

# 颜色直方图特征分割方法在火灾探测中的应用

陈 威<sup>1</sup>, 刘菁华<sup>2</sup>

(1. 华侨大学 计算机科学与技术学院, 福建 厦门 361021;

2. 华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 厦门 361021)

**摘 要:**火焰目标区域的分割是火灾探测的重要组成部分。有效的目标区域分割方法可以在早期排除掉背景的干扰,降低后续判别的运算复杂度。火焰的颜色具有区别于其他物体背景的独特色彩分布规律,因此文中尝试引入一种基于火焰颜色特征的分割方法。先将视频采集的 RGB 图像转换到 HIS 空间模式下,提取各分量直方图,在图像色相和亮度分量中采用最大类间方差法选择阈值分割提取火焰区域。在实验应用中的结果表明这种方法实现了对火焰目标的有效提取。

**关键词:**分割; HIS 颜色空间; 最大类间方差法

**中图分类号:** TP391.41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2011)07-0199-03

## Application of Color Histogram Segmentation Method in Fire Detection

CHEN Wei<sup>1</sup>, LIU Jing-hua<sup>2</sup>

(1. College of Computer Science & Technology, Huaqiao University, Xiamen 361021, China;

2. College of Information Science & Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** Flame segmentation is an important part in fire detection. Effective segmentation methods can eliminate background interference at initial stage. It help to reduce the computational complexity in detection process. For unique color distribution, the flame color is different from other objects in the background. Try to use color histogram segmentation method in fire detection. Convert the RGB flame image to HIS color space, and extract each components under the histogram. Finally, to filter out the flame zone, by Otsu thresholding in hue and brightness histogram. Experiments results show the efficiency of this method.

**Key words:** segmentation; HIS color space; Otsu

## 0 引言

火灾是人们所面临的一个共同的常见灾难。随着现代社会生产力的发展,社会财富的日益增加,因大空间火灾造成的经济财产损失和危害人民生命的情况有上升及扩大的趋势。如2009年2月9日,北京京广桥附近的央视新大楼北配楼由于业主单位违规燃放烟花和建筑内灭火设施不完善引发了持续的火灾。2010年上海胶州路公寓楼“11·15”特别重大火灾事中,官方调查起因为无证电焊工违章操作,引起住宅脚手架起火,而高层建筑逃生困难,消防设施薄弱,造成居民53人死亡70人受伤的悲剧。2010年福建省福州市中选社区11月21日发生大火,由于社区结构复杂,消防设施无法及时展开,火场绵延约100米,过火面积达1300平方米,火灾共造成39个门牌号、40余户居民受灾,疏散了300余人。在我国大空间建筑及地下设施

的火灾时有发生,已引起有关方面的重视,因此加强安防设施的建设和管理,积极预防灾难事件的发生和发展成为当前不可忽视的需求。

大空间建筑火灾在存在遮挡和环境干扰时,传统常规的点式或线型感烟、感温探测器由于火灾燃烧产物在空间中传播受空间高度和面积的影响,只有当火灾发展到一定的程度,探测器才能作出有效响应,而在火灾发生后又无法及时定位和监测灾情发展,因此传统的火灾探测技术在大空间建筑的火灾探测预警中存在探测精度不足和参数设定复杂的弱点<sup>[1,2]</sup>。针对以上存在的问题,文中尝试在基于数字图像处理的火灾探测技术中引入火焰颜色特征的分析,通过分析火焰图像这种人眼直观的数据,寻找一套能用于判别火灾和火势的颜色特征判别方法,以此作为探测和监视火灾的重要依据<sup>[3]</sup>。

## 1 火焰的特征分析

根据可燃物与空气混合方式不同存在两种燃烧方式:一种在燃烧前,可燃物就与空气均匀混合称为预混

收稿日期:2010-12-11;修回日期:2011-03-17

基金项目:华侨大学科研基金项目(09HZR11)

