

# 边境地区土地利用时空格局的分形动态研究

——以广西崇左市为例

黎 励<sup>1,2</sup>, 毛蒋兴<sup>1,2</sup>, 陆汝成<sup>1,2</sup>

(1. 广西师范学院 资源与环境科学学院, 南宁 530001; 2. 北部湾环境演变与资源利用省部共建教育部重点实验室, 南宁 530001)

**摘 要:**基于广西崇左市 2001 年和 2010 年两期遥感影像,在遥感、地理信息技术和统计分析工具支持下,应用分形理论对 2001—2010 年 10 a 间该地区土地利用类型形态复杂度与结构稳定度的时空格局进行实证研究。结果表明:(1) 崇左市边境 4 县(市)各土地利用类型的分布都具有分形结构,2001 年和 2010 年各地类斑块总体上形状比较规则,结构相对稳定;(2) 10 a 间各地类的分形维数逐步增大并向临界值 1.5 逼近,稳定性指数则不断减小并接近于 0,呈现出高复杂性和低稳定性的分形演变趋势;(3) 大新县和龙州县的水域、凭祥市和宁明县的林园地的复杂性升高而稳定性下降趋势最为明显,大新县和龙州县的未利用地、凭祥市和宁明县的草地变化幅度最小;(4) 崇左市今后发展应加强土地利用的规划引导,采取有效措施来适当控制土地类型整体分形维数的增加,维持土地利用结构的稳定性。

**关键词:**土地利用; 时空格局; 分形; 边境地区; 崇左市

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)05-0204-06

## Fractal Dynamic Research on Spatiotemporal Pattern of Land Use in Border Area

—A Case Study of Chongzuo City, Guangxi

LI Li<sup>1,2</sup>, MAO Jiang-xing<sup>1,2</sup>, LU Ru-cheng<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources & Environmental Science, Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001, China; 2. Key Laboratory of Beibu Gulf Environmental Evolution and Resources Utilization, Ministry of Education, Nanning 530001, China)

**Abstract:**Based on Landsat TM images of Chongzuo City, Guangxi in 2001 and 2010, fractal theory was applied to study the spatiotemporal pattern of the morphological complexity and structural stability of land use types in this area during the past 10 years under the support of remote sensing, geographic information techniques and statistical analysis tools. The results showed that: (1) the distribution of all land use types in 4 border counties or cities of Chongzuo City had fractal characteristics, on the whole, the shapes of each land use patch were regular, and the structure was stable in 2001 and 2010; (2) the fractal dimensions of each land use type had been gradually rising and approaching the critical value of 1.5, while the stability indexes continued to decrease towards 0, which led to the land use types to present the fractal evolution trend of high complexity and low stability; (3) the water of Daxin County and Longzhou County and the woodland and garden plot of Pingxiang City and Ningming County had the most obvious tendency of rising complexity and declining stability, on the contrary, the unused land of Daxin County and Longzhou County and the grassland of Pingxiang City and Ningming County changed the least; (4) in the future, Chongzuo City should strengthen the guidance for land use planning, and take effective measures to control increases in fractal dimension and maintain the stability of land use structure.

**Key words:**land use; spatiotemporal pattern; fractal; border area; Chongzuo City

收稿日期:2014-01-25

修回日期:2014-03-25

资助项目:国家自然科学基金项目(41261108);广西国土资源厅 2014 年重大科研课题项目(GXZC2014-G3-0371-KLZB-A);广西科学研究与技术开发计划项目(桂科合 14125008-2-27);2012 年“广西高校优秀人才资助计划项目”(1273)

作者简介:黎励(1989—),女,广西梧州人,硕士研究生,研究方向为土地利用变化与土地资源管理。E-mail:LiLiLi8861@126.com

通信作者:毛蒋兴(1976—),男,广西桂林人,博士,教授,硕士生导师,主要从事城乡区域规划与土地利用规划研究。E-mail:maojiangxing@163.com

