

# 分形理论在遥感图像分类处理中的应用评析

王倩 汪权方 梅新 (湖北大学资源环境学院, 湖北武汉 430062)

**摘要** 对分形与纹理、形状、神经网络以及小波等算法相结合在遥感图像分类的应用方面作了简要的评析, 并对未来发展方向进行了展望。

**关键词** 分形; 分形维数; 遥感图像; 分类

中图分类号 S127 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)07-03325-02

## Analysis on the Application of Fractal Theory in the Classification Processing of Remote Sensing Image

WANG Qian et al (School of Resources and Environmental Sciences, Hubei University, Wuhan, Hubei 430062)

**Abstract** The comprehensive applications of fractal, texture, shape, neural network and wavelet algorithms in the classification of remote sensing images were briefly analyzed. And the future development directions were predicted.

**Key words** Fractal; Fractal dimension; Remote sensing image; Classification

遥感数据已被广泛应用于资源调查、环境监测、灾害监测与评估、农作物估产、城市和区域调查与规划等众多领域。无论哪个领域对遥感图像的分类精度和速度都有着较高的要求。因此, 合理快速高精度的遥感图像分类已成为图像处理与应用中的一个重要环节<sup>[1]</sup>。

分形(Fractal)理论是法国数学家曼德尔勃罗特(B. Mandelbrot)于1982年提出的<sup>[2]</sup>。分形理论可以通过少量信息重现原来的研究对象, 不但具有信息压缩的优点, 而且可以借助计算机使研究对象可视化, 促使研究更加直观和深入。20世纪90年代以来, 地理学中的分形研究发展迅速, 并在河流、水系、地貌、地形、古气候、冰雪与云、地图与投影、城市规划、沙漠动态变化等方面都曾开展过许多尝试性的工作<sup>[3-7]</sup>。分形理论在遥感领域的应用主要包括分析遥感图像的结构信息量、辅助遥感图像分类和模拟遥感图像。在遥感图像分类方面, 遥感图像能客观反应地物分布的特性, 将其与分形理论结合起来可以提高图像分类的精度, 因此分形理论在遥感图像分类中的应用有了迅速发展。

## 1 分形理论

**1.1 分形的涵义** 关于分形, 目前尚无严密的定义, 一般所用的描述性定义为: “分形是一种局部与整体之间存在的某种相似的形”<sup>[8]</sup>, 主要研究传统几何学所不能解决的不规则、不够光滑的自然现象, 如海岸线、山脉轮廓、地面断层、河网水系、各式沙丘及其天空浮云等。分形理论有其自身的特点, 主要特征有局部与整体的自相似性; 局部到整体的不同尺度的比例变换; 任意小的比例尺都可以包含整体的精细结构等。分形几何与欧氏几何比较时在规则性、层次性、比例尺度以及对象特征上都有自己的独特性, 最重要的是分形几何在一定程度呈现没有尺度的, 可以从细节看到整体的、层次无限的、符合自然特征的应用算法来实现的几何特征。

**1.2 分形维数及其应用** 具有无标度性和自相似性结构的物体在几何上有一个重要的性质: 都可以用一个有效的空间维数来表示, 这是一个连续变化的数, 称为分形维数。分形维数的概念在对形状和纹理的测量分析和分类上是非常有用的, 其概念可用来分析自然现象的不规则程度<sup>[9]</sup>。它与规则的欧氏几何用零维、一维、二维、三维来分别描述点、线、

面、体是有一定的差别(欧氏几何维一般称为拓扑维)。因为自然界的存在并不都是规则的, 并不是都可以用欧氏几何来描述的, 自然表面的分形性决定了图像的分形性。在分形几何中, 维数不一定是整数, 分形维数也可以用分数来表示, 通常分形维不小于它的拓扑维。

常见的维数有相似维、Hausdorff维、盒维数、信息维数、关联维数等<sup>[10]</sup>; 遥感图像是地面三维空间在二维表面的投影, 其形成的二维影像的灰度表面, 同样也是分形布朗面, 且分维数等于空间三维表面体的分维法向量。因此, 影像的分维可以反映地面真实表面的分形特征<sup>[11]</sup>。遥感图像分维数的求测算法主要有以下几种<sup>[12]</sup>: 基于尺度(粗视化程度)变换; 基于测度关系; 基于密度相关函数; 基于分布函数; 基于光谱密度; 基于表面积和体积的测度关系。Pentlan提出用分形维数去描述自然表面的粗糙度<sup>[13]</sup>; Peleg等提出双毯法, 将不同尺度下的分形维数, 应用于图像中目标与背景的识别<sup>[14]</sup>; 安国成等提出了运用分形维数特征的统计特性对高分辨率SAR图像地物进行分类, 提高了分类的鲁棒性, 得到较满意的效果<sup>[15]</sup>。