作者简介:陈 威(1978-),男,实验师,硕士研究生,研究方向为数字图像处理与模式识别。

燃烧;另一种可燃物和空气分别进入燃烧区,边混合边燃烧称为扩散燃烧<sup>[4]</sup>。而火灾一般属于扩散燃烧,可燃物一面与空气接触一面燃烧,此时的燃烧过程主要取决于可燃物和空气的相互接触面积,该燃烧过程所产生的火焰被称为扩散火焰。扩散火焰在燃烧中发光、发热,通常焰气的温度可达 1400 K 以上,并且具备一定的形状特征,如焰高、焰芯与焰尖等特征,但火焰形状特征容易受周围环境的影响。火焰发光、发热的特征在视频图像中表现为目标区域的像素色度值偏红,并且亮度值明显高于背景区域的像素点(理想照明条件下),而火焰的形状特征在静态图像中表现为图像具有多层封闭的轮廓环(焰芯和焰气之间存在着温度梯度差),轮廓环上出现多个尖角点。

从经验看出火焰图像特征可以分为两类:失控火焰的静态特征和动态特征。火灾火焰的静态特征包括颜色、纹理和形态等;动态特征则包括面积变化、边缘抖动、亮度变化、质心移动等<sup>[5]</sup>。文中主要分析了火灾火焰的颜色空间的特点,提出了用视频帧中的颜色图像的 HIS 直方图作为识别火焰的判据之一。

## 2 火焰的颜色特征提取

目前火灾图像的识别的方法大多是在灰度级图像的基础上进行的,像火焰图像这种颜色特征和目标有着很明显联系的图像,采用直接灰度化的方法,过早地丢弃了图像的色彩信息,使得后期的判别处理更加复杂。而火焰颜色特征的提取技术的应用可以更好地在早期划分识别目标区域和背景区域。

颜色特征是图像检索领域中被广泛应用的视觉特征之一,其原因在于物体呈现的色彩往往与检测目标中所包含的某种物理属性紧密相关。颜色特征的表示方法有很多,常见的主要有颜色直方图、颜色集、颜色矩等。而颜色直方图具有算法简单、计算量小、各分量独立性强的特点,在提取火焰颜色特征的时候笔者选择了 HIS 直方图的方法。

表达颜色的彩色空间有多种形式,RGB 是最常见的针对硬件显示设备(如 CRT)的色彩空间模式。它是一种通过对红、绿、蓝三原色叠加运算来完成颜色综合的一种矩形直角空间结构的颜色模型。RGB 的优势在物理意义上是明确的,但是相对人类的视觉经验而言三原色的叠加过程缺乏直感,因此在图像显示和采集的设备中较常采用 RGB 模式<sup>[6]</sup>,文中的原始图像都是在该模式下采集提取的。

与 RGB 模式相比,HIS 颜色空间则比较贴近人眼对颜色的自然视觉感知。HIS(或 HSV)空间模式包括色调、饱和度和亮度三个独立分量。色调 H 为某一种纯色的自然颜色属性,在一个混合光波中,代表了主色

的波长,构成了人眼所识别的颜色基调如红、蓝、黄等。

相比较而言,在对色彩信息的利用中,HIS 空间的优势在于它能将与颜色信息无关的亮度(I)与反映颜色本质属性的其他两个分量色度(H)和饱和度(S)区分开。这就是说,在图像分割中,HIS 模式图像具备了如下方面的优势:其一,光照明暗在物体颜色上带来的直接影响就是亮度分量(I)的变化,它和物体颜色自然属性无关,因此提取前景与背景间亮度存在较大差异的目标来说,该分量非常有效;其二,色相 H 和饱和度 S 分量是与人眼感受颜色的方式密切联系的,这种直观的颜色信息描述方式符合人类的视觉体验。文中采用 H 分量作为图像分割的基础,能与人眼实际火焰经验知识相联系,可以获得比较好的直观的分割效果。因此,可以将视频采集的图像从 RGB 空间转换到 HIS 空间,其关系如下所示<sup>[7]</sup>:

$$\begin{aligned}\theta &= \arccos \left\{ \frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\} \\ H &= \begin{cases} \theta, B \leq G \\ 2\pi - \theta, B > G \end{cases} \\ I &= 1/3(R + G + B) \\ S &= 1 - \frac{3}{R + G + B} \times [\min(R, G, B)]\end{aligned}\quad (1)$$

在给定的颜色空间基础上,统计每种颜色分量的像素数占图像总像素数的比例,从而能得到图像各种颜色分量的比例分布——直方图。颜色直方图是关于颜色信息的函数,它表示图像中具有同颜色级别的像素的个数,其横坐标是颜色级别,纵坐标是颜色出现的频率(像素的个数)。颜色直方图(Color Histogram)是用来表达颜色特征最常用的手段。在文中,通过随机抽取的两幅火灾火焰图像为例,分别分析验证了基于 HIS 空间的火焰分割方法的有效性。图 1 是实验中提取的图像各分量通道图和 HIS 直方图分布。

