

# 晋江西流域土地利用结构变化的分形研究

荣 琨<sup>1</sup>, 陈 莹<sup>2</sup>, 李学平<sup>1</sup>, 单长青<sup>1</sup>

(1. 滨州学院 城市与环境系, 山东 滨州 256600; 2. 福建师范大学 地理科学学院, 福建 福州 350007)

**摘 要:** 基于晋江西流域 1985 与 2001 年两期土地利用遥感解译数据, 运用周长—面积分形方法计算获得了西流域两期主要地类的分形维数和稳定性指数, 并对土地利用空间格局的变化进行了分析。研究表明, 西流域土地利用的整体分形维数从 1985 年的 1.255 减少到 2001 年的 1.169, 整体空间结构向着简单、规则的方向发展; 林地和水域的分形维数有所增加, 其余用地类型均表现为减小。西流域土地利用的整体稳定性指数从 1985 年的 0.245 增加到 2001 年的 0.331, 用地的整体空间结构更加稳定。土地利用空间结构最稳定的地类在 1985 与 2001 年分别为林地和草地, 两期最不稳定的地类均为耕地。1985—2001 年, 人类活动对占西流域面积近 50% 的林地的利用趋于无序, 空间结构趋于不稳定, 今后应重点加强对林地有序利用的规划管理。

**关键词:** 分形理论; 土地利用结构变化; 稳定性; 晋江西溪

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)04-0126-04

中图分类号: TP79

## Fractal Analysis on Landuse Stucture in Xixi Watershed of Jinjiang Basin

RONG Kun<sup>1</sup>, CHEN Ying<sup>2</sup>, LI Xue-ping<sup>1</sup>, SHAN Chang-qing<sup>1</sup>

(1. Department of Urban and Environment, Binzhou University, Binzhou, Shandong 256600, China;

2. College of Geographical Science, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350007, China)

**Abstract:** Based on 1985 and 2001 remotely sensed land use data of Xixi watershed, Jinjiang basin, fractal dimension and stability index of each major land use type were acquired and the change of the land use spatial pattern were investigated. The results show that the fractal dimension value of the study area decreased from 1.255 in 1985 to 1.169 in 2001, and the whole land use spatial structure was simplified. The fractal dimension values of forest land and water land increased, while the values of the other land types decreased. The spatial structure stability index of land use in the study area increased from 0.245 in 1985 to 0.331 in 2001. The whole spatial structure stability of land use of the watershed tended to increase. The most stable land use types of Xixi watershed were forest land in 1985 and grass land in 2001, and the most unstable land use type was all farm land in both 1985 and 2001. From 1985 to 2001, the use of the forest land, which covers 50 percent of the total area of Xixi watershed, was out of order with an increasingly unstable spatial structure. The forest land should be planned and managed more properly from now on.

**Keywords:** fractal theory; landuse stucture change; stability; Xixi watershed of Jinjiang basin

分形概念是由法国科学家曼德尔布罗特<sup>[1]</sup>于 1975 年提出的, 它主要研究自然界中不稳定的、变幻莫测的、不规则的现象所隐藏的层次性、规律性和标度不变性, 可以通过少量信息重现原来的研究对象。此后, 分形理论在地理学中广泛应用<sup>[2]</sup>, 如在河网水系、海岸线、沙丘形态、土壤等方面已取得了丰富成果<sup>[3]</sup>。土地利用类型受自然和人类的双重作用, 具有不规则性、相对不稳定性 and 复杂性特征, 可以运用分形理论探讨其空间形态<sup>[4]</sup>, 进一步研究其复杂性和稳

定程度, 得到传统统计方法不能表现的隐含信息, 透过土地利用空间结构揭示其变化过程。近年来, 分形理论广泛应用于土地利用变化研究中并取得了丰富成果<sup>[5-10]</sup>, 逐渐成为土地利用变化研究的重要内容。

流域是一个完整的地理单元, 以流域为单元进行土地利用变化、自然资源以及生态环境的综合研究, 已成为促进区域可持续发展的重要途径。晋江西流域位于福建省东南部, 改革开放较早, 社会经济发展较快, 伴随而来的是土地利用剧烈变化, 人地矛盾

收稿日期: 2011-12-30

修回日期: 2012-02-06

资助项目: 福建省科技计划重大项目“基于集水区动态模拟的水库水资源水环境管理平台开发”(2010Y4001); 滨州学院青年人才创新工程科研基金项目(BZXYYQLG200911); 滨州学院博士科研启动基金项目“(2008Y08)

作者简介: 荣琨(1983—), 男(汉族), 山东省滨州市人, 硕士, 助教, 主要从事资源环境方面的研究。E-mail: rongkun\_007@163.com。

