

# 利用 IKONOS 卫星数据和分形方法研究南麂岛土地覆盖状况

张华国, 黄韦艮, 周长宝, 厉冬玲, 肖清梅

(国家海洋局海洋动力过程与卫星海洋学重点实验室, 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012)

**摘要:** 研究南麂岛的土地覆盖类型及其空间分布和结构特征。利用具有 1 米空间分辨率的 IKONOS 卫星遥感数据, 提取南麂岛的植被覆盖和土地利用信息, 获得草地、灌木林地、庄稼地和居民地等主要土地覆盖类型及其分布图。然后利用分形几何方法建立南麂岛土地覆盖类型特性分析模型, 从斑块的面积效应、覆盖类型的分形分析、单个斑块的分形分析和覆盖类型分形特征差异显著性等方面进行分析讨论。研究结果表明, 南麂岛的草地和灌木林地的分形维数较大, 而庄稼地和居民地的分形维数较小, 说明草地和灌木林地的斑块的结构特征和边界比庄稼地和居民地更为复杂。进一步研究表明, 斑块的分形特性与其受人类活动的干扰程度密切相关。

**关键词:** IKONOS; 分形; 土地覆盖; 遥感

## Study of land cover on Nanji Island using IKONOS images and fractal approach

ZHANG Hua-Guo, HUANG Wei-Gen, ZHOU Chang-Bao, LI Dong-Ling, XIAO Qing-Mei  
(Lab. of Ocean Dynamic Processes & Satellite Oceanography, Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(8): 1539~1547.

**Abstract:** The purpose of this paper is to study the distribution and fragmentation of land cover types of the Nanji Island, China using IKONOS images and fractal approach. IKONOS images are used to survey the land uses and land covers. Fractal theory is employed to analyze the edge effects caused by habitat fragmentation and land type structures.

To derive the land type information from IKONOS images, the threshold method, vegetation index method, false color synthesis method, data fusion method and man-machine interactive method are employed. The threshold method is used to derive the shoreline information from near infrared images while the normalized difference vegetation index (NDVI) is employed to extract the vegetation information. The false color synthesis method and data fusion method are used to process the data in order

**基金项目:** 国家高新技术产业发展资助项目(计高技[1999]2062 号); 浙江省海洋开发管理专用资金资助项目(00-2-6-1-02)

**收稿日期:** 2002-05-01; **修订日期:** 2002-12-10

**作者简介:** 张华国(1977~), 男, 浙江新昌人, 主要从事海洋与海岸带及其生态环境的遥感与 GIS 技术研究工作。E-mail: zhanghg@163.com

感谢北京伊米空间图像技术公司为本研究提供的 IKONOS 遥感数据。

**Foundation item:** Development Project of National High Technical Industry of China (No. 1999-2062) and Marine Development and Management Fund of Zhejiang Province, China (No. 00-2-6-1-02)

**Received date:** 2002-05-01; **Accepted date:** 2002-12-10

**Biography:** Zhang Hua-guo, main research field: the theories and applications of remote sensing and GIS in ocean and coastal.

to obtain false color images. The man-machine interactive method is used to derive information about the village, farmland, water body and sands from the false color images based on the texture and tone of the images.

The characteristics of the land cover patches are described quantitatively by the fractal dimensions which are calculated by the perimeter-area method and measure-perimeter-area method. Based on the fractal dimensions, the effects of patch area and fractal characteristics of land covers are analyzed.

The results obtained from the present investigation are as follows:

(1) The main land cover types in the Nanji Island are meadow, shrubbery, farmland, village, water body and sands. Meadow and shrubbery are the dominant types, and cover 89.6% area of the island.

(2) The patch number, fractal dimension of the patch and patch perimeter are related to patch areas. The patch number decreases with increase of the patch area whereas the fractal dimension increases with increases of the patch area. The patch perimeter has the linear relation with the patch area.

(3) The fractal dimensions of the meadow, shrubbery, farmland and village calculated by the perimeter-area method are 1.3433, 1.3728, 1.2563 and 1.2156 respectively. On the other hand, the fractal dimensions of the meadow, shrubbery, farmland, village, water body and sands computed by the measure-perimeter-area method are 1.096, 1.102, 1.05, 1.062, 1.002 and 1.047 respectively. Thus, it is concluded that the meadow and shrubbery have higher dimensions compared with those of the farmland and village. It is indicated that patch structures of the meadow and shrubbery are more complex than those of the farmland and village. Studies also show that the fractal characteristics of land covers are related to the human activities.

(4) The test of significance of fractal characteristics shows that the differences between the meadow and shrubbery and the farmland and village are significant whereas the difference between the meadow and shrubbery and the difference between farmland and village are insignificant.

