

基于红外图像的火焰识别研究

李玲 贾磊磊 张旭
(洛阳师范学院物理与电子信息学院 河南洛阳 471000)

摘要:本文进行了基于红外图像的火焰识别研究。首先根据火焰的高温高亮特征,采用阈值法进行火焰可疑区域分割;然后分析了火焰的图像特征,根据火焰轮廓的不规则特点提取圆形度,根据轮廓形状不断变化的特点提取轮廓形状变化量,根据火焰区域面积不断变化的特点提取面积变化率,最后进行综合判别。采集3组实验视频,在Fedora系统下进行了实验,结果表明本算法有较低的漏判率和误判率。

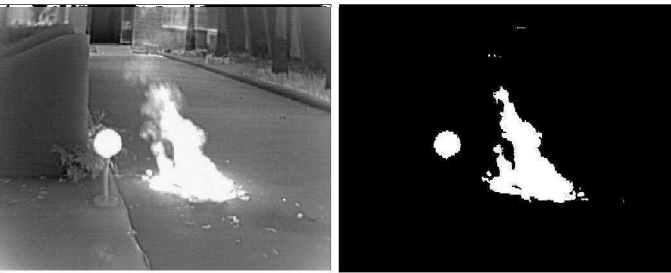
关键词:阈值分割 圆形度 轮廓形状变化率 面积变化率

中图分类号:TN91 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-9416(2015)09-0065-02

许多学者进行了基于红外图像的火焰识别研究,火焰图像分割和火焰图像特征提取是其中的两个研究重点。火焰分割大部分采用阈值法,例如Luis Merino等在红外图像中采用阈值法进行火焰的分割^[1],厉谨采用了基于阈值的火灾图像分割算法^[2]。Che-Bin Liu等采用离散傅里叶变换描绘子的时间序列模型来描述火焰轮廓的形状变化^[3],Dengyi Zhang等定义了离散傅里叶变换描绘子的欧氏距离,来刻画轮廓的形状变化^[4],王士迪等用离散余弦变换描绘子间的欧氏距离来表征轮廓的变化剧烈程度^[5]。杨娜娟等分析了火焰的面积变化率、圆形度和尖角特征^[6]。本文分析了红外图像中的火焰特征,根据火焰的温度、边界不规则、轮廓变化、面积变化等特点来识别火焰,并采用拍摄的红外视频进行了实验分析。

1 火焰可疑区分割

物质燃烧产生的大量能量以电磁波的形式向周围辐射,这些电磁波主要有以热辐射为主的红外波段和以光辐射为主的可见光波段^[7]。因此用红外摄像机采集的火焰视频图像中,即火焰区的亮度要



(a)原图 (b)阈值分割结果

图1 阈值分割

表1 连续5帧的圆形度

序号	1	2	3	4	5
白炽灯	0.732	0.664	0.678	0.812	0.660
火焰	0.176	0.198	0.250	0.326	0.226

表2 连续4幅图像的8点DCT描绘子

DC	火焰				白炽灯			
	第一帧	第二帧	第三帧	第四帧	第一帧	第二帧	第三帧	第四帧
C(2)	0.853	0.869	0.906	0.968	1.193	1.205	1.223	1.180
C(3)	0.710	0.632	0.784	0.687	0.628	0.627	0.634	0.628
C(4)	0.075	0.168	0.104	0.083	0.028	0.024	0.023	0.015
C(5)	0.087	0.175	0.148	0.142	0.161	0.178	0.168	0.159
C(6)	0.071	0.105	0.026	0.039	0.037	0.031	0.030	0.029
C(7)	0.149	0.127	0.039	0.162	0.062	0.059	0.052	0.061
C(8)	0.010	0.113	0.165	0.108	0.020	0.020	0.014	0.014
C(9)	0.065	0.033	0.052	0.087	0.044	0.033	0.038	0.046
dct_dis	—	0.190	0.216	0.184	—	0.025	0.024	0.047

