

文章编号: 2096-1472(2017)-06-01-03

基于SVM的视频图像火焰检测

钟 玲, 张兴坤

(沈阳工业大学信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110870)

摘 要: 为了提高火焰检测的准确率和鲁棒性, 提出了一种基于支持向量机(SVM)的火焰检测算法。首先根据火焰的颜色和运动特性, 结合YCbCr颜色高斯模型和ViBe算法提取疑似火焰区域; 为了提高检测的鲁棒性, 并降低计算量, 以秒为检测周期, 提取疑似火焰区域的动、静态特征; 最后将特征向量送入预训练好的SVM中进行最终判决。仿真实验表明, 该算法具有较高的准确率, 同时满足实时性要求。

关键词: 火焰检测; 支持向量机; 多特征融合

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

Flame Detection of Video Images Based on SVM

ZHONG Ling, ZHANG Xingkun

(School of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

Abstract: In order to improve the accuracy and robustness of flame detection, the paper proposes a flame detection algorithm based on Support Vector Machine(SVM). Firstly, according to the color and motion characteristics of the flame, the algorithm extracts the suspected flame area with the YCbCr color Gauss model and the ViBe algorithm. Secondly, in order to improve the robustness of detection and reduce calculation, the algorithm extracts the dynamic and static characteristics of the suspected flame area on a one-second cycle. Finally the feature vector is put into the pre-trained SVM for detection. The simulation results show that the algorithm has high accuracy and meets the real-time requirements.

Keywords: flame detection; Support Vector Machine(SVM); multi-feature fusion

1 引言(Introduction)

火灾是常见的重大灾害之一, 如何避免因火灾造成的损失一直是人们努力的方向, 对如何在火灾发生初期就将其探测出来的研究也受到了广泛的关注。早期的火灾探测系统依赖传感器的性能, 受到环境干扰及自身有效探测范围的限制, 无法确保及时准确地检测火灾。随着数字图像处理及机器视觉的发展, 通过监控摄像机采集的视频图像进行火焰检测, 适用于复杂空间环境下的火灾探测, 且有着成本低、检测率高、响应时间短等优点。

初期, 火焰检测研究主要致力于火焰模型的分析。Chen^[1]等人分析了火焰视频图像的颜色模型, 采用基于RGB和HSI的颜色模型计量颜色特征判断是否存在火焰。Celik等^[2,3]通过统计大量火焰图像的像素值, 为了防止亮度对其的影响, 在规范化的RGB颜色空间对火焰进行分析, 在R-G、R-B、G-B三个平面上获得了火焰的颜色模型。但是使用单

一颜色特征检测火焰准确率不高, 吴爱国等^[4]引入了圆形成度进行火焰检测。Borges^[5]在提取的前景基础上, 计算火焰的面积、表面及边界粗糙度等特征, 并根据训练好的贝叶斯分类器进行最终判决。随着火焰检测技术的发展, 融合火焰的静态和动态特征进行识别成为了主流, 常见的分类器主要为神经网络和支持向量机^[6,7]。近期在火焰检测的研究中, 火焰的纹理得到了越来越多的关注, 局部二值模式(LBP)及其等价模式被应用到火焰检测当中^[8,9], 取得了一定的效果。但是由于不同场景下火焰纹理有所差异, 使用纹理对火焰进行分类需要大量样本, 否则泛化能力较弱。

本文使用ViBe算法检测视频图像中的运动物体, 结合YCbCr颜色高斯模型获得疑似火焰前景, 在每个检测周期内, 计算面积变化率、闪烁频率等动态特征, 以及每一帧的颜色、形状等静态特征。使用SVM融合动、静态特征进行最终火焰识别, 得到火焰检测率。

2 火焰前景提取(Flame foreground extraction)

疑似火焰前景提取是火焰检测的第一步,是后续特征提取和分类检测的保障。考虑到火焰在燃烧过程中,位置不会有较大变化的情况下,形状随机变化并伴随着一定频率的闪烁。采用运动检测的方法可以有效地提取到火焰前景,同时结合火焰特有的颜色,排除掉其他颜色的运动物体,即可分割出疑似火焰区域。

2.1 运动检测

火焰相对于视频图像中其他的静态物体,有着明显的运动特性,常见的运动目标检测方法有背景法、帧间法和光流法,本文使用ViBe算法提取运动物体前景,该算法是由Olivier等人于2011年提出的一种像素级的基于动态背景建模的前景提取算法^[10],有着计算量小、检测效果好、内存占用少等优点。如图1所示,为ViBe算法检测的运动前景,可以看出图像中因树木燃烧产生的火焰和烟雾都被检测出。