**Key words:** IKONOS; fractal; land cover; remote sensing

文章编号:1000-0933(2003)08-1539-09 中图分类号:TP79 文献标识码:A

土地覆盖是土地利用和植被分布等有关土地表面状况的概括表达。大量有关的文献都显示土地覆盖情况对该区域的生态环境和生物多样性都有重要的影响。Noss 和 Harris 进行的生态学研究表明,具有不同土地覆盖状况的区域的抗外界干扰和恢复的能力及模式是不同的<sup>[1]</sup>。自然的扰动机制是决定区域景观分布的本质因素,同时又和人为活动相互作用,形成了由大小不同、状态各异的多种覆盖类型组成的景观分布。近几十年来,日益频繁的人类活动破坏了大量的自然植被资源,从而导致区域土地覆盖更为破碎和孤立,抗干扰和恢复能力下降<sup>[2]</sup>。利用卫星遥感图像能够探测土地覆盖类型及其空间分布<sup>[2~4]</sup>,分形方法则可以分析土地覆盖的空间结构和破碎程度<sup>[2,3,5]</sup>,为进一步进行生态环境评价提供有效的评价参数。

本文的研究区域为南麂列岛的主岛——南麂岛。该岛总面积为 7.64km<sup>2</sup>,中心经纬度为东经 121°05',北纬 27°28',属于亚热带海洋性气候。南麂列岛 1990 年被国务院批准为首批国家级海洋类型自然保护区,1998 年被联合国教科文组织接纳为生物圈保护区组织网络成员。因此研究南麂岛的土地覆盖类型及其分布对于分析南麂列岛保护区生态环境和保护区规划、开发和建设都具有十分重要的意义。本研究利用具有 1m 空间分辨率的 IKONOS 卫星数据,结合分形几何方法,研究南麂列岛海洋自然保护区的土地覆盖状况及其形成机制,并探讨其对保护区生态环境的影响。

## 1 IKONOS 数据处理和土地覆盖信息提取

### 1.1 IKONOS 数据及处理

本研究月为数据包括 1 景 IKONOS 图像和一幅 1:1 万的数字化地形图。IKONOS 图像包括 1 个全色波段和 4 个多光谱波段的数据,其空间分辨率和波段特性列于表 1。该图像成像时间为 2001 年 7 月 22

日 10:45,研究区有少量云层覆盖。

针对 IKONOS 的数据特点,对其进行了几何配准、彩色合成和数据融合处理。几何配准需要先从 IKONOS 遥感图像和 1 : 1 万数字化地形图上寻找一定数量的同名点,作为控制点,然后进行坐标转换和灰度重采样,把 IKONOS 图像配准到 1 : 1 万数字化地图。为了更好地表达地物,选择了红光、绿光和蓝光波段的图像进行彩色合成,得到 4m 分辨率的彩色合成图像。

由于只有部分的 1m 分辨率的全色图像,所以只对部分数据进行了数据融合处理,获得 1m 分辨率的彩色图像。数据融合要求首先把所有波段图像的像元统一到 1m,采用 HIS(Hue, Intensity, Saturation)转换法进行色彩融合。具体办法是,先将近红光、绿光和蓝光波段的图像分别作为 RGB 颜色空间中的 R、G、B 分量,然后把颜色从 RGB 空间转换到 HIS 空间中,再把全色波段的影像的灰度值作为亮度代替 IHS 中的亮度分量 I,再转换为 RGB 空间中,即获得了融合后的彩色图像。另外按上述融合方法,用近红外波段代替全色波段进行融合,得到了 4m 分辨率的彩色融合图像。

1.2 土地覆盖类型信息提取

遥感技术所获取的信息,除极少数表现形态的描述信息可以直接应用外,绝大多数需要经过数学物理模型完成某种信息转换后才能被识别和应用<sup>[7]</sup>,即使是分辨率高达 1m 的 IKONOS 卫星数据也是如此。信息提取技术可以分为直接提取技术和间接提取技术,本研究主要利用直接提取方法进行土地覆盖信息分类,即根据图像的波段特性以及色调、颜色、纹理和空间布局等提取信息,完成图像分类。具体的数据处理和信息提取方法有阈值法、植被指数法、假彩色合成、数据融合以及人机交互法等。

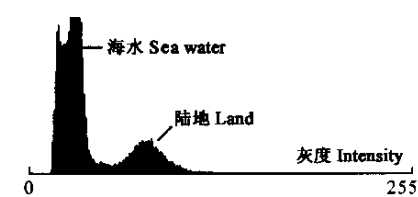


图 1 IKONOS 近红外图像的灰度图

Fig.1 Histogram of NIR band image

首先,从图像中分离南麂岛,并提取其海岸线。在 IKONOS 近红外波段的图像中,因为海水对近红外的强烈吸收,以及陆地植被和地物的强反射作用,水体和陆地的灰度反差强烈明显,如图 1 所示。因此本文用直方图来提取海岸线。然后与 4m 分辨率的假彩色合成图像作对比分析和校正,除了几处由于云层覆盖导致海陆边界不明,而发生较大偏离外,效果较好。对有云层覆盖的小部分岸线,用 1 : 1 万的地形图作修正。

