

文献引用格式: 吴冬梅, 杨娟利, 王静. 基于 Ohta 颜色空间的火焰检测 [J]. 电视技术 2016 A0(6): 140-143.

WU D M, YANG J L, WANG J. Flame recognition based on Ohta color space [J]. Video engineering 2016 A0(6): 140-143.

中图分类号: TN911.73

文献标志码: A

DOI: 10.16280/j.videoe.2016.06.026

基于 Ohta 颜色空间的火焰检测

吴冬梅, 杨娟利, 王静

(西安科技大学 通信与信息工程学院 陕西 西安 710054)

摘要: 为了提高火焰检测算法的准确率和满足实时性的要求, 在分析火焰颜色特征的基础上, 提出一种基于 Ohta 颜色空间并利用最大熵阈值分割法改进的火焰颜色特征模型。该模型可有效提取疑似火焰区域, 然后通过光流法分析火焰运动方向特征, 进一步判断是否有火灾的发生。实验结果表明, 该算法具有较好的实时性, 能够有效地提高火灾识别的准确率, 降低误检率, 在日常消防系统中具有重要的应用价值。

关键词: Ohta 颜色空间; 最大熵阈值; 运动方向

Flame recognition based on Ohta color space

WU Dongmei, YANG Juanli, WANG Jing

(Communication and Information Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to improve the accuracy and real-time of fire detection algorithm, an improved flame color model based on Ohta color space which use maximum entropy threshold segmentation method is proposed through the analysis of the flame color. The model can effectively extract the suspected flame area, and then analyzing the characteristic of the flame direction by the optical flow method to determine the presence of fire or non-fire patterns. The experiment results show that the proposed method has better robustness and real-time. It can effectively improve the accuracy of fire detection, reduce the false rate, and has important application value in daily fire-fighting system.

Key words: Ohta color space; maximum entropy threshold; direction of movement

火灾是一种最频发、最普遍的灾害之一, 它直接危及人类生命财产安全。及时有效地预警火灾的发生已经成为社会关注的重大问题。随着视频监控设备日益增加和图像处理技术的发展, 视频火灾检测已经成为研究的焦点。这种新型的火灾探测技术, 相对于传统的火灾探测方法, 其成本低, 使用性好。为了有效探测火焰区域, 需要分析火焰的本质特征, 其主要从运动状态、颜色, 以及方向等多个特征来检测。在运动检测方面, Lee 等人利用帧间差分法提取火焰的运动区域, 该方法速度快, 但检测火焰轮廓不完整, 并存在空洞现象^[1]。采用背景跟新法提取火焰的运动区域, 该方法可以有效地提取火焰的边缘细节, 但对光线影响较大^[2-3]。本文结合帧间差分与背景更新法于一体, 弥补

两者的缺陷, 从而可有效提取火焰的运动区域。在颜色检测方面, 杨阳等人利用 YCbCr 颜色空间进行火焰检测^[4], 王等人对 Chen 等人的颜色特征提取方法进行了改进, 建立了新的火焰色彩模型, 有效地提取火焰颜色区域, 但由于 RGB、HSV 颜色空间相关性较大, 易受强光的影响^[5-6]。严云洋等人对 RGB 颜色空间进行了修改, 得到正交的 Ohta 颜色空间, 该颜色空间能够很好地弥补 RGB 颜色空间的缺陷^[7]。本文对 Ohta 颜色空间进行自适应最大熵阈值分割, 可充分发挥该颜色空间在火焰检测上的优势, 同时弥补了严云洋的检测目标不完整的缺点。李涛采用光流法获得火焰候选区域中每个点在四个方向区域的分布, 统计不同区域像素的比例信息得到火焰的方向特征^[8]。但采用 4 个方

基金项目: 国家自然科学基金项目(61302133); 陕西省科技攻关计划项目(2012K06-16)