土地利用具有动态性、变化性、相对不稳定性和复杂性等特征<sup>[1]</sup>,土地利用类型的分布则是一种典型的分形表现。在自然过程和人类活动的双重作用下,不同土地利用类型斑块相互镶嵌并在空间上不断扩张与收缩<sup>[2]</sup>,其边界形态及变化特征直接反映了土地利用时空结构的内在规律及演变趋势。由于分形理论与传统欧氏几何学相比,更适合描述大自然中复杂的真实客体,目前已被引入土地利用变化领域,并形成了一批富有成效的理论成果。罗海霞等从静态分析角度出发,基于分形理论对西南某镇2010年的土地利用空间格局进行研究<sup>[3]</sup>;王大鹏等定量探讨额济纳三角洲近15年的土地利用分形特征,揭示该地区各土地利用类型随时间的变化过程<sup>[4]</sup>;李新东等对广东省4个不同地理环境区域的土地利用类型分布格局进行实证分析,对比得出其空间差异和分形机制<sup>[5]</sup>。然而现有研究多数从时间维或是空间维单方面去探究土地利用的分形特征,综合分析土地利用时空格局的分形动态尚不多见。

边境地区的地理区位特殊,具有捍卫国家主权和领土完整、维护民族团结统一和社会稳定的重大战略意义;是一国连接外界的前沿阵地,也是国防安全的主要屏障以及对外开放的桥头堡。伴随着“钓鱼岛”、“东海”、“南海”、“中印边境”等争端形势升级,边境地区日益成为政府和社会广泛关注的焦点。同时,在当前区域、次区域合作已成为世界经济发展潮流的时代背景下,不同国家之间的互通往来日渐频繁,邻近国界的边境地区正在成为国际经济交流活动的重要空间和承载区域;该地区的社会经济不仅得到快速发展,其土地利用也发生着深刻改变,各土地利用类型的边界形态和空间结构正经历着不同程度的复杂变动过程,这种变化又将影响土地的利用程度及其功能效益,进而对当地乃至国家经济社会发展产生影响。然而到目前为止,学术界对边境地区土地利用分形动态的研究仍少见报道。因此,本文将以广西边境的崇左市为例,应用分形理论对2001—2010年这10 a间该地区土地利用类型形态复杂度与结构稳定度的时空格局进行研究,旨在促进该区土地资源合理开发利用,探索未来土地利用空间形态调整方向,并为其他边境地区的同类研究提供参考。

## 1 研究区概况

崇左市位于广西壮族自治区西南部,地跨北纬 $21^{\circ}35'—23^{\circ}22'$ ,东经 $106^{\circ}33'—108^{\circ}07'$ ;面向东南亚,背靠大西南,东北部与南宁市交界,东部与钦州市相

接,东南部与防城港市毗邻,西北部与百色市相连,西及西南部与越南社会主义共和国接壤;处在泛北部湾经济合作区、大湄公河次区域两个板块的结合部,以及南宁—新加坡经济走廊和“南宁—谅山—河内—海防—广宁”经济走廊的关键位置,具有“沿边、近海、连东盟”的区位优势 and 地缘优势,是中国通往东盟各国的枢纽城市和最便捷的国际陆路大通道。全市地势西南高、东北低,由西北向东南倾斜<sup>[6]</sup>;境内丘陵起伏,山多地少,以喀斯特岩溶地貌为主体;属亚热带湿润季风气候,年平均气温 $20.8\sim 22.4^{\circ}\text{C}$ ,无霜期为330 d以上,年降雨量为 $1\,088\sim 1\,799\text{ mm}$ ,年日照量 $1\,800\text{ h}$ 以上。

崇左市辖扶绥县、宁明县、龙州县、大新县、天等县和江州区5县1区,代管县级凭祥市;其中宁明、龙州、大新、凭祥4个边境县(市)与越南接壤,边境线全长533 km,占广西陆地与越南接壤国境线总长的83.70%,是广西陆地边境线最长的地级市<sup>[6]</sup>。境内有国家一类口岸3个,二类口岸4个,边民互市点13个,是一个典型的边境城市。2010年,崇左市总人口243.50万人,地区生产总值389.21亿元;土地总面积 $17\,351\text{ km}^2$ ,其中耕地面积 $51.96\text{ 万 hm}^2$ ,园地面积 $4.65\text{ 万 hm}^2$ ,林地面积 $75.28\text{ 万 hm}^2$ ,城镇村及工矿用地面积 $4.14\text{ 万 hm}^2$ ;交通运输用地面积 $2.50\text{ 万 hm}^2$ ,水域及水利设施用地面积 $4.30\text{ 万 hm}^2$ ,其他土地面积 $23.88\text{ 万 hm}^2$ 。