其次,分离植被区与非植被区。在南麂岛的土地覆盖类型中,包含两大类,即有植被覆盖和无植被覆盖的。有植被覆盖的主要是草地和灌木林地,无植被覆盖的包括居民地、沙滩、道路和岩石等,另外庄稼地则两者都有可能。故可以采用植被指数法分离植被覆盖类型。植被指数(Normalized Difference Vegetation Index,简称 NDVI)已成为土地利用和土地覆盖评价、分析和信息提取的重要数据指标和手段<sup>[8]</sup>。NDVI 是利用可见光的红光波段(RED)和近红外波段(NIR)的反射率进行计算的,其表达式为:NDVI = (R<sub>NIR</sub> - R<sub>RED</sub>) / (R<sub>NIR</sub> + R<sub>RED</sub>),其中 R<sub>RED</sub>和 R<sub>NIR</sub>分别是红光波段和近红外波段的反射率。NDVI 值范围在 -1.0 到 1.0 之间,将其线性拉伸到 0 到 255 之间,可以得到的植被指数灰度图,其直方图如图 2 所示,有明显的双峰,高灰度值代表植被指数高。故选择阈值法区分植被区和非植被区的。

再次,利用数字法提取土地覆盖信息。经过植被指数法分类后,在非植被区中还包含居民地、部分庄稼地、岩石、沙滩、道路、水库、码头等人工建筑和云层覆盖区等。借助部分的 1m 彩色图像和 4m 的彩色

表 1 IKONOS 波段特性

Table 1 IKONOS bands and resolutions		
波段 Bands	分辨率 Resolution	波段范围(μm) Spectrum
全色波段 Pan	1	0.45~0.90
蓝光 Blue	4	0.45~0.53
绿光 Green	4	0.52~0.61
红光 Red	4	0.64~0.72
近红外 Near infrared	4	0.77~0.88

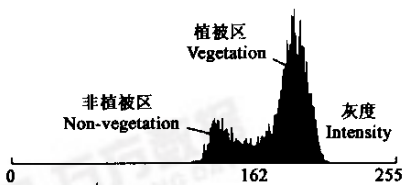


图 2 植被指数灰度图的灰度图

Fig.2 Histogram of NDVI image

图像,根据空间位置、几何形状和纹理,采用人机交互法,又提取了庄稼地、居民地、水体和沙滩等覆盖信息。在植被指数较高的一类中主要还包含草地、灌木林地和庄稼地等。可以根据纹理提取出庄稼地,然后在 4m 分辨率的彩色影像中根据色彩分离草地和灌木林地。最后得到土地覆盖的遥感解译图(书后彩图 I)。

最后,为了满足建立信息系统建设和本次研究的需要,对上述分类结果进行了归并处理。主要包括两个方面的工作,一是把面积很小的斑块归并到其附近的类型中;二是把道路、岩石和云层的信息合并到其周围的类型中。然后采用 GIS 软件进行矢量化处理,得到包括草地、灌木林地、居民地、庄稼地、水体和沙滩等六种覆盖类型的南麂岛土地覆盖类型分布图(书后彩图 II)。

2 分形方法与分形模型

描述斑块的形状、结构和复杂程度的方法不少,传统的方法有语言描述法、周长法、面积法、周长—面积比值法等。但它们在本质上还是基于经典几何和平均意义上的概念<sup>[9]</sup>,很难准确描述和分析具有复杂结构、不规则边界的土地覆盖斑块。但这些斑块作为分形体来研究是比较有效的<sup>[2,5]</sup>。因此,本文将根据分形几何理论建立分形模型,分析土地覆盖斑块的特性。

2.1 分形概述

分形理论产生于 20 世纪 70 年代中期,产生背景主要是由于经典几何在解决复杂问题时碰到了困难,甚至无能为力<sup>[10,11]</sup>。它与耗散结构论、混沌论一样都是近二三十多年来发展起来的新学科,是非线性科学的重要组成部分。分形几何为人类探索自然奥秘带来了新思想和新工具,特别是分形理论的普适性为各领域科学家提供了易于理解的简朴几何语言,现已在包括地学和生态景观学等在内的众多学科中得到广泛的应用。分形理论在描述自然界中一些极不规则、极不稳定和具有高度复杂结构的现象等方面,已经收到异乎寻常的效果<sup>[2,5,12~14]</sup>。

在经典几何里,一个几何体的维数都是整数,如直线是 1,平面的维数是 2,立方体的维数是 3。根据分形几何理论,一条曲线的分形维数是可以介于 1 和 2 之间的任意值,同样一个表面的维数可以是 2 和 3 之间的任意值,也就是说分形几何体的分形维数可以是分数,其大小跟曲线或表面的复杂性有关。在本研究中,利用分形方法分析土地覆盖类型的结构特性,采用分形维数来定量描述覆盖斑块的边界的复杂性,其值介于 1 和 2 之间。

分形体的分维定义多种多样,多边形边界分形维数的估算方法更多。常用的方法有把边界作为曲线来估算其分形维数,如步行行走法、Douglas-Peucker 法和光栅法<sup>[9]</sup>,也有基于栅格的盒子数法、边界膨胀法和欧氏距离制图法<sup>[15]</sup>,还有基于周长—面积关系和尺度—周长—面积关系的方法等。本研究采用最后两种方法,分别用于估算一组斑块的分形维数和单个斑块的分形维数。