向不能细致地确定火焰运动方向。

本文通过改进的帧差-背景更新法来提取火焰的运动区域,能够有效避免帧间差分法和背景更新法的缺点。同时利用 Ohta 颜色空间的最大熵阈值分割获得火焰的颜色区域,跟其他颜色空间比,该方法可准确地分割出火焰区域。最后通过判断火焰的运动方向来进一步去除整体运动的物体。实验结果表明,本文方法可实时准确地检查出火焰区域,并进行报警。

1 火焰探测模型

通过对火焰特征信息的分析,本文选取火焰燃烧的运动特性、颜色特性以及方向特性进行检测,其流程图如图 1 所示。首先提取视频帧的运动目标区域和火焰颜色区域,取交集获得火焰的兴趣区域,最后通过分析该区域的主运动方向特征来判断是否为火焰。

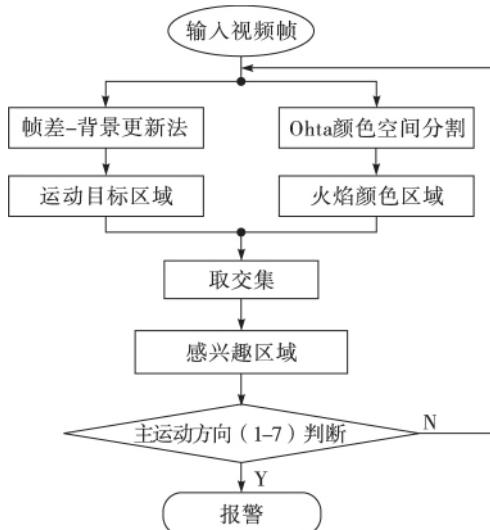


图 1 火焰检测流程图

1.1 火焰运动目标探测

由于火灾发生现场多半存在强光干扰以及对实时性、准确性要求比较高,所以本文将结合帧间差分法和背景更新法于一体,实现了两种方法的优势互补,结合了背景更新法“可准确提取运动目标”和帧间差分法“对光线不敏感,适应性强”的特点^[9]。本文提出的帧差-背景更新法主要分 3 个步骤,一是利用三帧差分法获得一幅运动目标图像;二是根据自适应背景更新法的原理,得到第二幅运动目标图像;三是将以上两幅运动目标图像进行或运算,从而得到最终的运动目标。这样可有效地排除类似火焰颜色的静止物体的干扰。

1.2 火焰颜色探测

1.2.1 Ohta 颜色空间

在火焰图像分割中,选择合适的颜色空间有着重要的意义。Ohta 是 ohta 等人于 1980 年提出了一种三正交分量的颜色空间,该空间不仅适应于多种色彩图像中颜色分割而且对边缘的检测有很好的区分能力。它由 R、G、B 线性转换得到,其转换如式(1)^[7]。相比其他颜色空间,Ohta 颜色空间计算简单、分量独立,能提高图像处理速度。

$$\begin{cases} I_1 = (R + G + B) / 3 \\ I_2 = (R - B) / 2 \\ I_3 = (2G - R - B) / 4 \end{cases} \quad (1)$$

其中 I_1 I_2 I_3 为 Ohta 颜色空间的三个正交特征分量。由 I_3 突出的是绿色分量,正好与火焰颜色特征相悖,同时 I_1 I_2 颜色分量可以很好地分割火焰区域,为了减少计算量并使之更加适合火焰,所以,本文选取 I_1 I_2 的特征作为火焰的颜色分量特征。由于 I_1 代表着颜色空间的亮度,当有火焰存在时,一定伴随着高亮度,同时为了提高检测效率,通过实验本文设定变量 I_1 I_2 的取值范围分别为

$$I_1 \subset [100, 220] \quad (2)$$

$$I_2 \subset [18, 120] \quad (3)$$

比对 Ohta 颜色空间下火焰图像的 I_1 I_2 以及 $I_1 + I_2$ 3 个分量,发现 $I_1 + I_2$ 分量直方图具有明显的单双峰现象,很适合作为火焰的颜色分割变量。

