

# 基于分形维数的火焰特征提取方法

詹亮<sup>1</sup>, 刘浏<sup>2</sup>

(1.西华大学 数学与计算机学院, 四川 成都 610039; 2.四川外语学院成都学院, 四川 成都 611731)

**【摘要】**本文运用分形维数可以表示曲线的复杂程度的特性来提取图像轮廓特征,它具有计算简单、物理意义明确、抗干扰能力强的特点。实验证明该方法计算简单,处理速度快,为进一步进行火焰图像的识别奠定了基础。

**【关键词】**分形;分形维数;盒计数法;火焰识别

**【中图分类号】**TP391.41 **【文献标识码】**B **【文章编号】**1673-1891(2009)01-0027-03

## 1 引言

自从 MANDELBROT 创立分形理论以来,就为人们研究各种复杂现象提供了一种全新的方法,已在物理学、生物学、天文学和图像处理等方向获得了一系列成功的应用<sup>[1,2]</sup>。分形理论在模式识别方面的应用近一段时间里也引起了人们的广泛重视。一般认为:分形特征可被提取用于对满足分形特性的自然纹理图像进行纹理分割、目标识别等,而根据下述三点理由也可以提取非自然纹理图像(如人造目标图像等)的分形特征<sup>[3]</sup>:第一,自然界不存在理论上的分形曲线和分形曲面;第二,自然纹理图像只是近似满足分形特性;第三,事实上人们已经在提取人造目标图像的特征了。PELEG 等人建议:甚至当图像纹理从整个尺度范围上来说不是分形时,分形测度随尺度的变化可以用来表征其特征。人们根据人造目标图像的分形随尺度的变化,成功地进行了边缘提取、纹理分割和目标识别。本文利用分形维数对火焰轮廓的形状描述,将其做为火焰识别的特征。

## 2 分形及分形维数

自然界中的所有形状和人类迄今所考虑的一切图形,大致可分为两种:一种是具有特征长度的图形,例如球、正方体等等;另一种则是不具有特征长度的图形,例如雪花、海岸线、闪电等等。后一类的特征是局部与整体之间存在一定的相似性,称之为自相似性。MANDELBROT 将这种具有自相似性的图形 F 称之为分形。一般认为分形具有下述典型的性质<sup>[4]</sup>:①F 具有精细的结构,即有任意小比例的细节;②F 是如此的不规则,以至于它的整体与局部都不能用传统的几何语言来描述;③F 通常具有某种自相似的形式,可能是近似的或是统计的;④F 的“分形维数”(以某种方式定义的)一般大于它的拓扑维数;⑤F 可以以非常简单的方法来定义,可能由迭代产生。

分形的主要研究工具是它的维数,分形物体的维数可以由分形维数来描述,分形维数定量地表述了分形物体的形状和复杂性。欧氏维数被介绍作为对象嵌入空间的维数,结构的拓扑维数等于其覆盖维数。目前有各种分形维数的定义方法,如 Hausdorff 维数、信息维数、容量维数等,其中 Hausdorff 维数是最古老的,也是最重要的一种维数,它对任何集都有定义。然而,这种维数在理论上的意义远大于实际应用。对于一个分形集合,计算其 Hausdorff 维数一般是相当困难的。在实际应用中我们一般使用盒子维。

设  $A \in \mathbb{R}^n$ , 在欧氏距离下,用  $N(\delta, A)$  表示覆盖集合 A 所需直径最大为  $\delta$  的集的最少数目,则盒维数定义为:<sup>[5]</sup>

$$D_B = \lim_{\delta \rightarrow 0} - \frac{\ln N(\delta, A)}{\ln \delta} \quad (1)$$

$D_B$  即为集合 A 的盒子维。盒子维是迄今在各学科领域中应用的最为广泛的一种维数。这主要是因为它非常容易由计算机求得。可以看到,当  $\delta$  减少时,也就是当测量的尺度减小时,集合的不规则性迅速地表现出来。

## 3 分形维数的计算

不规则分形只具有统计意义下的自相似性。不规则分形种类繁多,可以是离散的点集、粗糙曲线曲面、多枝杈的二维图形、以至三维的点集和多枝杈的三位图形。目前测定不规则分形维数的方法很多,该实验用的是盒计数法<sup>[6]</sup>。

收稿日期:2008-12-15

作者简介:詹亮(1980-),男,四川新都人,讲师,硕士,主要研究方向:应用数学。

这种方法的示意图见图1。将尺寸分别为  $\epsilon = 1/4$  和  $1/8$  的网格覆盖在分形图形上,计数网格中有图形像素(不管有许多像素还是很少像素)的方格数目,例如得到  $N(1/4)=16$  和  $N(1/8)=60$ (增大不到4倍)。不断减少网格尺寸  $\epsilon$  继续计数含图形像素的网格数  $N(\epsilon)$ ,直至最小的网格尺寸达到像素为止。为了减少误差,应该使不同尺寸的网格能覆盖相同大小的图形,如  $512 \times 512$  像素的图形的  $\epsilon$  应该是  $1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 \dots$  直到降到  $1/512$ 。将一系列  $N(\epsilon)$ 、 $\epsilon$  数据作  $\ln N(\epsilon) \sim \ln(1/\epsilon)$  图,如能得到一条直线,它说明  $N(\epsilon)$  和  $\epsilon$  有如下关系:

$$N(\epsilon) \sim (1/\epsilon)^D \tag{2}$$

即直线的斜率  $D$  是图形的分形维数。如果  $\ln N(\epsilon) \sim \ln(1/\epsilon)$  图上只有一部分直线时,则此图形的自相似性(标度不变形)只存在于直线部分的测度范围内。实际的分形和理想的分形不同,它只存在于有限的范围之内。