结合人们对火焰图像的经验知识,从火灾图像各分量图及直方图中展示的状况,可知常见普通火焰目标区域多集中在低色调区内,容易被识别出来。而图像中火焰亮度较集中分布在中高区,并且根据火焰的自身温度高低和火势强弱有一定的分布规律。另外火焰图像的饱和度分量在提取火焰边缘变化有一定的效果,但容易受干扰物影响。由于图像的颜色直方图具有尺度不变性和旋转不变性,因此从图 1 中可以发现,综合分析火灾图像色调 H 和亮度 I 的双特征分布,可以实现火焰区域的初步分割。

## 3 可疑图元的预处理及分割

文中采用的火焰图像初步分割流程如图 2 所示,步骤如下:

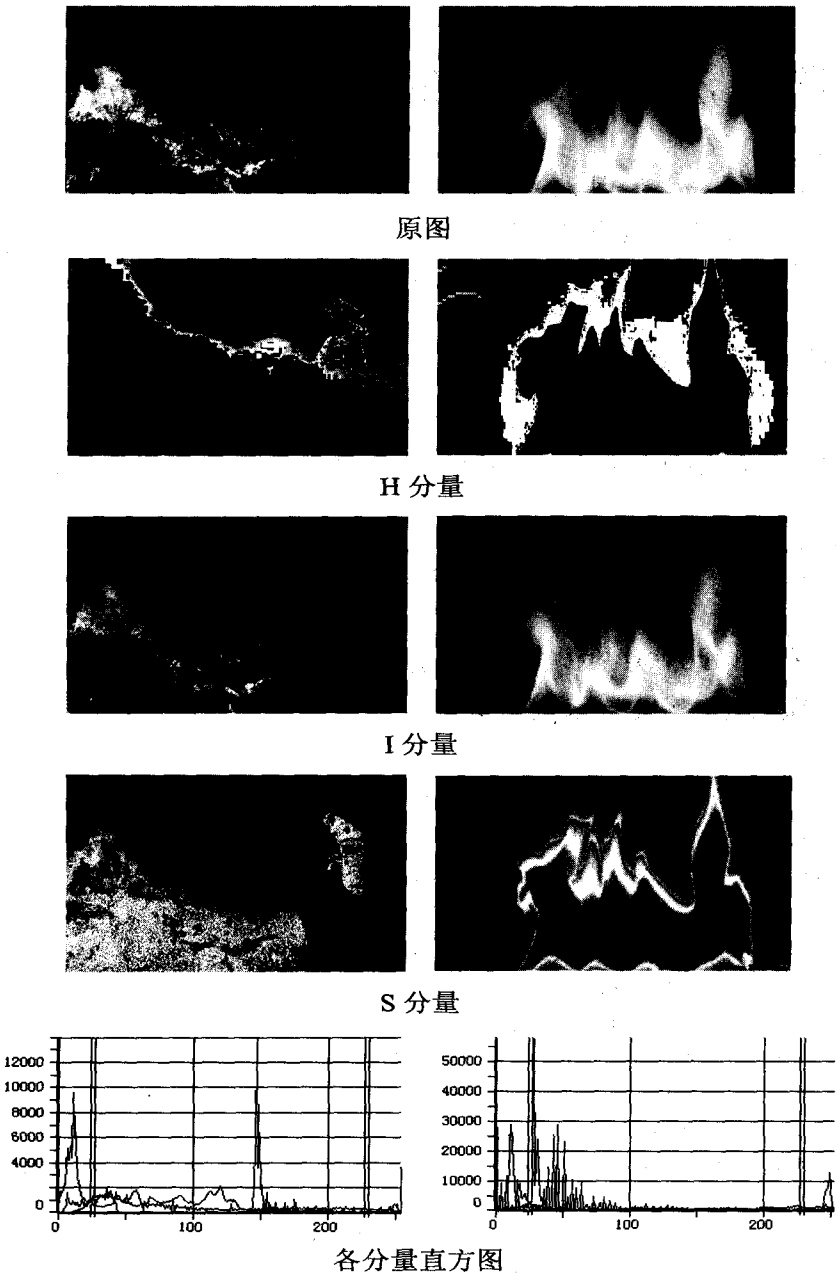


图 1  HIS 分量通道图和直方图

- (1)由 CCD 摄像机采集的火灾视频图像都是基于 RGB 彩色模型的,因此需要把 RGB 图像通过式(1)转换到 HIS 空间下面。
- (2)逐一扫描整个 HIS 图像,从图像中输出的 H 和 I 分量的图像,归一化为相应分量的直方图曲线。
- (3)采用 Otsu 分割方法使得图像中的火焰区域能够从复杂背景中剥离出来,而不受图像中的其它图元干扰,以便于降低后续工作的计算量。
- (4)综合分析分割结果,可将其作为其它火灾判别算法的一种重要特征判据输入。

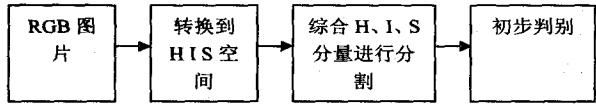


图 2  分割流程

在图像分割算法中,阈值法是一种极为重要而且广泛使用的图像分割方法。它是利用图像中的目标主体与背景中每一个像素点应该属于目标还是属于背景区域,从而得到相应的二值化图像。目前主要的阈值分割法有最小误差法、最大熵法、最大类间方差法(Otsu 法)<sup>[8]</sup>。文中选择了最大类间方差法,主要因其计算简单、自适应强。Otsu 是使用最为广泛的图像阈值自动选取方法之一。

其过程如下:提取图像中的像素灰度值用阈值分成两类 Class0 和 Class1,Class0 由灰度值在 0 ~ n 之间的像素构成,C<sub>1</sub> 由灰度值在 n + 1 到 K - 1(K 为图像灰度级)之间的像素组成,按式(2)计算 Class0 和 Class1 间的类间方差<sup>[9]</sup>:

$$\sigma^2(n) = w_1(n) \times w_2(n) \times (u_1(n) - u_2(n))^2$$

(2)