1.2.2 最大熵阈值分割

最大熵图像阈值分割法是 Kapur 等人于 1985 年提出来的^[10]。根据熵的定义可知,熵是平均信息量的表征,对一副大小为 $M \times N$,灰度级为 L 的图像,灰度级值为 i 的像素一共有 N_i 个,分割阈值为 t ,将图像分割为目标 F 和背景 B ,那么图像目标区域的熵和背景区域的熵分别为

$$H_f = - \sum_{i=1}^t \frac{p_i}{P_f} \log \frac{p_i}{P_f} \quad P_f = \sum_{i=1}^t p_i \quad (4)$$

$$H_b = - \sum_{i=t+1}^L \frac{p_i}{P_b} \log \frac{p_i}{P_b} \quad P_b = \sum_{i=t+1}^L p_i \quad (5)$$

式中: $p_i = N_i / N \times M$ p_i 为图像中灰度级 i 出现的概率; P_f 为目标像素概率之和; P_b 为背景像素概率之和; H_f 为图像目标区域的熵; H_b 为背景区域的熵。

目的图像分割的总熵定义为

$$\omega(t) = H_f + H_b \quad (6)$$

当 $\omega(t)$ 取最大值时,此时对应的 t 值为最佳分割

阈值。

1.2.3 基于最大熵的 Ohta 火焰区域分割

在 Ohta 颜色空间中,为了更加准确地分割出火焰区域,本文采用最大熵进行阈值分割。首先,将输入视频转换到 Ohta 颜色空间,获得 I_1, I_2 色彩分量,通过式(2)、(3)把不需要的范围滤除。其次,将处理后得到的 I_1, I_2 色彩分量与原始的 I_2 色彩分量进行按位与计算,同时返回一个 r 色彩分量。最后,将 r 色彩分量进行最大熵阈值分割,从而获得火焰区域。为了体现本文最大熵自适应阈值分割的优越性,本文随机选取一段视频进行分割实验,并依次列出了原图、 r 色彩分量图的直方图、通过文献[7]中颜色空间的分割图以及本文算法得到的火焰区域,实验结果如图 2 所示。

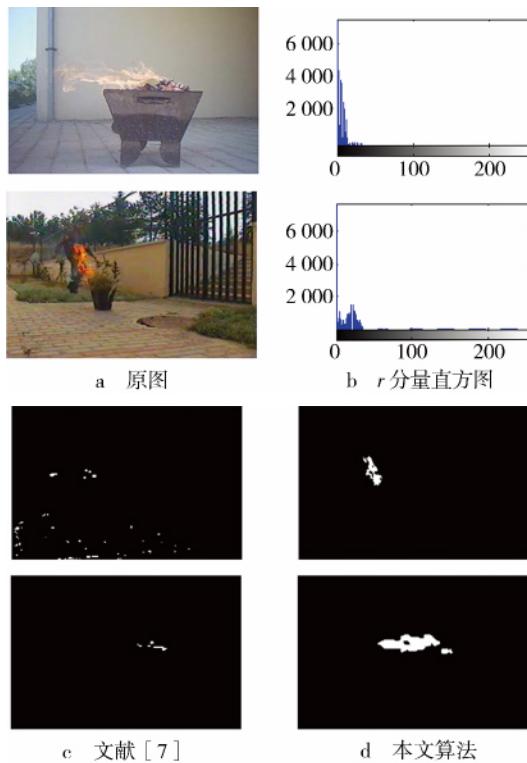


图 2 最大熵阈值分割结果

当从图 2b 可见,在 Ohta 颜色空间中,返回值 r 的直方图具有明显的单双峰现象,可以很好地作为火焰的分割变量。对比图 2c 和图 2d 可见,本文算法提取出来的火焰区域不仅完整,而且可有效去除其他的噪声以及行人的干扰。