## 2 研究方法

分形理论作为一种研究不规则对象自相似性的理论<sup>[7]</sup>,自20世纪70年代中期创立以来,就被广泛应用于自然科学和社会科学的各个方面<sup>[8]</sup>。将之应用于土地利用变化研究,可以更加科学综合地描述土地利用类型的几何特征和内部规律。本文采用的相关指标及其计算方法和各参数的意义如下。

### 2.1 分形维数(D)

分形维数作为表征分形特征的重要指标,可以定量表征土地利用类型的边界曲折程度和形状复杂程度。同一土地利用类型不同时期的分形维值,反映了土地利用在时间变化上的规律和趋势;同一时期不同土地利用类型的分形维值,则反映了土地利用在空间变化上的结构和特征。

对于任何一种土地利用类型斑块而言,其分形维数计算公式为<sup>[9-13]</sup>:

$$\ln A(r) = \frac{2}{D} \ln P(r) + C \quad (1)$$

式中:  $A(r)$ ——地类斑块面积;  $P(r)$ ——地类斑块周长;  $C$ ——常数;  $D$ ——某地类的分形维数;  $r$ ——测量尺度。

根据以上的分形维数公式,如果某一土地利用类型的分布具有分形结构,则  $\ln A(r) - \ln P(r)$  散点回归分布于一条直线上;建立形如式(1)的回归模型就可以求取直线的斜率  $k$ ,从而得到该土地利用类型的分形维数  $D$ ,  $D = 2/k$ 。分形维数  $D$  的理论取值范围为  $1.0 \sim 2.0$ ,  $D$  值越大,表明该地类边界越不规则,形状越复杂;反之亦然。当  $D$  取最小值  $1.0$  时,该地类的边界最为规则,形状为简单的方形;当  $D$  取最大值  $2.0$  时,该地类的边界最不规则,形状最为复杂;当  $D$  取值  $1.5$  时,该地类处于一种类似于布朗运动的随机状态,即最不稳定状态<sup>[14]</sup>,  $D$  越接近该值则该地类空间结构的稳定性越差。

## 2.2 稳定性指数(SI)

稳定性指数是衡量土地利用结构稳定程度的基本指标,可以反映某种土地利用类型在自然状态下抵御外界干扰、维持自身形态的能力。参考相关资料和研究成果<sup>[15-18]</sup>,本文拟构建土地利用类型的稳定性指数的计算公式如下:

$$SI = 1.5 - D \quad (2)$$

式中:  $D$ ——某地类的分形维数;  $SI$ ——该地类的稳定性指数,其理论取值范围为  $-0.5 \sim 0.5$ ,  $|SI|$  值越大,表明该地类越偏离布朗随机运动,空间结构处于稳定状态;反之亦然。当  $SI > 0$ ,即  $D < 1.5$  时,该地类是在其形态简单状态下的一种稳定性,  $SI$  值越大,其结构越稳定,反之越不稳定;当  $SI < 0$ ,即  $D > 1.5$  时,该地类是在其形态复杂状态下的一种稳定性,  $SI$  值越小,其结构越稳定,反之越不稳定。

## 3 数据来源与处理

### 3.1 数据来源及分类系统

本文采用的基础数据主要是:2001年15 m空间分辨率的 Landsat 7 ETM 影像,2010年30 m空间分辨率的 Landsat 5 TM 影像,两期影像的成像时间均为11月份。参照全国土地分类体系,依据崇左市边境4县(市)的土地利用现状特点,将研究区的土地利用类型划分为6大类,分别是水域、林园地、草地、耕地、建设用地、未利用地。