2.2 周长—面积关系法

基于周长—面积关系估算多边形的分形维数的方法是与分形几何的产生一起发展起来的方法,已经有很多的研究和应用。其基本思想是复杂多边形的周长( $P$ )和面积( $A$ )满足以下关系<sup>[10,11]</sup>:

$$P \propto (A^{1/2})^D \tag{1}$$

(1)式可以表述为

$$P = C_0(A^{1/2})^D \tag{2}$$

其中, $D$  为多边形的分维, $C_0$  为常数。

该方法通常被用来估算多个多边形组成的整体的分形维数  $D$ 。将(2)式两边取对数,得到

$$\ln P = \ln C_0 + D \ln A^{1/2} \tag{3}$$

令

$$C = \ln C_0 \tag{4}$$

则(3)式可以写成

$$\ln P = C + D \ln A^{1/2} \tag{5}$$

即  $\ln P$  为  $\ln A^{1/2}$  的幂函数。取  $M$  个多边形,得到其周长  $P_i$  和  $A_i (i = 1, 2, \dots, M)$ ,这样就得到  $M$  个点对  $[\ln A_i^{1/2}, \ln P_i] (i = 1, 2, 3, \dots, M)$ ,然后在  $\ln\text{--}\ln$  坐标上进行线性拟合, $C$  为该直线在  $\ln P$  轴上的截距,分形

维数  $D$  就是该直线的斜率。

2.3 尺度-周长-面积关系法

尺度-周长-面积关系法是从周长-面积关系法的基础上扩展得到的。王桥等人在分析(1)式的基础上,通过量纲分析提出了一种基于尺度的图斑分维值估算的实验方法<sup>[9]</sup>,其表达式如下:

$$P^{1/D} = a_0 S^{(1-D)/D} A^{1/2} \tag{6}$$

其中, $D$  为图斑的分维值, $a_0$  为常数, $S$  为测量所取的尺度。 $P$  和  $A$  分别为在尺度  $S$  下测得的图斑的周长和面积。

(6)式两边取对数,整理可得:

$$\ln(P/S) = D\ln a_0 + D\ln(A^{1/2}/S) \tag{7}$$

对于一个图斑而言, $D$  为定值,因此(2)式中右边第一项可视为常数( $C$ ),即:

$$C = D\ln a_0 \tag{8}$$

将(8)式代入(7)式得

$$\ln(P/S) = C + D\ln(A^{1/2}/S) \tag{9}$$

为求出  $D$  和  $C$ ,首先用不同的尺度  $S_i(i = 1, 2, 3, \dots, M)$ ,按步长行走法测量得到  $M$  个  $P_i$  及相应的  $A_i(i = 1, 2, 3, \dots, M)$ ,得到  $M$  个点 $[\ln(A_i^{1/2}/S_i), \ln(P_i/S_i)](i = 1, 2, 3, \dots, M)$ ;然后用线性回归分析方法在  $\ln\text{-}\ln$  坐标系上拟合这些点对,所得直线的斜率即为分形维数  $D$  的估计值。

采用这种方法进行分形维数估算时,要考虑无标度区的限制。理想的分形体是在整个尺度范围中都满足分维值不变,但实际的自然分形体是不满足的<sup>[16,17]</sup>,只在很窄的尺度范围内,才满足分形维数的稳定性,即尺码  $S_i$  的取值是在有限的范围内进行的,这个范围也就是分形体的无标度区。无标度区的下限  $d_{\min}$  取曲线的最短线段,而无标度区上限  $d_{\max}$  的取值方法则较多,有直接取曲线的一定比例长度(如  $1/4$ ),也可取所有点到首点的最长距离。另外根据不少学者的意见,曲线的最小长度可取曲线若干突出点的连线或封闭图形的凸壳,这就意味着  $d_{\max}$  可取突出点或凸壳点之间的平均距离<sup>[18]</sup>。本文综合考虑上述方法,并从计算方便的角度出发,提出先计算曲线上任意两点之间的距离,取其最大值作为  $d_{\max}$ 。

3 结果与分析

3.1 土地覆盖的空间统计

根据 IKONOS 图像处理和信息提取结果,南麂岛的土地覆盖类型较为简单,主要有草地、灌木林地、庄稼地、居民地、水体、沙滩、道路、码头和零星岩石等类型。考虑到道路为线状地物、码头主要建于海边,而孤立岩石比较分散且面积很小,本研究将不对它们作单独分类,而是划入其周围的类型一并分析。所以,最后得到的土地覆盖类型分布图中只包含草地、灌木林地、庄稼地、居民地、水体和沙滩等 6 类。现在对 IKONOS 数据的处理结果作统计,其结果列于表 2。

根据表 2 的统计,南麂岛上草地和灌木林地是主要的覆盖类型,两者合计约占总土地面积的 89.6%,且斑块面积较大,可见南麂岛的土地覆盖还是以天然的植被覆盖为主。居民地的斑块数最多,但面积都不大,说明南麂岛上的居民住地比较分散、独立。沙滩和水体的数量最少,都只有两个,面积也不大。