1.3 火焰运动方向探测

当火灾发生时,火焰在热量以及涡流的驱使下通常会保持相对稳定位置燃烧而不会做定向运动,而对于整体移动的车辆和行人来讲,在一定的时间和空间

内,移动轨迹往往是定向的,若不是特殊情况,不会呈现非定向运动。基于这种特征,可以分析一段时间内检测到感兴趣区域的运动光流场作为火焰的最终判别特征。

根据以上的理论要求,文中采用基于相位的方法来计算各像素的运动矢量场,利用 Lucas-Kanade 稀疏光流法进行^[11]跟踪可以获得火焰运动的相位信息。假定 $p(x_1, y_1), p(x_2, y_2)$ 是跟踪的某一点在相邻两帧的位置,那么相位角为

$$\theta_i = \arctan [(y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)] \quad (7)$$

设定物体运动方向区间共 12 个,定义编码 1~12 的方向角对应 $0^\circ \sim 360^\circ$,每 30° 一个间隔,顺时针分割为 12 个区域。判断相位角所属区间,从而确定火焰的光流矢量方向。

实验中分别提取火焰视频和非火焰视频的运动矢量方向特征,对此扩散过程中的矢量方向进行了统计,实验结果如图 3~4 所示。

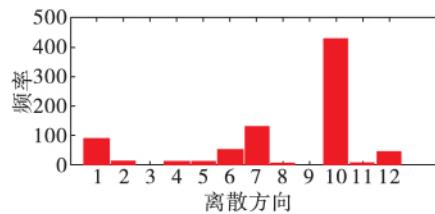


图 3 视频 2 运动方向示意图

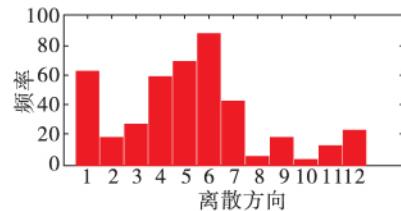


图 4 视频 4 运动方向示意图

在对比图 3 和图 4 可以看出,火焰的运动方向主要分布在 1~7 区域,表现为类向上的特点。而整体运动的物体只是在单一方向上有较高的比例,虽然存在一定的干扰比例分布,但主要运动方向还是占明显优势。换言之,其主要的运动方向上比例相对较高。设定疑似火焰区域在离散运动方向 1~12 上的出现次数,分别记为: n_1, n_2, \dots, n_{12} ,那么在火焰运动中主要运动趋势所占比例^[12]为

$$\alpha = \sum_{i=1}^7 n_i / \sum_{i=1}^{12} n_i \quad (8)$$

图 5~6 是对应视频 2 和视频 4 中主要运动趋势的比例分布图。

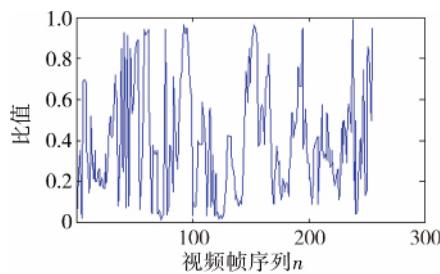


图 5 视频 2 主运动趋势比例分布

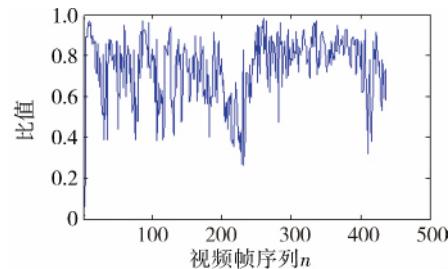


图 6 视频 4 主运动趋势比例分布

通过上图对比发现，在火焰视频中，主运动趋势分布的比例上还是相对较高的，那么设定一个主运动方向比例 α 的阈值，当 α 满足阈值条件时，即符合主运动方向特征，则进行报警，否则，不符合。本文设定阈值为 0.6。

