速、精确、有效。

关键词:火焰检测;红外图像;自适应背景更新;改进层次分析法;特征融合

中图分类号:TP391.41 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2019)04-0163-05

Research on Video Fire Detection Based on Multi-feature Fusion

JIN Xiao¹, YE Jinhua¹, YANG Suzhen²

(1. College of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China;

2. Mechanical Engineering, Zhangzhou Institute of Technology, Zhangzhou 363000, China)

Abstract: The current video flame detection algorithm is easily affected by complex scenes, lighting conditions, so its real-time reliability is poor. Its misjudgement and other issues commonly occur in the operation. This article proposes a method of adaptive background update based on infrared video images which is used to detect suspected flame areas and introduces the flame detection method of multi-feature fusion fire detection based on the analysis method for improving hierarchical process. The improved adaptive background updating model is used to obtain the target of the suspected flame in the infrared video image, then, the background interference is eliminated and the extraction efficiency of flame static and dynamic characteristics is improved. Then, the analysis method for the improving hierarchical process based on three-scale is used to fuse the multiple characteristics of the flame. Experimental results show that this method is use to more rapidly accurately and effectively identify the flame.

Keywords: fire detection; infrared image; background updating; analysis method for improving hierarchy process; feature fusion

0 引言

火焰检测在监控和安全相关领域广泛应用,早期火灾检测能够大幅降低火灾危害。常规火灾检测只能在理想的环境下进行小范围的探测且获取的信息少,而用视频图像的火灾检测,信息丰富、适应性强,对火灾检测意义重大。诸多学者对视频火灾火焰识别技术进行了深入的研究:文献[1]基于RGB空间火焰图像,通过火焰区域面积的变化规律实现火焰识别,为了消除光照影响。文献[2]基于YCbCr空间图像进行火焰识别,解决RGB空间图像对光照强度敏感的问题。文献[3]基于大量实际实验数据分析,总结出火焰在图像颜色空间的4个判断规则,并建立新的火焰颜色模型,提高了火焰特征提取的完整度。文献[4]结合RGB、HSB和YCbCr图像颜色空间来构建火焰区域识别模型,提取的火焰区域较单一颜色空间更为完整。

上述研究采用单一火焰特征,而火灾发生时常伴随多

种火焰特征变化,通过某一个特征来判别火灾,误判率高,早期学者采用简单的“与”或“并”融合多个火焰特征来实现火灾判别^[5],有效提高了火灾的识别率。文献[6]通过支持向量机进行火焰识别,能较好地解决现有火灾视频样本少的问题。文献[7]通过选择性背景获取图像可能火焰区域,然后通过特征加权方法融合火焰多个特征,减小背景干扰,提高火焰识别效果。然而上述研究由于处理算法复杂,实时性较差,且易受光照条件、场景变化等影响,同时忽略了火焰燃烧时的物理特性,极大地降低了算法的可靠性。鉴于此,本文提出了一种火灾视频图像的疑似火灾区域自适应背景更新运动检测与基于层次分析的火焰多特征融合的火灾火焰检测方法,采用红外图像减小算法计算量,通过改进的自适应背景更新检测动态火焰目标,减小环境因素的影响^[8],保证疑似火焰区域提取的快速性和有效性,然后对疑似火焰区域进行多种静态特征提取,并采用三标度改进层次分析法进行火焰特征信息融合,避免判别矩阵的反复一致性检验,并减小主观因素影响,提高算法的可靠性,实现对火焰的实时准确判断。本

基金项目:福建省自然科学基金(2015J05121);福建省中青年教育科研项目(JAT160877)

作者简介:金肖(1991—),男,湖北孝感人,硕士研究生,研究方向为机器视觉及特种机器人。

文将详细阐述视频图像多特征融合火灾火焰识别自适应背景更新疑似火焰目标检测过程,介绍火焰多特征提取与改进层次分析法的融合算法,最后给出实验结果。

1 背景自适应更新

火灾形成初期主要表现为阴燃、火羽流和烟雾,这3种现象的可见光不易被 CCD 摄像机识别,由于阴燃与火羽流的红外辐射主要集中在 950~2000 nm 波段^[5],可以被带红外滤光片的 CCD 相机捕获,本文通过使用滤光片只采集波长>850 nm 光的视频图像,可以有效减少背景环境对火焰信息的影响。