### 3.2 数据处理

在 ERDAS 9.2 遥感图像处理软件和 ArcGIS 9.3

空间数据处理软件的支持下,对两个时期的 TM 影像进行几何校正、图像镶嵌与裁剪等预处理;结合崇左市的自然地理和土地利用状况等基础资料,综合运用非监督分类与监督分类方法按照以上的分类系统对影像进行判读解译,并对此分类效果进行精度评估, Kappa 系数分别达到  $0.89$  和  $0.85$ ,分类精度满足要求;在此基础上生成2001年和2010年崇左市边境4县(市)的土地利用现状图(附图5),并获取各个地类斑块的面积及周长等属性数据。借助 SPSS 19.0 统计分析和 Excel 2003 软件,根据上述的分形模型对各地类的面积、周长自然对数统计值进行回归分析,最终得到各地类的分形维数和稳定性指数。

## 4 结果与分析

通过上述数据处理过程,得出崇左市边境4县(市)各土地利用类型的面积—周长自然对数回归方程、相关系数  $R^2$ 、分形维数  $D$  和稳定性指数  $SI$ (表1)。由表1可知,研究区各地类面积、周长自然对数之间的相关系数均在  $0.96$  以上,存在显著的相关性,其地类分布具有分形结构,拟合效果较好。

### 4.1 土地利用时间格局的分形动态分析

从表1可以看出,崇左市边境4县(市)在2001年和2010年所有土地利用类型的分形维数都小于  $1.5$ ,稳定性指数均大于  $0$ ,表明各地类斑块总体上边界比较规则,形状较为简单,结构相对稳定。然而在10 a 间,其土地利用的分形维数逐步增大并向临界值  $1.5$  逼近,稳定性指数则不断减小并接近于  $0$ ,说明区域内各地类的复杂性明显升高而稳定性则明显下降,斑块形态不规则与破碎程度加重,并逐渐趋向随机运动的不稳定状态。

2001年崇左市边境4县(市)整体土地利用的分形维数  $D$  值为  $1.2434 \sim 1.4015$ ,各地类形态复杂性由大到小的排序是:耕地>草地>林园地>建设用地>未利用地>水域;土地利用的稳定性指数  $SI$  值范围为  $0.0985 \sim 0.2566$ ,各地类结构稳定性由大到小的排序是:水域>未利用地>建设用地>林园地>草地>耕地。相比较可知,2001年耕地的形态最为复杂且稳定性最差,是因为这一时期当地的耕地利用以小规模经营为主,分布零散、利用率低,加上撂荒现象的存在也使得耕地边界处于复杂变动之中;而水域的结构最为简单且最稳定,主要是由于受到当时经济、技术等条件限制,人们对其开发力度较小,水域仍保持着原始状态。