突出。作为海峡西岸经济区的重要组成部分,西溪流域是目前国家开发的重点,迫切需要土地利用方面的研究。但目前晋江流域土地利用变化的分形研究较少,因此运用分形理论进行研究,探讨不同土地利用类型的分形维数和稳定性指数,可为该区土地利用结构科学优化提供理论支持。

## 1 研究区概况

晋江西流域位于福建省东南部的泉州市境内,为晋江水系的正源,由西北向东南流,与晋江东溪汇合,经泉州湾入海。选择该流域为研究区,西溪流域面积为 2 616 km<sup>2</sup>,海拔范围 50~1 500 m,地貌以山地丘陵为主,平原较少。西溪流域月平均气温 22~29 °C,多年平均降水量 1 715 mm,属南亚热带海洋性季风气候。4—9 月为汛期,径流量占全年径流总量的 77%,流域多年平均径流量为 2.63×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>。土壤类型以红壤(44.8%)、水稻土(30.2%)和黄红壤(17.1%)等 3 类土壤为主,约占 92%<sup>[11]</sup>。区内原生植被类型属亚热带常绿阔叶林、亚热带雨林植被带,主要群系有马尾松林、杉木林等,区内经济以农业为主,种植业较发达<sup>[12]</sup>。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

研究区 1985 年与 2001 年土地利用图来源于中国科学院南京土壤研究所提供的 1:10 万福建省土地利用/覆被遥感解译数据<sup>[13]</sup>,根据研究区土地利用特征和景观类型差异,将土地利用类型划分为耕地、园地、林地、草地、建设用地、水域等 6 类。

### 2.2 研究方法

由于土地利用分形维数和稳定性指数的变化与土地利用变化密切相关,因此计算出 1985 年和 2001 年晋江西流域主要地类的分形维数和稳定性指数,并利用这两个指数探讨其动态变化特点。分形维数与稳定指数的计算方法及模型中各参数的意义为:

(1) 分形维数。用于计算分形维数的周长—面

积模型如公式(1)所示。

$$A = kP^{\frac{2}{D}} \quad (1)$$

对上式进行双对数变换,即为地类斑块的分形公式(2):

$$\lg A = \frac{2}{D} \lg P + C \quad (2)$$

式中:A——某一斑块面积(m<sup>2</sup>);P——同一斑块周长(m);D——分形维数;k——待定常数;C——截距。

由公式(2)可建立各地类斑块的周长—面积关系,拟合出二者的直线关系,此直线的斜率为 2/D,直线的截距为 C。分形维数 D 的理论范围为[1,2],D 值的大小反应了地类斑块的复杂性。D 值越大,表示空间上的镶嵌结构越复杂,当 D=2 时表示等面积下周长最复杂的斑块;D 值越小,表示空间上的镶嵌结构越简单,当 D=1 时代表形状最简单的正方形斑块。

(2) 稳定性指数。对某种地类而言,分形维数 D 越大,表示该地类镶嵌结构越复杂;当 D=1.5 时,表示该地类处于一种类似于布朗运动的随机状态,即不稳定状态;D 值越接近 1.5,就表示该地类越不稳定<sup>[14]</sup>。各地类的稳定性指数 S 可由公式(3)计算得出。

$$S = |1.5 - D| \quad (3)$$

S 值越大,表明该地类越偏离随机状态,处于稳定状态,反之则处于不稳定状态。

## 3 结果与分析

利用 ArcGIS 软件,根据研究区不同地类图斑的数字化统计资料,基于公式(2)建立了林地、草地、耕地等地类图斑的周长—面积双对数散点图,然后对各地类分别建立一元线性回归模型,再通过线性方程的斜率与分形维数的关系求得各地类的分形维数。图 1—2 分别是 1985 年与 2001 年晋江西流域林地各斑块面积和周长取对数后的散点图。运用相同的方法对西溪流域其他地类图斑数据进行处理,表 1 列出了 1985 年与 2001 年两期西溪流域各种土地利用类型的回归方程相关系数(R<sup>2</sup>)、回归统计的斑块样本数、分形维数、稳定性指数等信息。