由于火焰运动具有不规则性,本文用滤光后的视频图像结合运动检测来实现疑似火灾区域的识别,排除监控区域中静止红外辐射源的干扰。目前比较成熟的运动目标图像识别方法有光流法、背景差法和帧间差分法^[9-10]。帧间差分法算法简单、抗干扰性好,但是目标内部容易形成空洞,导致不能提取完整火焰形状。背景差法能够获得较完整的动态火焰形状与大小,但由于背景固定,对环境光敏感、缓慢变化目标识别率低,导致动态疑似火焰区域判别精度不高。采用帧间差分法与背景差法相结合的自适应背景更新运动目标检测方法来提取疑似火灾区域^[11],使算法实时性较强,同时减小环境因素影响,可以获得较为完整的火焰外形特征,提高疑似火焰区域检测有效性。

自适应背景更新模型获取红外视频图像中动态疑似火焰目标的步骤如下:

a) 采用带滤光片 CCD 摄像机采集视频图像,对图像进行中值滤波,以减小随机噪声,建立图像存储缓冲区,图像序列号用 $j=1,2,3,\dots,N$ 表示。

b) 定义容量为 6 幅图像的窗口,窗口在图像存储缓冲区内移动,将窗口前 3 幅图像求平均值后的新图像作为背景模板图像 BT ,剩余 3 幅图依次分别用 RT_1, RT_2 和 RT_3 表示。

c) 获取背景差图像:

$$CZ_i = |RT_i - BT| \quad (1)$$

式中: CZ_i 为灰度差值图像, $i=1,2,3$ 。

d) 对 3 幅灰度差值图像图分别进行二值化、边缘增强处理。

e) 统计灰度差值图像 CZ_i 中像素值不为 0 的像素点数值 b_1, b_2 和 b_3 ,该值与设定像素阈值 TH_1, TH_2 进行如下比较:

1) 如果 $b_1 < TH_1$,那么证明在监视区域内没有疑似火焰区域存在,继续对 b_2 和 b_3 进行判断,如果 b_1, b_2 和 b_3 都 $< TH_1$,则移动窗口包含新的 3 幅图像,并更新 3 个像素点值,并重复 1) 步骤;

2) 如果 $b_1 > TH_1$,存储其对应图像 $bK1$,此时当 $b_2 < TH_1$ 时,此时可判断瞬间有热辐射源或变化光线进入监控区域,不作任何响应,则移动窗口包含新的 1 幅图像,更新像素点值 b_2 ,并重复 2) 步骤;

3) 如果 $b_1 > TH_1$,且 $b_2 > TH_1$,则存储 b_2 对应图像 $bK2$;

4) 通过 3) 步骤后,如果 $b_3 < TH_1$,则移动窗口包含新

的 1 幅图像,更新像素点值 b_3 ,并重复 4) 步骤;

5) 通过 3) 步骤后,如果 $b_3 > TH_1$,则存储 b_3 对应图像 $bK3$;

6) 如果图像 $bK1, bK2$ 和 $bK3$ 为不连续序列号,则移动窗口包含新的 3 幅图像,并更新 3 个像素点值,并重复 1)-6) 步骤;

7) 求取图像 $bK1$ 和 $bK2, bK2$ 和 $bK3$ 的差值图像,并计算差值后两个图像中像素值不为 0 的像素点数值 c_1 和 c_2 ,如果这两个值都 $> TH_2$,则报警为存在疑似火焰,这是火焰动态变化引起的;

8) 如果 c_1 和 c_2 都 $< TH_2$,则将 $bK1$ 对应序列号图像,前一个序列号图像以及后一个序列号图像替换掉窗口的前 3 幅图像,实现背景的动态更新。

上述步骤用多幅红外火焰图像进行综合判断,结合背景差法和帧间差分法实现动态疑似火焰区域鲁棒准确分割,并确定背景动态更新与否。获得包含疑似火灾区域的图像后,将图像的差值图像作为后续火焰特征提取的基础图像,降低了算法的计算量。