2 试验结果与分析

本文火烟检测算法是在 Vs2010 环境下，用 C++ 语言和部分 OpenCV 库函数编写实现。为了验证算法的环境适应性和准确性，对几个不同场合的视频序列进行实验，所采用的视频主要来源于互联网。表 1 描述了本文选取 8 段视频情况以及视频测试结果，表 2 为对比试验试验结果，本文视频的帧样本以及检测结果比较如图 7 所示。

表 1 视频火焰检测结果

视频序列	场景描述	总帧数	火焰帧数	误检帧数	漏检帧数	准确率/%	每帧处理时间/ms
1	隧道里，无火焰，存在车灯路灯干扰	191	0	0	0	100	49.8
2	公路上，无火焰，存在行驶的红色和其他颜色的车辆	751	0	44	0	94.1	45.6
3	室外火焰，伴有轻烟，远处有行驶的车辆，树叶扰动	376	376	0	2	99.5	60.3
4	室外火焰，火焰受风影响不断偏移、抖动	439	439	0	0	100	69.2
5	室内火焰，墙壁以及地板亮度高，地板存在反光，期间存在无火期	180	148	1	62	65	50.4
6	庭院火焰，光照强烈，背景与火焰颜色相似并存在行人干扰	708	708	58	2	91.5	54.7
7	室外火焰，有穿深红色行人以及浓烟	804	541	0	0	100	62.6
8	森林火焰，火焰区域较多，并伴有浓烟	216	216	2	32	84.3	57.3

表 2 不同算法的平均准确率 %

算法	文献[3]	文献[5]	本文方法
平均准确率	86	89.7	91.8



图 7 视频的帧样本以及检测结果显示

表 1 可以看出本文算法对视频 1、4、7 具有理想的检测效果，对视频 2、3、6 也有较高的准确率，而视频 5 的检测率比较低，由于是远景室内小火，受光照的影

响，存在地板反光，同时火焰颜色非常接近墙面并偏白色，从而导致该算法检测率低。对于视频 8 来说，由于视频中存在多区域火焰，但最下面区域火焰的运动比较小，从而影响了检测率。对大量视频进行时间统计，平均每帧处理时间 57 ms，可达到实时处理的要求。

经过对不同视频的准确率统计平均可得，本文算法的准确率总体优于以上文献。虽然存在误检率和漏检率，但不会影响每隔 5 s 的报警效果。

3 结论

本文针对火焰检测的准确率和环境适应性的不足，提出了一种简单高效的检测算法。结合帧间差分和背景更新法来提取完整的运动目标，然后通过分析运动目标在 Ohta 颜色空间的颜色特征，通过最大熵阈

(下转第 148 页)

- pixel measurements using a moment-based edge operator [J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence ,1989 ,11(12) : 1293–1308.
- [5] GHOSAL S , MEHROTRA R. Orthogonal moment operator for Subpixel edge detection [J]. Pattern recognition ,1993 ,26(2) : 295–306.
- [6] 李金泉 ,王建伟 ,陈善本 ,等. 一种改进的 Zernike 正交矩亚像素边缘检测算法 [J]. 光学技术 ,2003 ,29 (4) : 500–503.
- [7] 唐坚刚 ,林新 ,任琳 ,等. 一种改进的亚像素边缘检测方法 [J]. 信息技术 2014(3) : 1–4.
- [8] 魏本征 ,赵志敏 ,华晋 ,等. 基于改进形态学梯度和 Zernike 矩的亚像素边缘检测方法 [J]. 仪器仪表学报 ,2010 ,31(4) : 838–844.
- [9] TEAGUE M R. Image analysis via the general theory of moments [J]. Journal of the optical society of America ,1980 ,70: 920–930.
- [10] 张宝峰 ,王明跃 ,朱均超 ,等. 一种零件图像亚像素边缘检测算法 [J]. 计算机仿真 2014 ,31(2) : 288–292.
- [11] 王吉林 ,赵力. 基于改进 Zernike 矩法的电缆护套材料亚像素厚度测量 [J]. 计算机测量与控制 2010 ,18(4) : 782–784.
- [12] OTSU N. A threshold selection method from gray-level histograms [J]. IEEE transactions on systems man and cybernetics ,SMC29 ,1979 ,9(1) : 62–66.
- [13] 杨浩 ,裴蕾 ,李昌顺 ,等. 基于 Zernike 矩亚像素边缘检测的快速算法 [J]. 计算机应用研究 ,2011 ,28 (11) : 4380–4382.
- [14] 高世一 ,赵明扬 ,张雷 ,等. 基于 Zernike 正交矩的图像亚像素边缘检测算法改进 [J]. 自动化学报 ,2008 ,34 (9) : 1163–1168.