其中参数为:w<sub>1</sub>(n) 为 Class0 中像素数,u<sub>1</sub>(n) 为其平均灰度值;w<sub>2</sub>(n) 为 Class1 中像素数,u<sub>2</sub>(n) 为相应的平均灰度值。在 0 到 K - 1 范围内调整 n 值,当 σ 达到最大时的 n 值即为最佳阈值 N,即:

$$N = \text{Arg max} \sigma^2(n), n \in [0, 1, 2, \dots, K - 1]$$

(3)

采用 Otsu 算法得到 H 和 I 分量的分割阈值,并进行分割提取,综合 H、I 分量分割结果,即可得到火焰区域,实验过程和结果如图 3 所示(阈值为 T<sub>h</sub>=28,T<sub>i</sub>=117),图像中的火焰燃烧部分基本被从原图中提取出来,甚至排除了部分烟雾的干扰。

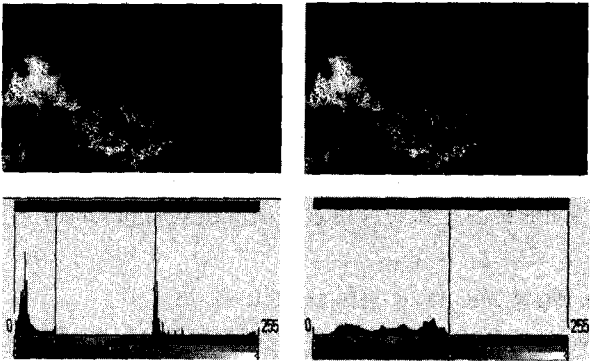


图 3  火焰图像分割

表1 TSP问题的比较(实验参数有异)

TSP问题	已知最短路径	文中算法			
		GMinL	Average(GMinL)	FRIT	Average(FRIT)
Pr76	108159	108115.2875	108149.8376	570	550
ch150	6528	6526.9889	6528.1486	611	732
ulysses22	70.13	70.9683	71.1628	885	540

#### 4 结束语

文中为了解决蚁群算法求解最短路径的早熟和停滞现象,提出了一种改进的基于更新信息素的蚁群算法。在算法中加入了随机选择概率和改进的局部搜索算法,实验表明,改进的蚁群算法具有良好的全局寻优能力,并具有较优的稳定性和收敛性。在试验中发现各参数对不同TSP问题的影响差别很大,并且参数的选择没有特别的依据。在算法实验中发现,解决结点数较少的问题时,尽量不添加随机选择概率;在解决结点数较大的问题时,可相应地增加随机选择概率。

#### 参考文献:

- [1] Dorigo M, Gambardella L M. Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem [J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 1997, 1(1): 53-66.
- [2] 苏克军,熊选东,杨斌.改进蚁群算法求解旅行Agent问

题[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(32): 83-85.