2 火焰特征提取

本文提取的火焰特征包括面积增长特征、形体特征、圆形度特征、尖角特征、边界粗糙度特征和质心位移特征 6 种。

1) 面积增长特征

在火灾初期阶段,火焰快速向周围蔓延,其表现的特征为火焰面积持续增加,因此,可以把火灾火焰面积变化趋势作为火灾火焰检测的一个判据。可以用增长率来表示火焰面积增长^[12],其计算公式如下:

$$\Delta S_t = (S_{t+\Delta t} - S_t) / \Delta t \quad (2)$$

式中 $S_t, S_{t+\Delta t}$ 分别为 t 和 $t+\Delta t$ 时刻火焰图像面积值。通过对上述提取的疑似火灾区域进行二值化处理,将所有像素值为 255 的像素点求和,其结果作为火焰图像面积。面积增长特征可以有效剔除与摄像头存在相对运动的和静止的红外干扰源。

2) 形体特征

火焰的轮廓变化并无规律,且这种变化是连续的、不会发生突变的,因此火焰在相邻的几帧红外图像中的同一区域会出现一定程度相似,可以通过图像之间像素点位置关系来表示,表达式为:

$$\xi_i = \frac{\sum_{(x,y) \in \Omega} b_i(x,y) \cap b_{i+1}(x,y)}{\sum_{(x,y) \in \Omega} b_i(x,y) \cup b_{i+1}(x,y)}, i = 1, 2, 3, \dots, N-1 \quad (3)$$

式中: ξ_i 表示 t 时刻的火焰轮廓的相似度; $b_i(x,y)$ 表示第 i 幅图像中坐标处 (x,y) 的像素,如果该像素是亮点,则 $b_i(x,y) = 1$,否则为 0; Ω 表示火灾疑似区域。令 ξ_i 为像素点 i 的相似度,则可计算疑似火灾区域总相似度为:

$$\bar{\xi} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \xi_i \quad (4)$$

其中 N 为像素点个数。定义火焰相似度判别阈值 ξ_1^* 和 ξ_2^* ,其中 $\xi_1^* < \xi_2^*$ 。如果 $\bar{\xi} < \xi_1^*$ 或 $\bar{\xi} > \xi_2^*$,则表示相似度低,

判定疑似区域为非火焰区域,如果 $\bar{\xi} \in (\xi_1^*, \xi_2^*)$, 表示相似度高,认为该火灾候选区图像具备火焰的形体变化特征^[13]。

3) 圆形成度

火焰的圆形成度波动比较大,而其他干扰源的圆形成度相对稳定。学者一般以圆形成度作为火灾识别判据,本文在此基础上增加了圆形成度方差作为补充判据^[6],这样可以提高与其他红外辐射干扰源的区分度。

圆形成度的表达式为:

$$C_k = L_k^2 / (4\pi A_k) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$F_c = \begin{cases} 1 & \text{if}(C_k > C_i) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

式中: L_k 、 C_k 、 A_k 分别表示第 k 个图元的周长、圆形成度与面积, n 表示图元个数, C_i 为圆形成度阈值。

圆形成度方差判定公式如下:

$$F_k = \begin{cases} 1 & \text{if}(\delta_k^2 > \delta_i^2) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

式中: δ_i^2 为圆形成度方差阈值, δ_k^2 为疑似火焰的圆形成度方差值。

若圆形成度判别值 F_c 与圆形成度误差判别值 F_k 都为 1, 则判定疑似火焰满足圆形成度特征。

4) 尖角特征

边缘抖动是火灾火焰一个重要特征,其在红外图像上的表现为尖角数目不断变化,而蜡烛或白炽灯等干扰物体没有这样的特征。本文综合多个火焰尖角特点对火焰尖角进行判别,来提高火焰尖角的识别准确度。首先提取红外图像中疑似火灾候选区的局部极值点,然后将其作为火焰区域的边缘火焰尖角极点^[14];其次火焰尖角具有狭长特征,令 $f(n)$ 为火焰图像某一行的亮点个数, $f(n-1)$ 为上一行的亮点个数,通过比值 $f(n)/f(n-1)$ 范围约束可以表征该特征;此外,可以通过限制尖角高度最小值和尖角宽度最大值来过滤一些非尖角干扰。