收稿日期:2015-08-10

作者简介:李玲(1988—),女,汉族,河南南阳人,硕士研究生,助教,毕业于:华南理工大学,就职于:洛阳师范学院,研究方向:图像处理、检测技术等。

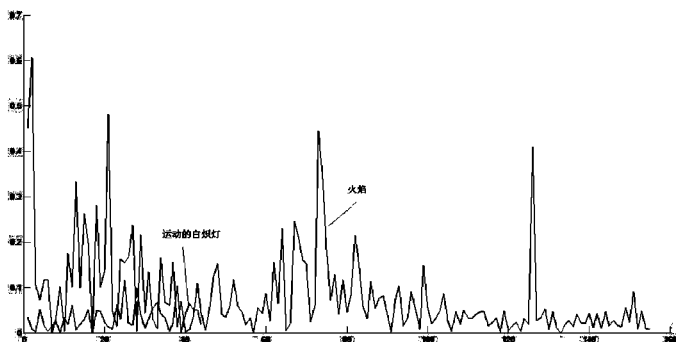


图2 火焰和白炽灯面积变化率比较

表3 实验结果统计

视频序列	视频时长	漏判率	误判率
1	1分4秒	0	0
2	1分27秒	4.7%	1.4%
3	1分59秒	10.5%	5.4%

维复序列, 即, $f(m) = x(m) + jy(m) (1 \leq m \leq N)$, N 为轮廓上的点数。

对其做离散余弦变换得:

$$X(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos \frac{(2n+1)k\pi}{2N} \quad (2)$$

$$Y(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{n=0}^{N-1} y(n) \cos \frac{(2n+1)k\pi}{2N} \quad (3)$$

$$F(k) = X(k) + jY(k) \quad (4)$$

对复序列的实部和虚部分别变换, 避免了复数运算。再通过公式(5)和公式(6)就可以得到归一化的离散余弦变换系数:

$$|F(k)| = \sqrt{X(k)^2 + Y(k)^2} \quad (5)$$

$$C(k) = |F(k)| / |F(1)| \quad (k \geq 2) \quad (6)$$

这样做的好处是, 使离散余弦变换后的系数具有平移、旋转和缩放的不变性。舍弃直流分量 $|F(0)|$ 和常数 $C(1)$, $C(k \geq 2)$ 就是轮廓形状的DCT描绘子, 它是一个实数序列。

DCT系数的低频部分主要反映轮廓的整体形状, 高频部分更多的表征了轮廓形状的细节。为了降低数据量, 同时保留必要的细节系数, 考虑舍去一部分高频系数, 使用8点DCT描绘子来表征可疑区的轮廓形状, 可将其表示为 $DC = (C(2), C(3), \dots, C(9))$, 显然这是一个8维向量, 计算的时候只需要使用离散余弦变换的前10个系数。

2.2.2 轮廓形状变化量

既然DCT描绘子表征了火焰的轮廓形状特点, 那么相邻帧之间火焰轮廓DCT描绘子的差异程度就可以表征火焰区域轮廓形状的变化程度。相邻帧之间火焰轮廓DCT描绘子的差异程度可以使用欧氏距离来度量。假设 DC_i 与 DC_{i-1} 分别表示当前帧和上一帧图像的DCT描绘子向量, 则可将相邻两幅图像中可疑火焰区域的轮廓形状变化量定义为:

$$dct_dis = \|DC_i - DC_{i-1}\|_2 = \sqrt{\sum_{k=2}^9 (C_i(k) - C_{i-1}(k))^2} \quad (7)$$

这是用欧氏距离模型表示的轮廓形状变化量, 当它大于阈值 T_d 时, 可认为相邻帧之间的可疑区轮廓变化显著。

计算连续4幅图像(间隔8帧)中火焰轮廓和白炽灯轮廓的DCT描绘子及相应的轮廓形状变化量, 如表2所示。可见, 火焰的轮廓形状变化量比固定光源的白炽灯高了一个数量级, 这是因为火焰的轮廓形状变化远比白炽灯剧烈。实验分析表明, 这一特点对于移动中的白炽灯、蜡烛火焰同样适用。因此, 轮廓形状变化量可以作为火焰识别的必要判据。