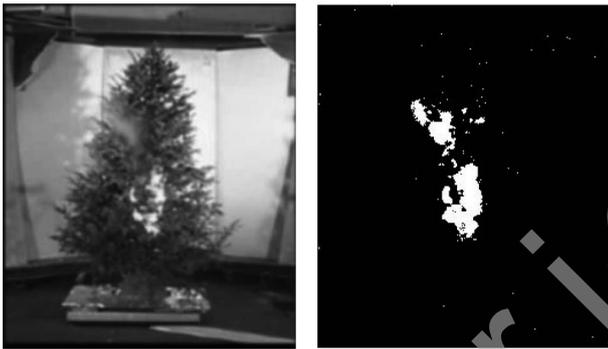


图1 运动目标检测结果

Fig.1 Moving object detection result

2.2 火焰颜色模型

颜色作为火焰最显著的特征之一,无论在前景检测还是在识别过程中都能提供充足的信息。为了分析火焰的颜色特征,本文提取了来自网络的476张火灾和火焰图像中的火焰像素点,并统计了火焰像素点YCbCr空间下各个通道下的像素值出现的频率。如图2所示,是各通道下的像素值分布情况。

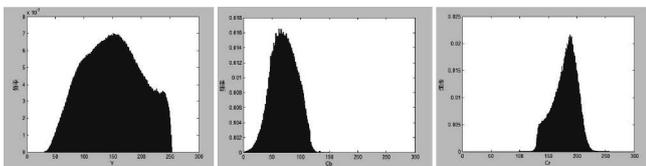


图2 Y、Cb、Cr通道像素值出现的频率

Fig.2 Value frequency of Y, Cb, Cr channels

火焰亮度较高,但分布不集中,为了估计火焰颜色的分布,本文使用Cb、Cr通道的像素值的统计分布规律。使用高

斯模型描述Cb、Cr通道的联合分布密度函数:

$$P(x) = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-\rho^2}} e^{-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left(\frac{(x_1-\mu_1)^2}{\sigma_1^2} - \frac{2\rho(x_1-\mu_1)(x_2-\mu_2)}{\sigma_1\sigma_2} + \frac{(x_2-\mu_2)^2}{\sigma_2^2}\right)} \quad (1)$$

其中, x_1 、 x_2 分别表示Cb、Cr通道的像素值。 μ 和 σ 表示对应通道下的均值和标准差, ρ 表示两个通道的相关系数,根据统计数据计算其协方差得到, ρ^2 为0.06,可见这两项虽然不是完全相互独立,但是其线性相关性很低。

结合ViBe算法和颜色模型进行火焰前景提取,将满足运动条件和颜色模型的点记为火焰点。对于每个检测周期,火焰点帧数占比超过一半的像素点标记为前景。如式:

$$F(x, y) = \begin{cases} 1 & \frac{C(x, y)}{T} > \alpha \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

其中, T 为检测周期, $C(x, y)$ 是检测周期 T 内点 (x, y) 为火焰像素的帧数, α 为比率阈值取0.5,若 $F(x, y)$ 等于1则表示点 $F(x, y)$ 为前景点。

3 火焰特征提取(Flame feature extraction)

如何选择火焰特征是提高火焰检测率,降低误检率的关键,这些特征应该对火焰和干扰物体具有较高的可分性。本文选取火焰颜色、圆形度、面积变化率及火焰的闪烁特征,进行火焰检测。

3.1 颜色特征

作为火焰最为显著的静态特征,火焰的颜色特征是不可忽略的。承前所述,火焰颜色在YCbCr空间中的颜色概率已经给出,通过计算目标所有像素颜色概率的均值 P_c 表示颜色特征。

$$P_c = \frac{1}{N} \sum_{(i, j) \in S} P(i, j) \quad (3)$$

3.2 圆形度

由于火焰燃烧时形状不规则程度较高,与车灯等形状规则的光源干扰区别明显,故使用圆形度作为火焰的一项特征。圆形度的计算如下式:

$$C = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (4)$$

其中, A 是图形的面积, P 是图形的周长。若图形越接近圆形,则 C 越接近1,而图形轮廓越复杂,则 C 越接近0。

3.3 面积变化率

火焰燃烧初期,火焰面积逐渐增大,且火焰燃烧时形状

随机变化,也会导致面积的变化。而其他干扰本文根据火焰这一特性,计算火焰区域的帧间面积变化率作为判别火焰的一项依据。面积变化率的计算如下式:

$$R_{A_i} = \frac{|A_i - A_{i-1}|}{\text{Max}(A_i, A_{i-1})} \quad (5)$$

式中, A_i 是第 i 帧的火焰区域面积。

3.4 闪烁频率

火焰具有显著的闪烁特征,在视频初始的时刻,使用一个与视频同等大小的计数矩阵 M 记录每个时刻每个像素的累计变化次数,初始为零。设像素 (x, y) 点在时刻 t 的亮度值为 $I(x, y, t)$,若连续两帧的亮度差的绝对值大于一定阈值 Th ,即认为该像素是变化的,对应的计数矩阵位置加1,否则不变。

$$M(x, y, t) = \begin{cases} M(x, y, t-1) + 1, & \text{if } (|I(x, y, t) - I(x, y, t-1)| > Th) \\ M(x, y, t-1), & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

式中, Th 是为亮度变化设定的范围阈值,取值为10。在一个检测周期内,像素点是否符合火焰闪烁特征,通过其变化次数决定。并通过闪烁像素点的占比来反应火焰的闪烁特征:

$$F = \frac{1}{N} \sum_{(i,j) \in S} (M(x, y, t) - M(x, y, t-T)) > Th_M \quad (7)$$

式中, T 为检测周期, Th_M 为闪烁次数阈值,与 T 相关, S 为检测到的前景区域, N 为前景区域的像素点总数。

4 基于SVM的火焰识别(Flame detection based on SVM)

支持向量机是一种基于统计学习理论的机器学习算法,可以在较少的样本中学习到最优解。本文使用径向基核函数(RBF)作为SVM从低维到高维的映射关系,定义如下式:

$$K(x, z) = \exp\left(-\frac{\|x - z\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (8)$$

其中, σ 为径向基核函数的宽度,取值为0.8时效果较好。

为了训练SVM,从8个火焰视频和4个非火焰视频中通过捕获和人工提取的方式,按检测周期进行特征提取,对于每一个检测周期,根据上节提到的方法提取每一帧颜色特征、圆形度和面积变化率,分别求均值得到三个特征,再提取闪烁特征构成四维向量,将其作为SVM的输入参数,训练SVM分类器。不同的火焰和干扰视频中的火焰二值图像样本如图3所示。

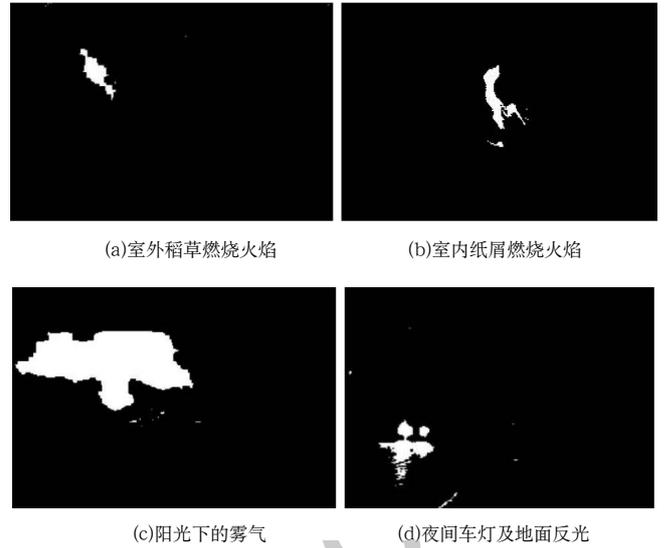


图3 训练样本集

Fig.3 Training data set

5 实验结果与分析(Experimental results and analysis)

仿真实验通过MATLAB软件实现,并与文献[11]中的方法进行对比,为了避免实验数据的随机性带来的影响,得到更准确的结果,使用 K 折交叉验证的方法,对数据进行训练和预测。将数据分成 $K(K=5)$ 份,选择其中一份作为验证数据,其余的 $K-1$ 份作为训练数据,进行一次试验。重复该试验 K 次,求取 K 次试验结果的均值作为最终的结果,如表1所示。从表中可以看出,本文方法具有较高的准确率,以及较低的误检率。由于本文利用了火焰的闪烁特征,可以有效区分大部分不具备闪烁特性的干扰,所以本文方法误检率明显低于文献[11]中的方法。

表1 实验结果比较

Tab.1 Comparison of experimental results

次数	文献[11]方法		本文方法	
	TPR/%	FPR/%	TPR/%	FPR/%
1	93.75	11.81	95.14	9.03
2	95.83	14.58	96.53	12.5
3	93.06	13.89	92.36	6.94
4	90.97	10.42	94.44	8.33
5	91.67	9.72	95.83	6.25
平均值	93.06	12.08	94.86	8.61