5) 边界粗糙度

火灾火焰没有一个特定的边界,可以通过边界粗糙度来描述火焰轮廓的随机性和粗糙性^[12]。定义凸多边形的周长为 L_c ,其为能够包含某个疑似火焰连通区域的所有像素且面积最小的凸多边形,定义指定区域火焰边沿的周长为 L ,则火焰粗糙度 B_r 可表示为^[6]:

$$B_r = L/L_c \quad (8)$$

6) 质心位移特征

火焰燃烧过程中的面积不断变化导致火焰质心也不断移动,但火焰的形状不会发生突变,即红外视频图像中相邻帧的火焰候选区域的质心不会发生突变,这种特征可以用来排除快速移动的红外干扰源^[6]。本文将候选区域质心的相对稳定性作为火灾火焰的判据之一。

3 火焰多特征融合算法

通过层次分析法对火灾火焰多个特征的融合来提高火灾的判别准确度。层次分析法^[15] 不仅充分发挥人类经验积累优势,而且可以输出精确的数值解。改进层次分析法

火焰识别多特征融合方法是首先根据先验知识对火焰特征重要性两两进行比较(三标度法)来确定比较矩阵^[16],获得比较矩阵的拟优一致矩阵,然后对火灾的多个特征进行赋权值,再与特征系数进行加权以得到精确的数值解,该数值解与预设定阈值进行比较作为火灾识别的依据。

常规采用九标度的层次分析法,受主观性影响大,且需要对判别矩阵的一致性进行反复验证,计算量大,采用三标度的改进层次分析法,不仅判别矩阵易于构造,且不用检验判别矩阵的一致性,算法运行效率更高。

通过以下 7 步实现对火焰多特征动态赋权值:

1) 建立层次结构模型。对前文介绍的火焰 6 个特征建立火焰识别层次结构图,如图 1 所示。

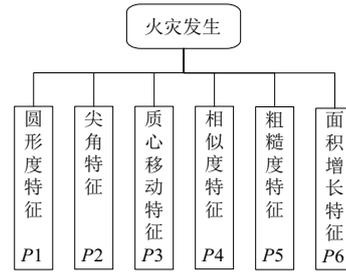


图 1 火焰识别层次结构图

2) 根据三标度法建立比较矩阵 A :

$$a_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{第 } i \text{ 个特征没有第 } j \text{ 个特征重要} \\ 1 & \text{第 } i \text{ 个特征与第 } j \text{ 个特征同等重要} \\ 2 & \text{第 } i \text{ 个特征比第 } j \text{ 个特征重要} \end{cases} \quad (9)$$

其中 A 矩阵元素 a_{ij} 为第 i 个特征与第 j 个特征相对比的重要性,且 $a_{ij} = 1$ 。

根据火灾先验知识,利用三标度法对火焰特征两两进行比较建立比较矩阵,如表 1 所示。

表 1 火灾特征的比较矩阵

a_{ij}	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	2	2	2	2	2
P2	0	1	2	2	2	2
P3	0	0	1	1	2	2
P4	0	0	1	1	2	2
P5	0	0	0	0	1	2
P6	0	0	0	0	0	1

3) 计算重要性排序指数 r_i , 其中 $r_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$, 则有 $r_1 = 11, r_2 = 9, r_3 = 6, r_4 = 6, r_5 = 3, r_6 = 1$ 。

4) 构造判断矩阵 B 。判断矩阵 B 中的元素 b_{ij} 可以通过公式(11)获得:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 6 & 6 & 9 & 11 \\ 1/3 & 1 & 4 & 4 & 7 & 9 \\ 1/6 & 1/4 & 1 & 1 & 4 & 6 \\ 1/6 & 1/4 & 1 & 1 & 4 & 6 \\ 1/9 & 1/7 & 1/4 & 1/4 & 1 & 3 \\ 1/11 & 1/9 & 1/6 & 1/6 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$b_{ij} = \begin{cases} \frac{r_i - r_j}{r_{\max} - r_{\min}} \times (k_p - 1) + 1 \\ \left[\frac{|r_i - r_j|}{r_{\max} - r_{\min}} \times (k_p - 1) + 1 \right]^{-1} \end{cases} \quad (11)$$