3.2 斑块面积效应分析

根据周长-面积关系法和尺度-周长-面积关系法分别估算得到的南麂岛土地覆盖状况的整体分形维数和所有单个斑块的 分形维数,发现斑块的面积和分形特征是有万有数据

表 2 由 IKONOS 图像提取的土地覆盖状况  
Table 2 Land cover characteristics of Naji Island from IKONS images

覆盖类型 Land cover type	面积(m <sup>2</sup> ) Area	所占比 例(%) Percent- tage	斑块 个数 Patch number	平均斑块 面积(m <sup>2</sup> ) Average area
草地①	4,263,970.986	55.92	26	163998.884
灌木林地②	2,568,597.763	33.69	25	102743.911
庄稼地③	295,802.259	3.88	16	18487.641
居民地④	449,222.274	5.89	32	14038.196
水体⑤	4,403.178	0.06	2	2201.589
沙滩⑥	42,701.336	0.56	2	21350.668
总计⑦	7,624,697.796	100	103	74026.192

①Meadow,②Shrubbery,③Farmland,④Village,⑤Water body,⑥Sands,⑦Total

周长的关系以及斑块面积和斑块周长在对数坐标上的关系,如图 3 所示。图 3(a)是斑块面积与相应面积的斑块数占总斑块数的比例之间的关系图;图 3(b)是斑块面积与分形维数的关系;图 3(c)为斑块面积与斑块周长的关系;图 3(d)是斑块面积与斑块周长在对数坐标上的关系。

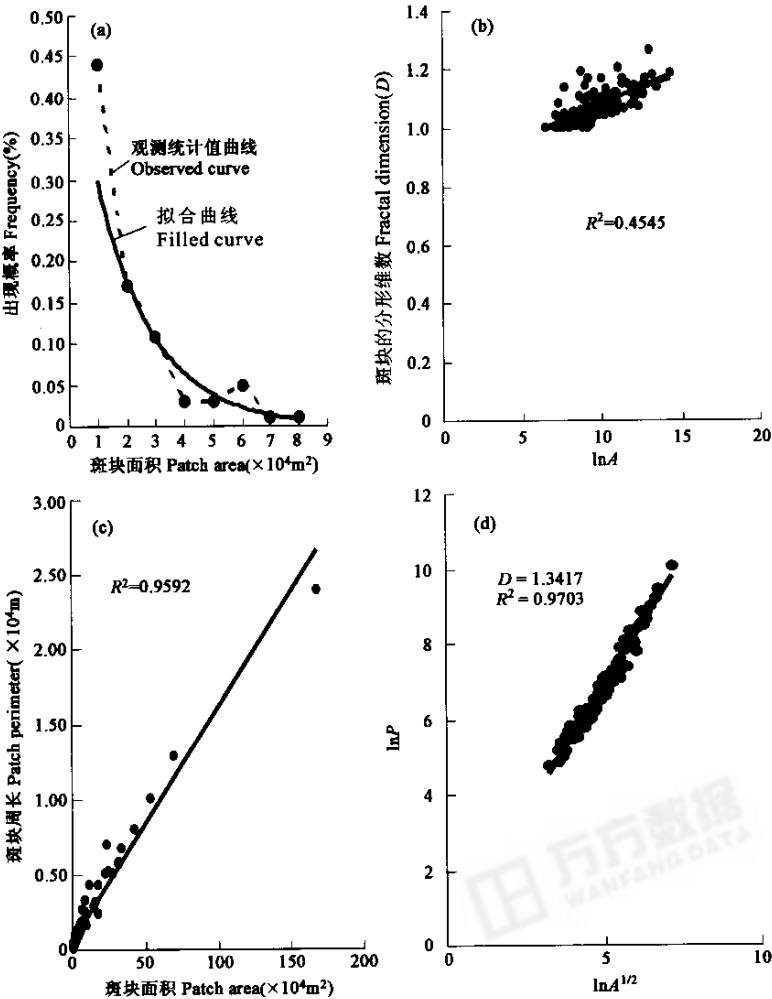


图 3 斑块的面积效应图

Fig. 3 Effect of patch area

(a)为斑块面积与相应出现概率的关系 Distribution of patch number in classes of size; (b)斑块面积与分形维数的关系  $D$  in relation to  $\ln A$ ; (c)斑块面积与斑块周长的关系 Behavior of patch perimeter as a relation to patch area; (d)斑块面积与斑块周长在对数坐标的关系 Natural logarithms of patch perimeter in relation to patch area

图 3(a)为南麂岛土地覆盖斑块尺度分布的情况,面积小的斑块的出现概率比面积大的斑块要大。图 3(b)为斑块面积和分形维数的关系,面积对数与分形维数具有一定的线性关系,其相关系数  $R^2=0.4545$ 。分形维数随斑块面积的增大而变大,验证了 Knimmel 等学者的研究工作<sup>[19]</sup>。其原因是因为面积大的斑块属于草地和灌木林地等自然植被覆盖,更具不规则性,且其中可能镶嵌有其它类型的斑块,使其边界变得更为复杂。图 3(c)是斑块周长和斑块面积的关系图,其相关系数  $R^2=0.9502$ 。图 3(d)为斑块周长和面积在对数坐标上的相互关系,其  $R^2=0.9703$ 。由图 5(c)和图 5(d)可知,斑块周长和面积更符合对数关系,所以用