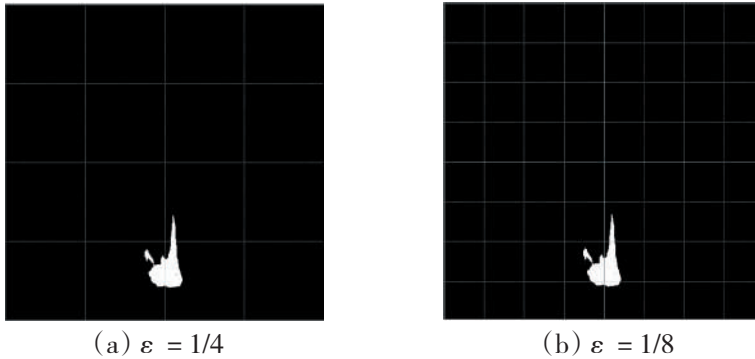


图1 盒维数法

表1 图1的盒维数数据

尺寸 $\epsilon$	网格数 $N(\epsilon)$	尺寸 $\epsilon$	网格数 $N(\epsilon)$
1	1	1/32	36
1/2	2	1/64	122
1/4	4	1/128	446
1/8	5	1/256	1672
1/16	10	1/512	2698

$N(\epsilon) = (1, 2, 3, 5, 10, 36, 122, 446, 1672, 2698)$ ;

$1/\epsilon = (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512)$ ;

应用最小二乘法拟合得到直线为:  $y = 1.3472 * x - 0.6507$

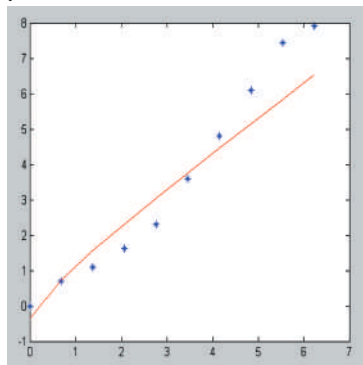


图2 图1的  $\ln N(\epsilon) \sim \ln(1/\epsilon)$  拟合图形

### 4 结语

分形学作为非线性几何学的分支,比传统的几何学更能反映复杂的现实世界;目前它在自然科学、工程技术等领域得到了广泛应用。本文将分形几何理论应用到图像特征提取中,实验结果表明,该方法对于火焰图像的形状描述是有效的。

表2 连续27帧图像的维数数据

图像序号	分形维数	图像序号	分形维数	图像序号	分形维数
1	1.3472	10	1.3704	19	1.3728
2	1.3402	11	1.3487	20	1.3680
3	1.3459	12	1.3654	21	1.3740
4	1.3324	13	1.3521	22	1.3777
5	1.3451	14	1.3521	23	1.3764
6	1.3366	15	1.3614	24	1.3754
7	1.3548	16	1.3726	25	1.3672
8	1.3556	17	1.3720	26	1.3751
9	1.3692	18	1.3705	27	1.3707

## 注释及参考文献:

- [1]WORNELL G W, OPPENHEIM A V. Estimation of Fractal of signal from noisy measurement using wavelets [J]. IEEE T-SP. 1992; 40(3): 783-791.
- [2]李后强, 汪富泉. 分形理论及其在分子科学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 207-312.
- [3]李宏贵, 李兴国. 基于分形特征的红外图像识别方法[J]. 红外与激光工程, 1999, 28(1): 20-24.
- [4]张济忠. 分形[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997: 10-15.
- [5]王东生, 曹磊. 混沌、分形及其应用[M]. 北京: 中国科学技术大学出版社, 1995: 5-7.
- [6]孙霞, 吴自勤, 黄昀. 分形原理及其应用[M]. 北京: 中国科学技术大学出版社, 2006: 41-42.

## Flame Detection Algorithm Based on Fractal Dimension

ZHAN Liang<sup>1</sup>, LIU Liu<sup>2</sup>

(1. College of Mathematics and Computer Engineering, Xihua University, Chengdu, Sichuan 610039;

2. Chengdu Institute of Sichuan International Studies University, Chengdu, Sichuan 611731)

**Abstract:** In this paper, the features of the image profile can be obtained with the calculation method of fractal dimension, for the complexity of curves can be indicated. Such calculation method is simple in calculation process with definite physical meanings and is relatively stable to disturbance. It has been proved by experiments that such calculation method is not only simple to use, but also speedy to process. Therefore, such calculation method lays the foundation for the further identification of flame images.

**Key words:** Fractal; Fractal dimension; Box-counting dimension; Flame detection