式中, b_{ij} 为 \mathbf{B} 矩阵元素, $k_p = r_{\max} / r_{\min}$ 。

5) 令 $C_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n \left(\lg \frac{b_{ix}}{b_{jx}} \right)$, 可通过判断矩阵 \mathbf{B} 获得其最优传递矩阵 \mathbf{C} 为:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 0 & \lg 1.780\ 1 & \lg 4.693\ 6 & \lg 4.693\ 6 & \lg 12.375\ 6 & \lg 22.030\ 3 \\ -\lg 1.780\ 1 & 0 & \lg 2.636\ 7 & \lg 2.636\ 7 & \lg 6.952\ 0 & \lg 12.375\ 6 \\ -\lg 4.693\ 6 & -\lg 2.636\ 7 & 0 & 0 & \lg 2.636\ 7 & \lg 4.693\ 6 \\ -\lg 4.693\ 6 & -\lg 2.636\ 7 & 0 & 0 & \lg 2.636\ 7 & \lg 4.693\ 6 \\ -\lg 12.375\ 6 & -\lg 6.952\ 0 & -\lg 2.636\ 7 & -\lg 2.636\ 7 & 0 & \lg 1.780\ 1 \\ -\lg 22.030\ 3 & -\lg 12.375\ 6 & -\lg 4.693\ 6 & -\lg 4.693\ 6 & -\lg 1.780\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

6) 判断矩阵 \mathbf{B} 的拟优一致矩 \mathbf{D} 中元素 d_{ij} 可以通过公式 $d_{ij} = 10^{c_{ij}}$ 获得:

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 1 & 1.780\ 1 & 4.693\ 6 & 4.693\ 6 & 12.375\ 6 & 22.030\ 3 \\ 0.561\ 8 & 1 & 2.636\ 7 & 2.636\ 7 & 6.952\ 1 & 12.375\ 6 \\ 0.213\ 1 & 0.379\ 3 & 1 & 1 & 2.636\ 7 & 4.693\ 6 \\ 0.213\ 1 & 0.379\ 3 & 1 & 1 & 2.636\ 7 & 4.693\ 6 \\ 0.080\ 8 & 0.143\ 8 & 0.379\ 3 & 0.379\ 3 & 1 & 1.780\ 1 \\ 0.045\ 4 & 0.080\ 8 & 0.213\ 1 & 0.213\ 1 & 0.561\ 8 & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

7) 获取火焰各个特征的权重信息。

求得矩阵 \mathbf{D} 对应的最大特征值 $\lambda_{\max} = 6.003\ 7$, 对应的特征向量为 $[0.840\ 7, 0.472\ 3, 0.179\ 1, 0.179\ 1, 0.068\ 2, 0.038\ 2]$ 。该向量为规范向量, 于是得到圆形度权重为 0.840 7, 火焰尖角权重为 0.472 3, 质心移动权重为 0.179 1, 火焰粗糙度权重 0.179 1, 火焰相似度权重为 0.068 2, 面积增长权重为 0.038 2。

基于改进层次分析法得到火焰特征权重后, 将火焰的各个特征匹配一个记录器 $I(\gamma)$, 其中 γ 对应不同的火焰特征。当视频图像中火焰满足某个特征时, 把相应的记录器置 1, 记录器表达式为:

$$\begin{cases} I(\gamma) = 1 & X_{\text{low}} \leq X \leq X_{\text{high}} \\ I(\gamma) = 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

式中 X 为特征实时检测值, $X_{\text{low}}, X_{\text{high}}$ 分别为对应特征的上下阈值。

定义各火焰特征权重表示符号如表 2 所示。

表 2 火焰特征权重符号表

火焰特征权重符号	圆形度特征	尖角特征	质心移动特征	粗糙度特征	相似度特征	面积增长特征
符号	W_c	W_s	W_z	W_r	W_x	W_m

则候选区疑似火焰多特征加权概率计算式为:

$$I_F = I(c)W_c + I(s)W_s + I(z)W_z + I(r)W_r + I(x)W_x + I(m)W_m \quad (15)$$

通过将火焰疑似概率 I_F 与用户设定的火焰特征全局评估值 I_{Th} 进行比较, 若 $I_F \geq I_{Th}$ 时, 则认为火灾发生, 否则认为火灾没有发生。