分形方法更能准确描述其特征。根据图 5(d),南麂岛土地覆盖斑块的整体分形维数是 1.3417。

3.3 基于周长-面积关系法的分形分析

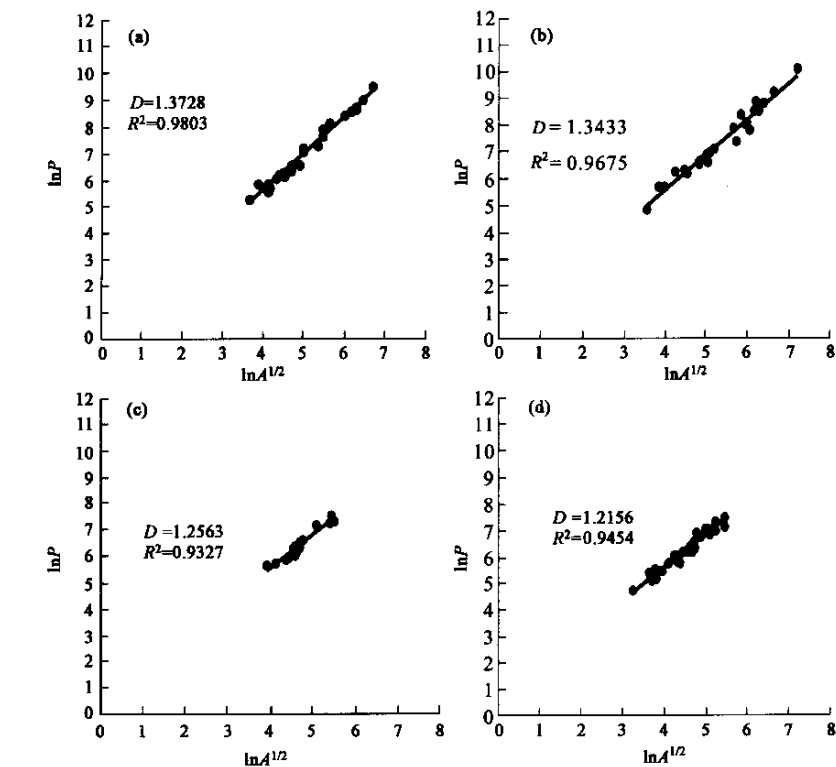


图 4 基于周长-面积关系法的分形分析结果

Fig. 4 Natural logarithms of patch perimeter in relation to patch area and the slope line of corresponding perimeter-area relationship of the main four land types

其中(a)、(b)、(c)和(d)分别为草地、灌木林地、庄稼地和居民地的分形分析情况(a)meadow;(b)shrubbery;(c) farmland;(d)village

由于对覆盖类型的整体的分形特性进行分析需要较多数量的斑块,而水体和沙滩都只有 2 个斑块,因此这里只选取草地、灌木林地、庄稼地和居民地等斑块数较多的 4 类覆盖类型进行分形分析。采用 3.2 节中介绍的基于周长-面积关系的模式,对草地、灌木林地、庄稼地和居民地等覆盖类型的整体分形特性进行分析。图 4 分别表示草地、灌木林地、庄稼地和居民地的  $\ln P-\ln A^{1/2}$  的关系。

从图 4 中可以看出,草地、灌木林地、庄稼地和居民地的分形维数分别是 1.3433、1.3728、1.2563、1.2156。按分形维数从大到小的顺序依次是灌木林地、草地、庄稼地、居民地。分形维数的大小表明灌木林地的边界最为不规则,居民地的边界最简单。 $\ln P-\ln A^{1/2}$  的线性相关系数  $R^2$  都在 0.93 以上,说明用分

表 3 基于尺度-周长-面积关系的分形分析结果

Table 3 Statistics of fractal dimension in classes of land type obtained by measure-perimeter-area method

土地覆盖类型 Land cover type	斑块个数 Patch number	最小分形维数 Minimal fractal dimension	最大分形维数 Maximal fractal dimension	平均分形维数 Average fractal dimension
草地 <sup>①</sup>	26	1.032	1.190	1.096
灌木林地 <sup>②</sup>	25	1.008	1.268	1.102
庄稼地 <sup>③</sup>	16	1.001	1.123	1.050
居民地 <sup>④</sup>	32	1.001	1.198	1.062
水体 <sup>⑤</sup>	2	1.002	1.002	1.002
沙滩 <sup>⑥</sup>	2	1.043	1.052	1.047