2.3 火焰区域的面积变化

火灾早期往往伴随着着火区和火势的增大, 火焰的面积呈现连续的、扩展性的增加趋势, 因此面积的增大可以作为早期火焰的一个判据。在图像处理中, 面积可用分割出的可疑区的像素数目表示。归一化的面积变化可用下列公式表示:

$$|\Delta A_i| = \frac{|A_i - A_{i-1}|}{A_i} \quad (8)$$

其中, A_i 为火焰可疑区的面积, 可用可疑区的像素数目表示。

计算红外视频中火焰区域和白炽灯区域的面积变化率, 绘制曲线如图2所示。可见, 火焰的面积变化率远大于白炽灯。需要注意的是, 面积变化率大并不是识别火焰的充分判据。这是因为靠近摄像头的光源或其他高温物体, 也会具有较大的面积变化率。

3 实验分析

用废旧报纸、打印纸、瓦楞纸做燃料, 使用flir photon320机芯的红外摄像头采集了3组分辨率为640*480的视频, 1号和2号视频为近距离, 3号为远距离。1号视频特点: 火焰在图像中占主体地位, 白炽灯是高温干扰, 背景简单; 2号视频特点: 火焰从增长到稳定, 最后减小, 视频中有入体、高温水泥地等干扰; 3号视频特点: 包含火焰发生、增长、稳定、减小的过程, 但因拍摄距离远, 火焰区域在图像中所占面积一直较小, 且场景复杂, 视频中有入体、空调、暴晒的墙面和地面等干扰。

在Fedora系统下, 用C++ 语言编写代码, 首先采用灰度化对图片进行预处理, 在保留图片信息的同时, 降低数据量; 然后用阈值法进行分割, 得出可疑火焰区; 再遍历每个可疑区, 求取相应的圆形度、轮廓形状变化量、面积和面积变化率; 最后进行综合判断, 火焰区域应该具有较小的圆形度、较大的轮廓形状变化量和较大的面积变化率。

对采集到的3组视频进行实验, 实验结果统计如表3所示。可见, 本算法具有较低的漏判率和误判率。对近距离情况, 本算法有很好的效果。对远距离的情况可考虑应用火焰的可见光图像特征(如颜色特征), 或引入合适的融合算法(如贝叶斯分类和支持向量机分类), 来进一步降低漏判率和误判率, 提高火焰识别的可靠性。

4 结语

本文研究了火焰可疑区的阈值分割法, 在完整准确的分割目标区域的基础上, 提取了可疑区圆形度、轮廓形状变化量、面积变化率等特征, 并据此进行火焰判断。实验表明本文算法有较低的漏判率和误判率。下一步可考虑应用火焰的可见光图像特征, 如颜色特征等, 来进一步提高火焰识别可靠性。贝叶斯分类器及支持向量机分类器等融合算法也是下一步的研究方向。

参考文献

- [1] Luis Merino, Fernando Caballero, J.R. Mart í nez-de Dios, etc. Cooperative Fire Detection using Unmanned Aerial Vehicles [J]. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation Barcelona, Spain, April 2005.
- [2] 房谨. 图像型火灾探测技术的研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2010.
- [3] Che-Bin Liu, Narendra Ahuja. Vision Based Fire Detection [A]. Pattern Recognition, 2004. ICPR 2004. Proceedings of the 17th International Conference[C]. 2004: 134-137 Vol. 4.
- [4] Dengyi Zhang, Shizhong zhan, Jianhui Zhao, etc. Image Based Forest Fire Detection Using Dynamic Characteristics with Artificial Neural Networks[A]. Artificial Intelligence, 2009. JCAI '09[C]. Hainan Island, 2009: 290-293.
- [5] 王士迪. 无人机平台火灾探测研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
- [6] 杨娜娟, 王慧琴等. 基于支持向量机的图像型火灾探测算法[J]. 计算机应用, 第30卷第4期, 2010.
- [7] 吴龙标, 方俊, 谢启源. 火灾探测与信息处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 28, 65-67, 161.