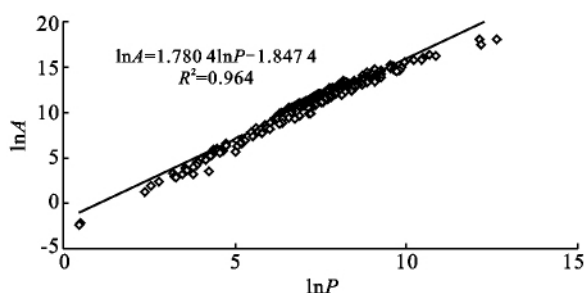


图 1 1985 年林地斑块面积(A)和周长(P)双对数散点图

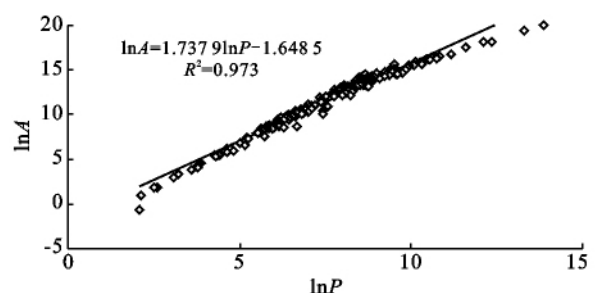


图 2 2001 年林地斑块面积(A)和周长(P)双对数散点图

表 1 1985 与 2001 年晋江西流域土地利用分形维数分析

地类	年份	分维数	稳定性指数	$R^2$	占总面积比例/%	斑块数	总面积/ hm <sup>2</sup>	平均面积/ hm <sup>2</sup>
耕地	1985	1.438	0.062	0.953	20.07	616	52 507	85.24
	2001	1.262	0.238	0.949	15.26	302	39 928	132.21
园地	1985	1.198	0.302	0.952	2.10	115	5 490	47.74
	2001	1.166	0.334	0.957	24.61	266	64 392	242.07
林地	1985	1.123	0.377	0.964	64.86	411	169 676	412.84
	2001	1.151	0.349	0.973	48.81	215	127 700	593.95
草地	1985	1.230	0.270	0.943	10.86	631	28 407	45.02
	2001	1.097	0.403	0.981	4.75	71	12 433	175.11
建设用地	1985	1.290	0.210	0.936	1.59	349	4 170	11.95
	2001	1.192	0.308	0.913	5.92	111	15 488	139.53
水域	1985	1.611	0.111	0.946	0.52	41	1 363	33.25
	2001	1.860	0.360	0.946	0.64	13	1 667	128.20
全部土地	1985	1.255	0.245	0.946	100.00	2 163	261 614	120.95
	2001	1.169	0.331	0.962	100.00	978	261 608	267.49

由图 1 和表 1 的统计结果可知,相关系数( $R^2$ )均较高,西溪流域各类土地的图斑分布具有较好的自相似性,因此可以应用分形理论对各类土地从总体上进行分形分析。

### 3.1 分形维数分析

不同时间不同土地利用类型分维值的变化可反映出土地利用的变化趋势,分维值增大表明相同面积土地斑块周长的增加,土地利用类型的空间镶嵌结构变得复杂;反之则相同面积土地斑块的周长变短,空间结构趋于简单<sup>[7]</sup>。由表 1 可知,1985 年西溪流域整体土地利用分形维数为 1.255,2001 年为 1.169,流域总体土地利用分维数呈现减小趋势。分形维数增加的地类有林地和水域,其他土地利用类型的分形维数均减少。分形维数增加最多的是水域,增加量为 0.249;分形维数减少最多的是耕地,减少量为 0.176。表明研究期内西溪流域林地和水域的空间结构变得更复杂,其余用地空间结构变得更简单,其中耕地空间结构趋于简单的程度最大。从各地类的分形维数和总面积的变化量来看,变化量较大,说明在研究期内西溪流域土地利用空间行为对土地形态的改变比较大,西溪流域土地利用的整体空间镶嵌结构趋于简单化。

从生产的角度看,土地斑块的形状越规整,越有利于生产,如降低运输费用、减少田间机械的空行率等。一般来讲,有序的土地利用行为会使得土地斑块更规整,从而向降低土地斑块分形维数的方向发展<sup>[10]</sup>。在 1985—2001 年间,研究区未发生过大的自然灾害,土地利用的变化绝大部分是由人类活动引

起。西溪流域耕地、园地、草地、建设用地的分形维数呈减少趋势,表明了土地斑块形态规整化改善的程度,同时也表明了人们改善土地形态的行为强度。林地和水域的分形维数增大,说明土地利用空间行为使土地斑块形态更加破碎,土地利用的无序性增强,分形维数增大的程度反映了无序土地利用行为的强度;此外 2001 年林地占西溪流域总面积的近 50%(表 1),对流域生态环境具有重要意义,今后西溪流域应加强对林地和水域的有序利用和规划管理。

### 3.2 稳定性指数分析

根据公式(3)算出各土地利用类型的稳定性指数如表 1 中所示,1985 年西溪流域整体稳定性指数为 0.245,2001 年为 0.331,说明全流域不同土地利用类型的空间结构稳定性逐渐增加。对比 6 种用地类型的结果,1985 与 2001 年稳定性指数最大的分别是林地和草地,耕地的稳定性指数在 1985 与 2001 年均最小,主要是由于城镇用地不断扩张,交通用地占用,部分地区民工流出造成耕地被撂荒等,耕地呈缩减趋势<sup>[5]</sup>,在各种地类相互转换过程中,耕地受人为因素的干扰较大,因而与其他地类相比空间结构很不稳定<sup>[7]</sup>。由表 1 可知,1985—2001 年耕地、园地、草地、建设用地和水域的稳定性指数有所增大,其中水域和耕地的稳定性指数增量较大,表明这几种土地利用类型的空间结构有趋于稳定的态势;同时也说明尽管 1985—2001 年水域的空间结构更加复杂、反映出水域的利用无序性增强,但水域空间结构的变化速度已经减慢,水域的空间结构更加稳定,其利用无序性增强的速度也已经减慢。与 1985 年的指数相比,2001