①Meadow, ②Shrubbery, ③Farmland, ④Village, ⑤Water body, ⑥Sands

形方法分析各类型是合适的。

3.4 基于尺度-周长-面积关系法的分形分析

利用尺度-周长-面积关系法可以估算每个斑块的分形维数,然后按覆盖类型分别进行统计分析。表 3 列出有关的统计结果。从表 3 可以看出,灌木林地和草地的平均分形维数较大,庄稼地和居民地较小,水体最小。这样的结果与上节的的整体分形分析结果基本一致。这表明虽然不同的分形维数的估算方法所得到的分形维数的值有较大差距,但不同类型间的相对大小是基本一致的。

3.5 分形特征差异性检验(*t*-检验)

不同土地覆盖类型斑块的形成机制不同,因此其空间结构也是有很大的差异的,这在前面的分析中已得到证实。为了进一步分析不同覆盖类型的空间结构特征的差异性,现利用前面估算获得的单个斑块的分形维数,采用 *t*-检验法检验草地、灌木林地、庄稼地和居民地等覆盖类型之间的差异的显著程度。表 4 给出了覆盖类型间分形特征差异显著性检验结果。其中 *n* 表示差异性不显著,数值越小差异性越显著。

表 4 显示,草地、灌木林地和庄稼地、居民地之间具有非常显著的差异性,而草地与灌木林地之间和庄稼地与居民地之间的差异性则不显著。由于草地和灌木林地属于自然的覆盖类型,而庄稼地和居民地是受人类活动干扰强烈的覆盖类型,所以它们的分形特征存在明显的差异性,也就是说覆盖类型的分形特性与受人类活动的干扰程度有关。

4 结论

利用 IKONOS 卫星遥感数据提取了南麂岛的土 壤覆盖类型,然后根据分形方法建立了一系列分形模型,分析覆盖斑块的结构特征和分形特性,得到的结论:

- (1) 南麂岛的土地覆盖类型比较简单,有草地、灌木林地、庄稼地、居民地、水体和沙滩等。草地和灌木林地是南麂岛的主要土地覆盖类型,占该岛总面积的 89.6%。
- (2) 斑块数量、斑块分形特征和斑块周长等参数与斑块面积之间存在较强的相关性。斑块数量随斑块面积的增大呈指数下降,而分形维数略有增加。斑块周长在对数坐标上与面积呈强线性相关。
- (3) 由基于周长-面积关系法计算得到的分形维数显示,草地、灌木林地、庄稼地和居民地的分形维数分别是 1.3433、1.3728、1.2563、1.2156。由尺度-周长-面积关系法估算得到的分形维数上,草地、灌木林地、庄稼地、居民地、水体和沙滩的平均分形维数分别为 1.096、1.102、1.05、1.062、1.002、1.047。由此可见,两种方法都揭示草地和灌木林地的分形维数较大,而庄稼地和居民地的分形维数较小,说明草地和灌木林地的斑块结构比居民地和庄稼地更为复杂,进而表明斑块的分形特性与其受人类活动干扰程度密切相关。
- (4) 覆盖类型分形特征差异的显著性检验结果显示,草地、灌木林地和庄稼地、居民地之间具有非常显著的差异性,而草地与灌木林地之间和庄稼地与居民地之间的差异性则不显著。

References:

[1] Noss R F, Harris L D. Nodes, networks, and mums: preserving diversity at all scales. *Environ. Manage.* 1986, 10:299~309.

[2] Luiz Alberto Blanco Jorge, Gilberto Jose Garcia, A study of habitat fragmentation in Southeastern Brazil using remote sensing and geographic information systems (GIS). *Forest Ecology and Management*, 1997, 98(1):35~47.

[3] Gupta R K, Pprasad S and Krishna Rao P V. Evaluation of Spatial Upscaling Algorithms for Different Land Cover Types. *Res.*, 1998, 22(5):625~628.

[4] Giles M. Foody, Mapping Land Cover from Remotely Sensed Data with a Softened forward Neural Network