4 实验研究

本文多特征融合火灾火焰识别算法如图 2 所示, 通过

自适应背景更新、疑似火灾区域提取、火灾火焰特征提取、改进层次分析法多特征融合火灾识别 4 个步骤来实现对火灾的快速有效报警。

实验时, 计算机的 CPU 采用 Intel Core i5-4590 3.30GHz, 内存为 8GB, 数字彩色 CCD 通过 USB 连接计算机, 采用 C++ 语言进行采集软件和相关算法实现。录制室内火焰视频 1 与室外火焰视频 2, 作为验证本文算法的样本, 其中视频 1 有 116 帧图像、视频 2 有 85 帧图像。

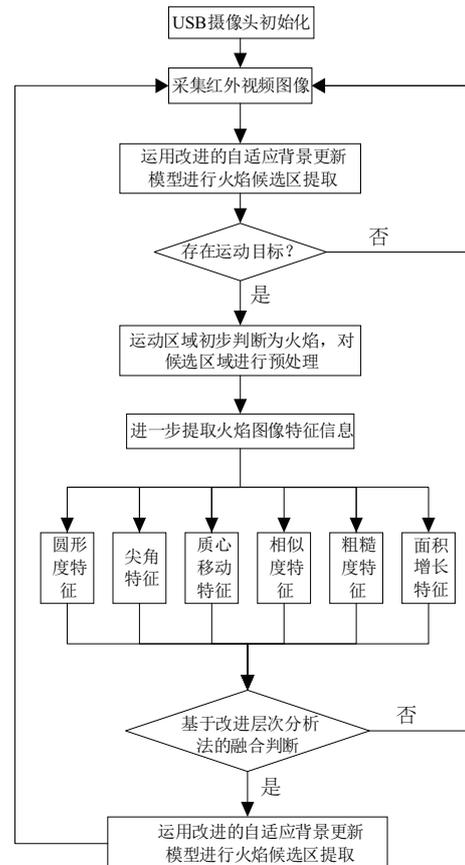


图 2 火灾火焰识别算法流程图

为了验证本文提出的自适应背景更新疑似火焰区域检测方法的有效性, 使用帧间差分法对火焰视频 2 作对比实验, 结果如图 3 所示。从图 3a) 和图 3d) 可以看出, 采用红外图像有较少的背景干扰, 使火焰信息更加突出。基于常规彩色视频与红外视频, 帧间差分法火焰的提取效果如

图 3b)、图 3c) 所示。可以看到,基于彩色视频提取的火焰信息有较多干扰,而基于红外视频提取的火焰尽管减少了干扰信息,但对于这种运动缓慢且在红外图像中颜色相近的火焰,帧间差分法往往容易产生空洞,不能获得完整的火焰信息。使用本文自适应背景更新法进行火焰信息提取,建立如图 3e) 所示的背景,最终得到图 3f) 的提取结果,可见本文方法有较少的背景干扰并能够实时进行背景动态更新,更好地还原真实环境,最终达到快速有效分割出疑似火焰区域的目的。

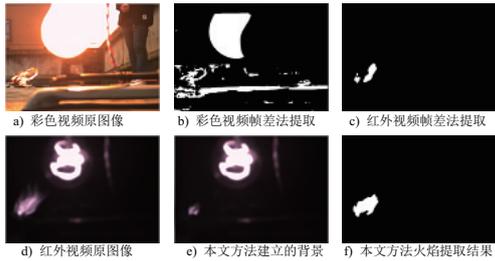


图 3 检测结果分析

为了验证本文火灾识别方法的有效性,对视频 1(图 4 所示)和视频 2 进行对比实验,像素阈值 $TH1$ 、 $TH2$ 分别为 500 与 700,圆形度阈值与圆形度方差阈值分别为 2 与 0.5,火焰尖角数阈值为 4 个,火焰特征全局评估值为 0.6。