作者简介:

于微波(1970—),女,硕士生导师,主要研究方向为智能仪器与智能控制;

马艳辉(1989—),硕士生,主研图像处理;

刘芳雪(1989—),女,硕士生,主研图像处理;

刘克平(1971—),硕士生导师,主要研究方向为工业机器人。

责任编辑: 闫雯雯

收稿日期: 2015-08-14

(上接第 143 页)

值进行分割,获得火焰的兴趣区域,最后,通过光流法分析感兴趣区域的运动方向特征。结果表明,该算法能在不同环境下如室内外、森林、公路等环境下较准确实时地检测出火焰,具有一定的使用价值。在下一步工作中,将进一步提高算法的实时性,使之更加完善。

参考文献:

- [1] BYOUNGMOO L ,DONGIL H. Real-time fire detection using camera sequence image in tunnel environment [J]. International journal of information acquisition ,2007 ,4681 (3) : 1209–1220.
- [2] HE S M ,YANG X N ,ZENG S T ,et al. Computer vision based real-time fire detection method [J]. Journal of information & computational science 2015 ,12(2) : 533–545.
- [3] 王媛彬 ,马宪民. 基于特征融合的图像型火灾探测方法 [J]. 计算机工程 2011 ,37(19) : 166–167.
- [4] LIU Z G , YANG Y , JI X H. Flame detection algorithm based on a saliency detection technique and the uniform local binary pattern in the YCbCr color space [J]. Signal image & video processing ,2015(6) : 1–8.
- [5] 严云洋 ,吴茜茵 ,杜静 ,等. 基于色彩和闪频特征的视频

火焰检测 [J]. 计算机科学与探索 ,2014 ,8 (10) : 1271–1279.

- [6] 张学敏 ,蔡晓东 ,梁玉敏. 基于目标跟踪和多特征融合的火焰检测算法 [J]. 电视技术 2013 ,37(15) : 205–210.
- [7] 严云洋. 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.
- [8] 李涛. 基于新的运动特征的火焰检测方法 [J]. 计算机仿真 2014 ,31(9) : 392–396.
- [9] 丁磊 ,宫宁生. 基于改进的三帧差分法运动目标检测 [J]. 电视技术 2013 ,37(1) : 151–153.
- [10] LIN C , YU C X. Image segmentation based on maximum entropy and kernel self-organizing map [C]// 2012 Spring Congress on IEEE Engineering and Technology(S-CET) . Xi'an [s. n.], 2012: 1–4.
- [11] 姚太伟 ,王慧琴 ,胡燕. 基于小波变换和稀疏光流法的火灾烟雾检测 [J]. 计算机工程 2012 ,38(6) : 204–206.
- [12] YU C ,ZHANG Y ,FANG J ,et al. Video smoke recognition based on optical flow [C]// International Conference on IEEE Advanced Computer Control (ICACC) . Shenyang [s. n.] 2010 ,2: 16–21.



责任编辑: 闫雯雯

收稿日期: 2015-09-01