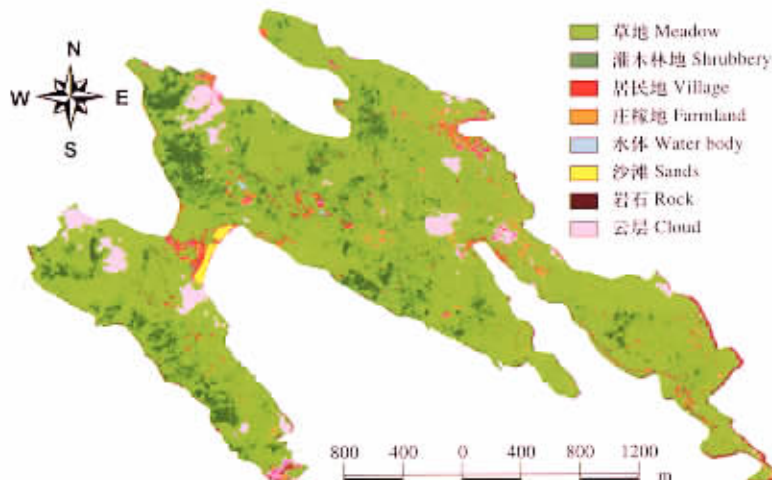


- Classification. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2000, **29**(3):433~449.
- [5] Ma K M, Zu Y G. Fractal Properties of Vegetation Pattern. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2000, **24**(1): 111~117.
- [6] Liu C R, Chen L Z. Landscape Scale Fractal Analysis of Patch Shape in the Vegetation of The Beijing Region. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2000, **24**(2): 129~134.
- [7] Zhou C H, Luo J C, Yang X M. *Geosciences analysis of remote sensing images*. Beijing: Science Press, 1999. 59~60.
- [8] Frank T D. Mapping dominant vegetation communities in the Colorado Rocky Mountain front range with Landsat thematic mapper and digital terrain data. *Photogr. Engin. Remote Sens.*, 1988, **54**:1727~1734.
- [9] Wang Q, Wu H H. *Study on fractal description of geographic information and automatic generalization*. Wuhan: Wuhan Ttechnical University of Surveying and Mapping Press, 1998.
- [10] Mandelbrot B B. *Fractal Form Chance and Dimension*. Freeman. New York, 1977. 365.
- [11] Mandelbrot B B. *The Fractal Geometry or Nature*. Freeman, New York, 1983. 468.
- [12] Bai-Lian Li. Fractal geometry applications in description and analysis of patch patterns and patch dynamics. *Ecological Modelling*, 2000, **132** (1): 33~50.
- [13] Sugihara G & May R M. Applications of fractals in ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 1990, **5**(10):79~86.
- [14] Mladenoff D J, White M A, Pastor J, *et al*. Comparing spatial pattern in unaltered old-growth and disturbed forest landscapes. *Ecological Applications*, 1993, **3**(3):294~306.
- [15] Dominique BeÁrubeÁ, Michel JeÁbrak. High precision boundary fractal analysis for shape characterization. *Computers & Geosciences*, 1999, **25**:1059~1071.
- [16] Lin H Y, Li Y X. *Fractal theory——exploring of oddity*. Beijing: Beijing Sscience and Technical University Press, 1992.
- [17] Goodchild M F. Fractals and the accuracy of geographical measures. *Mathematical Geology*, 1980, **12**(1):85~98.
- [18] Wu H H. Research on fundamental theory and technical approaches of automated map generalization. *Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping*, 2000, **25**(5): 377~386.
- [19] Knimmel J R, Gardner R H, Sugihara G, *et al*, Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos*, 1987, **48**: 321~324.

#### 参考文献:

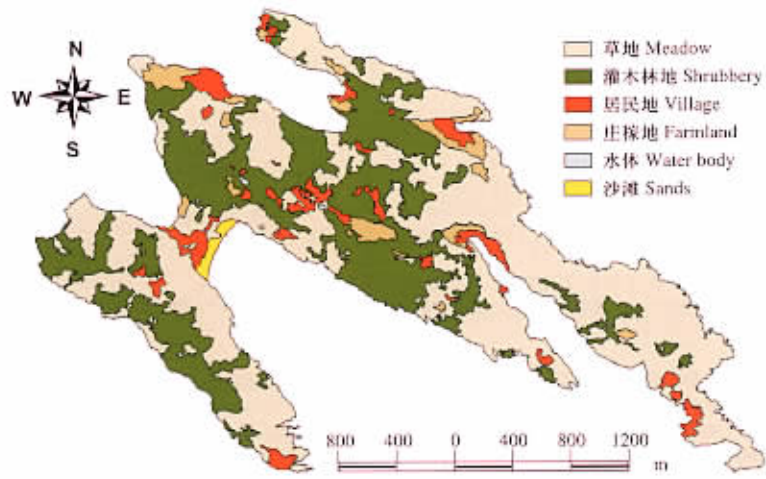
- [5] 马克明, 祖元刚. 植被格局的分形特征. 植物生态学报, 2000, **24**(1):111~117.
- [6] 刘灿然, 陈灵芝. 北京地区植被景观斑块形状的分形分析. 植物生态学报, 2000, **24**(2):129~134.
- [7] 周成虎, 骆剑承, 杨晓梅, 等. 遥感影像的地理理解与分析. 北京: 科学出版社, 1999. 59~60.
- [9] 王 桥, 毋河海. 地图信息的分形描述与自动综合研究. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1998.
- [16] 林鸿益, 李映血. 分形论——奇异性探索. 北京: 北京理工大学出版社, 1992.
- [18] 毋河海. 地图信息自动综合基本问题研究. 武汉测绘科技大学学报, 2000, **25**(5):377~386.

张华国, 等: 利用 IKONOS 卫星数据和分形方法研究南麂岛土地覆盖状况  
 ZHANG Hua-Guo, *et al*: Study of land cover on Nanji Island using IKONOS  
 images and fractal approach



图版 I 南麂岛土地覆盖状况的 IKONOS 遥感图像解译图

Plate 1 The fetched image of land cover in Nanji Island derived from IKONOS images



图版 II 矢量化后的南麂岛土地覆盖状况分布图

Plate II The land cover map in Nanji Island after vector operation using GIS software

万方数据