年林地的稳定性指数有所减小,6类用地中的排名从1985年的第1位下将到2001年的第3位,表明林地的空间结构趋于不稳定;此外林地占流域面积的比例从1985年的64.86%锐减至2001年的48.81%,破坏较严重,今后应加强对林地的有序利用规划管理。

根据分形维数与稳定性的关系,地类图斑的分形维数为1.5时最不稳定;当分形维数小于1.5时,地类图斑的分形维数增加,其稳定性降低;当分形维数大于1.5时,地类图斑的分形维数增加,其稳定性也增加。根据此规律,进行土地利用空间规划时,有必要对土地景观进行分形统计分析,对分形维数小于1.5的地类要严格控制分形维数的增加,施加更多的人为控制;对分形维数大于1.5的地类,应尽量减少人为干扰<sup>[10]</sup>。表1的结果表明,2001年西流域耕地、园地、林地、草地、建设用地的分形维数均小于1.5,因而应施加更多的人为控制,严格控制这几类用地分形维数的增加,同时这也有利于地类形成规整的斑块,有利于生产;2001年水域的分形维数为1.860,大于1.5,且从1985—2001年水域面积趋于稳定的态势,因而应尽量减少对水域的人为干扰。

#### 4 结论

(1) 晋江西流域的不同土地利用类型都具有空间分形特征,土地利用分形维数的大小和变化可以揭示出该流域土地利用的形态复杂性及其变化趋势。

(2) 晋江西流域土地利用的整体分形维数从1985年的1.255减少到2001年的1.169,整体空间结构向着简单、规则的方向发展;林地和水域的分形维数有所增加,其余用地均为减小。西流域土地利用的整体稳定性指数从1985年的0.245增加到2001年的0.331,用地的整体空间结构更加稳定;除林地外,其余地类的空间结构均变得更加稳定。

(3) 1985—2001年林地的面积锐减,分形维数增加,稳定性指数减小,表明其受破坏较严重,无序土地

利用行为的强度有变大趋势,空间结构趋于不稳定,今后应重点加强对占流域面积近50%的林地的有序利用和规划管理。

#### [参 考 文 献]

- [1] Mandelbrot B B. The Fractal Geometry of Nature[M]. New York: Freeman W H and Company, 1982:36-39.
- [2] 秦耀辰,刘凯.分形理论在地理学中的应用进展[J].地理科学进展,2003,22(4):426-436.
- [3] 包安明,陈云浩,史建康,等.干旱区不同土地利用类型的时空分形特征研究:以塔里木河干流区域为例[J].干旱区地理,2009,32(5):761-768.
- [4] 陈述彭.地理科学的信息化与现代化[J].地理科学,2001,21(3):193-197.
- [5] 王鹏,张家其,田亚平,等.基于分形理论的土地利用时空变化特征分析[J].国土与自然资源研究,2011,33(1):39-41.
- [6] 叶长盛,董玉祥.珠江三角洲土地利用分形特征及其影响机制[J].农业工程学报,2011,27(4):330-335.
- [7] 孙栋元,赵成义,魏恒,等.基于分形模型的台兰河流域土地利用变化研究[J].水土保持学报,2010,24(2):218-222.
- [8] 贾文臣,贾香云,李福印,等.威海市土地利用分形特征动态变化[J].地理科学进展,2009,28(2):193-198.
- [9] 干旱区典型流域近30年土地利用/土地覆被变化的分形特征分析:以玛纳斯河流域为例[J].干旱区地理,2008,31(1):75-81.
- [10] 谢花林,李秀彬.基于分形理论的土地利用空间行为特征:以江西东江源流域为例[J].资源科学,2008,30(12):1866-1872.
- [11] 安溪县志编纂委员会.安溪县志[M].北京:新华出版社,1994:106-122.
- [12] 张明旭.晋江西流域降雨径流的SWAT模型模拟[D].福建福州:福建师范大学,2007.
- [13] 陈志强.区域多尺度LUCC及空间数据库研究[D].福建福州:福建师范大学,2006.
- [14] 徐建华,艾南山,金炯,等.西北干旱区景观要素镶嵌结构的分形研究[J].干旱区研究,2001,18(1):35-39.