- [3] Sim K M, Sun W H. Ant Colony Optimization for Routing and Load - Balancing: Survey and New Directions [J]. IEEE Transactions on System, 2003, 33(5): 560-572.
- [4] Wang Y, Xie J Y. An adaptive ant colony optimization algorithm and simulation [J]. J of System Simulation, 2002, 14(1): 32-33.
- [5] 刑文训,谢金星. 现代优化计算方法[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.
- [6] 李开荣,陈宏建,陈峻. 一种动态自适应蚁群算法[J]. 计算机工程与应用, 2004(29): 149-152.
- [7] 胡小兵,黄席樾. 基于混合行为蚁群算法的研究[J]. 控制与决策, 2005, 20(1): 69-72.
- [8] 张兆军,冯祖仁,任志刚. 采用序优化的改进蚁群算法[J]. 西安交通大学学报, 2010, 44(2): 15-19.
- [9] 毕军,付梦印,张宇河. 一种改进的蚁群算法求解最短路径问题[J]. 计算机工程与应用, 2003(3): 107-109.
- [10] 李勇,段正澄. 动态蚁群算法求解TSP问题[J]. 计算机工程与应用, 2003(17): 103-106.
- [11] 吴兵,叶春明. 基于遗传算法的误差因子粗糙集模型[J]. 微计算机信息, 2009, 25(25): 53-56.
- [12] 叶志伟,郑肇葆. 蚁群算法中参数 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\rho$ 设置的研究——以TSP问题为例[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2004, 29(7): 597-601.

(上接第201页)

#### 4 结束语

主要论述分析了火焰图像 HIS 空间域的分割算法实现,尽管空间域分割的精度不高,但这仅仅是对于区域的范围提取的精度而言,而对于在火灾判别中排除其他干扰物是十分有效的。从图3中可以看到该方法过滤掉了烟雾或非燃烧物,燃烧区域较完整地保留下来。这降低了后续如提取火焰边缘、计算燃烧面积、火焰质心移动和火焰尖角及圆形度等特征提取过程的计算量<sup>[10]</sup>。并且火灾火焰的颜色直方图特征可以和火焰的尖角数变化率、火焰圆形度、火焰边缘闪烁率及火焰边缘抖动率等火灾判据相结合,作为分类器(如BP神经网络)<sup>[11]</sup>的输入,实现火灾自动判别和火焰目标自动跟踪<sup>[12]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 徐仕玲,赵敏,徐建波. 野外早期火灾图像识别方法研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(6): 214-215.
- [2] 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.
- [3] Walter Phillips III, Mubarak Shah, Niels da Vitoria Lobo. Flame Recognition in Video[J]. IEEE Applications of Com-

puter Vision, 2000(4-6): 224-229.

- [4] 陈涛,袁宏永,范维澄. 火灾探测技术研究的展望[J]. 火灾科学, 2001, 4: 108-112.
- [5] 李婷. 浅谈火灾探测中的图像分析[J]. 信息技术, 2006, 11: 35-37.
- [6] 李弼程,彭天强,彭波. 智能图像处理技术[M]. 北京:电子工业出版社, 2004.
- [7] 付忠良. 图像阈值选取方法的构造[J]. 中国图像图形学报, 2000, 5(6): 466-469.
- [8] OSTUN. Athreshold selection method from gray-level histogram[J]. IEEE Trans. SMC, 1979, 9(1): 62-69.
- [9] 杨帆. 数字图像处理与分析[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2007.
- [10] 王欣刚,魏峥,刘东昌,等. 基于烟雾动态特征分析的实时火灾检测[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(11): 10-12.
- [11] 阎平凡,张长水. 人工神经网络与模拟进化计算[M]. 北京:清华大学出版社, 2002: 17-28.
- [12] Yang L, Deng Z, Fan W, et al. Experimental study on characteristics at early stage offire-Measurement and analysis on early development of flame image area[J]. Journal of Fire Sciences, 2001, 19: 190-203.