6 结论(Conclusion)

本文提出一种基于支持向量机的火焰检测算法,根据火焰的颜色和运动特性提取火焰前景,并设置检测周期,综合火焰的动、静态特征进行火焰识别。避免了单帧判别信息不

足以及计算量大的缺点。并且在特征选取过程中,只选择了区分度较高的特征,且充分考虑了火焰的动态特征,提高了算法的准确率和鲁棒性。

参考文献(References)

- [1] Chen T H,Kao C L,Chang S M.An intelligent real-time fire-detection method based on video processing[C].IEEE,2003 International Carnahan Conference on Security Technology,2003:104-111.
- [2] Celik T,Demirel H,Ozkaramanli H.Automatic fire detection in video sequences[C].Signal Processing Conference,2006,European.IEEE,2006:1-5.
- [3] Celik T,Demirel H.Fire detection using statistical color model in video sequences[J].Journal of Visual Communication & Image Representation,2007,18(2):176-185.
- [4] 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.
- [5] Borges P V K,Izquierdo E.A Probabilistic Approach for Vision-Based Fire Detection in Videos[J].Circuits & Systems for Video

(上接第7页)

消耗相应的时间,压缩效率和压缩率的趋势跟LZW TB1压缩算法相似。LZW TB3压缩算法具有相当不错压缩效果,但是因为分词处理而需要消耗较长的时间,且需要额外保存分词结果以解压缩时使用,只适用于小文本的本地压缩。

虽然压缩结果各不相同,但是能够结合不同场合选择最适宜的算法压缩进行数据压缩并无损解压。本文尚有诸多不足之处需要改进,比如动态构造藏文音节字典的LZW压缩算法,藏文中文英文混合的压缩等均需要改善。

参考文献(References)

- [1] David Salomon.Data Compression:The Complete Reference [M].Springer-Verlag New York Inc.,2000.
- [2] CHO Gyou-nyon,CHO Dong-ho.A study on the efficient compression algorithm of the voice/data integrated multiplexer[A].IEEE International Conference on Communications,1995:18-22.

(上接第11页)

Evolutionary Computation,2014,18(1):20-35.

- [9] 黄红星,黄习培,王秀丽.挖掘最大频繁项集的遗传蚁群优化算法[J].计算机应用研究,2010(27):2505-2508.

作者简介:

叶涛(1972-),男,硕士,副教授.研究领域:信息安全,数

Technology IEEE Transactions on,2010,20(5):721-731.

- [6] 郭健,张涛.基于BP神经网络的仓储火灾火焰识别研究[J].数学的实践与认识,2015,45(7):190-198.
- [7] 段锁林,等.基于改进的PSO优化SVM火灾火焰识别算法研究[J].计算机测量与控制,2016,24(4):202-205.
- [8] 张霞,黄继风.结合LBP直方图和SVM的视频火焰检测[J].计算机应用与软件,2016,33(8):216-220.
- [9] 戴静,等.基于BEMD和SVM的火焰检测算法[J].常州大学学报(自然科学版),2017,29(2):71-77.
- [10] Barnich O,Droogenbroeck M V.ViBe:A Universal Background Subtraction Algorithm for Video Sequences[J].IEEE Transactions on Image Processing,2011,20(6):1709-1724.
- [11] 马宗方,等.基于快速支持向量机的图像型火灾探测算法[J].计算机应用研究,2010,27(10):3985-3987.

作者简介:

钟玲(1970-),女,硕士,副教授.研究领域:图像处理及数据挖掘.

张兴坤(1990-),男,硕士生.研究领域:图像处理.

- [3] HAYASHI S,et al.A new source coding method based on LZW adopting the least recently used deletion heuristic[A].IEEE Pacific Rim Conference On Communications[C].Computers and Signal Processing,1993:190-193.

- [4] 边巴旺堆,等.基于LZ77算法的藏文文本压缩算法设计与实现[J].西藏大学学报,2010,25(2):50-55.

- [5] 祁坤钰.藏文分词与标注研究[M].甘肃:甘肃民族出版社,2015.

- [6] Unicode9.0.http://www.unicode.org/charts/PDF/U0F00.pdf.

作者简介:

李加才让(1993-),男,硕士生.研究领域:藏语信息处理工程.

安见才让(1969-),男,博士,教授.研究领域:自然语言信息处理.

数据挖掘.

于利霞(1983-),女,硕士,工程师.研究领域:数据挖掘,信息安全.

张亚平(1983-),男,博士,副教授.研究领域:数据挖掘,信息安全.