实验结果如表 3 所示,文献[5]通过区域分割提取疑似火灾区域,然后通过圆形度大小来判别火灾,该方法实时性较好,但是误报率较高。文献[13]运用了 BP 神经网络进行火灾的多特征融合,能一定程度提高火灾识别的效果,但火焰的识别效率不高。文献[7]基于彩色视频运动目标检测提方法取火灾疑似区域,然后采用九标度的层次分析法进行火灾判别,火灾识别率较文献[13]有所提高,但该算法复杂且多特征融合方法主观性强,导致火灾识别算法实时性和识别率依然不高,而本文方法在识别率和耗时上较上述方法都有较好的改善,可以进行快速精确火灾报警。



图 4 室内火焰视频

表 3 火灾视频检测结果

识别算法	视频 1			视频 2		
	准确火焰识别图片数	识别率/(%)	总耗时/s	准确火焰识别图片数	识别率/(%)	总耗时/s
文献[5]	70	60.3	3.5	49	57.6	2.7
文献[13]	92	79.3	5.8	65	76.5	4.4
文献[7]	95	81.8	19.8	67	78.8	14.5
本文方法	107	92.2	5.2	74	87.1	3.9

5 结语

本文提出的多特征视频火灾火焰检测方法,有效地解决了目前视频火灾检测存在的不足。首先通过自适应背景更新来快速完整提取火灾疑似区,然后通过基于改进层次分析法的火焰多特征融合方法进行火灾识别,能够有效地降低火灾误报与漏报率。该方法能够快速、有效地进行火灾检测,在视频火灾检测领域具有较好的工程应用价值。

参考文献:

- [1] TH Chen, PH Wu, YC Chiou. An early fire-detection method based on image processing[C]// International Conference on Image Processing, Taiwan, 2004:1707-1710.
- [2] 严云洋, 唐岩岩, 郭志波, 等. 融合色彩和轮廓特征的火焰检测[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(10):137-141.
- [3] Yamagishi H, Yamaguchi J. Fire flame detection algorithm using a color camera[C]// International Symposium on Micromechanics and Human Science, USA: IEEE, 1999:255-260.
- [4] 王莹, 李文辉. 基于多特征融合的高精度视频火焰检测算法[J]. 吉林大学学报(工), 2010, 40(3):769-775.
- [5] 李明, 吴爱国. 大空间早期火灾的双波段图像型探测方法[J]. 电器与能效管理技术, 2007(2):37-40.
- [6] 吴茜茜, 严云洋, 杜静, 等. 多特征融合的火焰检测算法[J]. 智能系统学报, 2015(2):240-247.
- [7] 曾思通, 吴海彬, 沈培辉. 基于多特征融合的视频火焰检测方法研究[J]. 图学学报, 2017, 38(4):549-557.
- [8] 吴爱国, 李明, 陈莹. 大空间图像型火灾探测算法的研究[J]. 计算机测量与控制, 2006, 14(7):869-871.
- [9] 代科学, 李国辉, 涂丹, 等. 监控视频运动目标检测减背景技术的研究现状和展望[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(7):919-927.
- [10] Cutler R, Davis L S. Robust Real-Time Periodic Motion Detection, Analysis, and Applications[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 1999, 22(8):781-796.
- [11] 李刚, 邱尚斌, 林凌, 等. 基于背景差法和帧间差法的运动目标检测方法[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(8):961-964.
- [12] 陈少杰. 智能消防中的控制及火源识别系统研究[D]. 南昌:华东交通大学, 2013.
- [13] 陈莹. 大空间图像型火灾探测和自动灭火技术的研究[D]. 天津:天津大学, 2006.
- [14] 吴龙标, 宋卫国, 卢结成. 图象火灾监控中一个新颖的火灾判据[J]. 火灾科学, 1997(2):60-66.
- [15] Zhao Y X, Wei-Ya X U. Risk assessment of TBM construction for tunnels based on AHP and fuzzy synthetic evaluation[J]. Rock & Soil Mechanics, 2009, 30(3):793-798.
- [16] 张天军, 苏琳, 乔宝明, 等. 改进的层次分析法在煤与瓦斯突出危险等级预测中的应用[J]. 西安科技大学学报, 2010, 30(5):536-542.

收稿日期:2018-03-21