## 2 分形理论在遥感图像分类中的应用

**2.1 分形与纹理的结合** 不管是监督分类还是非监督分类, 分类的基础都是基于光谱的, 纹理、形状等空间信息一般很少被利用。其中纹理结构是由图像的亮度值之间的关系间接显示出来的, 是反映数字图像光谱亮度值空间变化的一种特征, 一般理解为图像灰度在空间上的变化和重复或图像中反复出现的局部模式和它们的排列规则。因此, 纹理信息可反映出地表辐射随时间、空间的分布状况<sup>[16]</sup>。它能作为地物识别的重要依据之一。随着遥感图像空间分辨率的提高, 纹理特征在遥感图像分类中的作用将越来越重要<sup>[17]</sup>。

目前, 分形在遥感图像分类处理中的主要应用之一是用纹理信息的提取。以往的图像信息提取是基于光谱的<sup>[18]</sup>, 但同物异谱和同谱异物现象的存在, 错分漏分的现象很是普遍。在遥感图像分类中, 当目标地物的光谱特征比较接近时, 同时利用原始影像的光谱信息和丰富的纹理信息可以有效区分这些目标物, 从而在很大程度上提高分类精度。此外, 分形理论应用于遥感分类的优势还在于可以根据不同的需要应用不同的维数<sup>[19]</sup>。秦其明等根据卫星数字的特点, 引入了分形的方法来描述纹理的特征<sup>[20]</sup>; 舒宁则采用分形方法进行单波段影像的分维估计与多波段影像纹理分

基金项目 国家自然科学基金面上项目(40601003); 湖北省教育厅青年项目(Q200610002)。

作者简介 王倩(1981-), 女, 山东新泰人, 硕士, 从事遥感图像处理与GIS二次开发研究。

收稿日期 2008-12-24

析<sup>[21]</sup>。

**2.2 分形和形状信息的结合** 在遥感图像解译中,形状信息也是地物识别的重要依据。分形结合空间信息的形状信息可以提高图像分类的精度。

一般地,一个地物的形状与它的面积和周长有关,对于分形现象,面积和周长的关系<sup>[22]</sup>是:

$$P = C S^D$$

式中, $P$ 为地物的周长; $S$ 为地物的面积; $D$ 是地物的分维数,它反映地物界线的复杂程度, $1 < D < 2$ ;  $C$ 为常数。

分形维数也可以将地物的特征加入其中。例如农田、建筑物受人工影响较大,其分形维数比没有或较少受到人类影响的地物大,可以用分形来进行农用地、建筑用地和其他地物的区分,而这两者之间,因为光谱特征的不同可以进行相应的区分,因此,这在一定的程度上比单纯应用光谱进行遥感图像分类的精度高。曾鹏鑫等结合毯子维算法,根据人造目标的分形维数较低与自然物体的分形维数较高来实现自然物体和人造目标的区分<sup>[23]</sup>。刘琳引入分维值对南京市区土地利用分类提高了非监督分类的精度<sup>[24]</sup>。

**2.3 分形与神经网络结合** 20世纪90年代以来,人工神经网络(Artificial Neural Networks,简称ANN)因具有大规模并行处理、分布式储存和处理、自组织、自适应和自学习能力,特别适合处理需要同时考虑许多因素和条件的、不精确和模糊的信息处理问题的优点而被大量应用于遥感分类,BP神经网络是一种采用反向传播算法的多层前馈网络,能够逼近任意的非线性映射关系,而且有很好的泛化能力,在图像处理领域中,作为一种非自适应的神经网络技术在函数逼近,模式识别,分类及数据压缩等领域应用非常广泛。李厚强等提出了一种基于分形理论和BP神经网络相结合的航空遥感图像的监督分类方法<sup>[25]</sup>;赵泉华等采用分形纹理特征的神经网络方法进行遥感影像分类<sup>[26]</sup>,试验证明,该种分类方法运算速度快,分类精度高。

分形还可以与其他算法结合,现在已有的试验是:王娟等提出一种基于分形理论和改进C均值聚类的遥感图像非监督分类的方法<sup>[27]</sup>;杨敏等基于小波包和分形相结合的纹理分类<sup>[28]</sup>。

### 3 小结

遥感图像分类的依据是各类样本内在的相似性,即遥感图像中的同类地物在相同的条件下(纹理、地形、光照以及植被覆盖等),应具有相同或相似的光谱信息特征和空间信息特征,从而表现出同类地物某种内在的相似性,即同类地物像元的特征向量将集群在同一特征空间区域<sup>[29]</sup>而不同的地物其光谱信息特征和空间信息特征将不同,它们将集群在不同的特征空间区域。

分形理论的应用可以很好的利用遥感图像的空间信息,使之与光谱信息结合,可以有效地提高分类的精度,但也存在着一定的问题:

(1) 计算速度问题。例如用小波包和分形相结合进行纹理特征提取算法的时候,虽然利用了彼此的优势,但存在着计算量大,计算速度相对较慢的缺点。

(2) 分形维数的稳定性。分形维数的稳定性问题也是一

个实际存在的问题,在实际遥感图像中,即使是同一类图像,所选样本图像不同,分形维数往往也有差异。

(3) 分形维数并不是对所有的图像都适合。比如对于空间分辨率低、图像自相似程度不高的图像,分维数的可靠性就需要进一步的确定。

(4) 计算量大的问题。随着分类精度的提高而增加计算量,计算速度最优解也需要进一步的解决。

(5) 分维值计算问题。目前计算分维值的方法很多,对于某种特定地物,究竟哪一种算法最好,尚没有一个标准,需要研究者针对于图像的特点,自己反复实践摸索。

因此,在今后研究中可以考虑如何提高分形维数的稳定性并对计算进行优化,以进一步提高效率,使其更加完善。

### 参考文献

- [1] 潘建刚,赵文吉,宫辉力,等.遥感图像分类方法的研究[J].首都师范大学学报:自然科学版,2004,3(9):86-91.
- [2] MANDELBROT B B. The fractal geometry of nature[M]. New York: WH Freeman and Co., 1982.
- [3] 赵锐,赵宏,何隆华,等.地理现象的分形研究[J].地理科学,1994,14(1):9-15.
- [4] 何隆华,赵宏.水系的分形维数及其含义[J].地理科学,1996,16(2):124-128.
- [5] 赵永平,王一谋.图形分形利用在沙漠化定量研究中的应用[J].中国沙漠,1995,15(2):175-180.
- [6] 林绍颜,赵锐.地理学中的分形[M].北京:科学出版社,1997.
- [7] 赵永平,徐斌,黄芳,等.基于专题图形库系统的科尔沁沙地动态研究[J].地理科学,1998,18(1):32-38.
- [8] MANDELBROT B B. 大自然的几何学[M].陈守吉,凌复华,译.上海:上海远东出版社,1998:32-36.
- [9] 郭仁忠.空间分形[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,1997.
- [10] JELINEK H F. Use of fractal theory in neuroscience: methods, advantages, and potential problems[J]. Methods, 2001, 24:309-321.
- [11] 江东,王建华.遥感信息科学中的分形思维[J].甘肃科学学报,2000,12(1):53-57.
- [12] 薛重生,王霞.基于分形几何等遥感图像纹理分析方法及其应用[J].地质科技情报,1997,16(SI):99-105.
- [13] PENLAND A. Fractal based description of natural scenes[J]. IEEE Trans PAMI, 1984, 6(6):661-674.
- [14] PELEGS, NAOR J, HARILEY R, et al. Multiple resolution texture analysis and classification[J]. IEEE Trans PAMI, 1984, 6(4):518-523.
- [15] 安国成,刘振华,于文震.基于分形特征的高分辨率SAR图像分类[J].现代雷达,2006,28(6):26-29.
- [16] 胡文英.遥感图像纹理信息提取方法综述[J].云南地理环境研究,2007,3(5):66-70.
- [17] 秦其明.TM图像特征抽取研究.见中国博士后首届学术大会论文集[C].北京:国防出版社,1993:441-445.
- [18] 陈述彭,赵英时.遥感地学分析[M].北京:测绘出版社,1990.
- [19] 王桥.分形地学图形处理中的几个理论问题的研究[J].武汉测绘科技大学学报,1996,4(12):381-420.
- [20] 秦其明,陆荣建.分形与神经网络方法在卫星数字图像分类中的应用[J].北京大学学报:自然科学版,2000,36(6):858-864.
- [21] 舒宁.卫星遥感影像纹理分析与分形分维方法[J].武汉测绘科技大学学报,1998,23(4):370-373.
- [22] 吴健平.分形理论在遥感中的应用[J].遥感技术与应用,1993,4(8):23-27.
- [23] 曾鹏鑫,么健石,朱琳琳,等.基于分形的人造目标与自然物体区别[J].东北大学学报:自然科学版,2006,27(3):260-263.
- [24] 刘琳.引入分维值进行南京市土地利用分类[J].安徽师范大学学报:自然科学版,2006,29(4):182-188.
- [25] 李厚强,刘政凯,林峰.基于分形理论的航空图像分类方法[J].遥感学报,2001,5(5):353-357.
- [26] 赵泉华,宋伟东,鲍勇.基于分形纹理的BP神经网络遥感影像分类[C].中国仪器仪表学会第九届青年学术会议论文集,2007:642-645.
- [27] 王娟,张军,吕兆峰.基于分形纹理的遥感影像土地覆盖的分类方法研究[J].测绘科学,2008,33(2):15-33.
- [28] 杨敏,杨峰,李臻,等.基于小波包和分形相结合的纹理分类[J].现代电子技术,2008(9):161-163.
- [29] 杜凤兰,田庆久,夏学齐.遥感图像分类方法评析与展望[J].遥感技术与应用,2004(6):521-525.