表 1 2001 年和 2010 年崇左市边境 4 县(市)各地类的分形维数及稳定性指数

	地类	年份	$\ln(P)-\ln(A)$ 回归方程	相关系数 $R^2$	分形维数 $D$	稳定性指数 SI
崇左市边境 4 县(市)	水域	2001	$\ln(A)=1.6085\ln(P)-1.0368$	0.9815	1.2434	0.2566
		2010	$\ln(A)=1.4523\ln(P)+0.0564$	0.9768	1.3771	0.1229
	林园地	2001	$\ln(A)=1.4490\ln(P)-0.2830$	0.9790	1.3803	0.1197
		2010	$\ln(A)=1.3471\ln(P)+0.6222$	0.9865	1.4847	0.0153
	草地	2001	$\ln(A)=1.4390\ln(P)-0.2340$	0.9770	1.3899	0.1101
		2010	$\ln(A)=1.3790\ln(P)+0.4350$	0.9840	1.4503	0.0497
	耕地	2001	$\ln(A)=1.4270\ln(P)-0.2110$	0.9750	1.4015	0.0985
		2010	$\ln(A)=1.3720\ln(P)+0.4750$	0.9850	1.4577	0.0423
	建设用地	2001	$\ln(A)=1.4750\ln(P)-0.4270$	0.9770	1.3559	0.1441
		2010	$\ln(A)=1.4279\ln(P)+0.1763$	0.9817	1.4007	0.0993
	未利用地	2001	$\ln(A)=1.4983\ln(P)-0.5934$	0.9679	1.3348	0.1652
		2010	$\ln(A)=1.4342\ln(P)+0.1231$	0.9786	1.3945	0.1055
大新县	水域	2001	$\ln(A)=1.6209\ln(P)-1.0911$	0.9830	1.2339	0.2661
		2010	$\ln(A)=1.4528\ln(P)+0.0561$	0.9769	1.3767	0.1233
	林园地	2001	$\ln(A)=1.4326\ln(P)-0.1707$	0.9802	1.3961	0.1039
		2010	$\ln(A)=1.3522\ln(P)+0.5966$	0.9872	1.4791	0.0209
	草地	2001	$\ln(A)=1.4569\ln(P)-0.3135$	0.9772	1.3728	0.1272
		2010	$\ln(A)=1.3689\ln(P)+0.4923$	0.9847	1.4610	0.0390
	耕地	2001	$\ln(A)=1.4388\ln(P)-0.2918$	0.9756	1.3900	0.1100
		2010	$\ln(A)=1.3977\ln(P)+0.3275$	0.9861	1.4309	0.0691
	建设用地	2001	$\ln(A)=1.4659\ln(P)-0.4208$	0.9807	1.3643	0.1357
		2010	$\ln(A)=1.4333\ln(P)+0.1544$	0.9819	1.3954	0.1046
	未利用地	2001	$\ln(A)=1.5035\ln(P)-0.6168$	0.9672	1.3302	0.1698
		2010	$\ln(A)=1.4821\ln(P)-0.1407$	0.9749	1.3494	0.1506
龙州县	水域	2001	$\ln(A)=1.6018\ln(P)-1.0036$	0.9805	1.2486	0.2514
		2010	$\ln(A)=1.4650\ln(P)-0.0129$	0.9750	1.3652	0.1348
	林园地	2001	$\ln(A)=1.4287\ln(P)-0.1810$	0.9794	1.3999	0.1001
		2010	$\ln(A)=1.3393\ln(P)+0.6673$	0.9859	1.4933	0.0067
	草地	2001	$\ln(A)=1.4460\ln(P)-0.2720$	0.9760	1.3831	0.1169
		2010	$\ln(A)=1.3799\ln(P)+0.4300$	0.9823	1.4494	0.0506
	耕地	2001	$\ln(A)=1.4301\ln(P)-0.2168$	0.9780	1.3985	0.1015
		2010	$\ln(A)=1.3793\ln(P)+0.4292$	0.9865	1.4500	0.0500
	建设用地	2001	$\ln(A)=1.4915\ln(P)-0.4920$	0.9774	1.3409	0.1591
		2010	$\ln(A)=1.4230\ln(P)+0.2011$	0.9811	1.4055	0.0945
	未利用地	2001	$\ln(A)=1.4914\ln(P)-0.5736$	0.9641	1.3410	0.1590
		2010	$\ln(A)=1.4451\ln(P)+0.0618$	0.9779	1.3840	0.1160
凭祥市	水域	2001	$\ln(A)=1.5378\ln(P)-0.7534$	0.9751	1.3006	0.1994
		2010	$\ln(A)=1.4473\ln(P)+0.0601$	0.9808	1.3819	0.1181
	林园地	2001	$\ln(A)=1.4288\ln(P)-0.2135$	0.9806	1.3998	0.1002
		2010	$\ln(A)=1.3364\ln(P)+0.6848$	0.9852	1.4966	0.0034
	草地	2001	$\ln(A)=1.4306\ln(P)-0.2108$	0.9796	1.3980	0.1020
		2010	$\ln(A)=1.3930\ln(P)+0.3452$	0.9813	1.4358	0.0642
	耕地	2001	$\ln(A)=1.4239\ln(P)-0.1862$	0.9696	1.4046	0.0954
		2010	$\ln(A)=1.3398\ln(P)+0.6579$	0.9848	1.4928	0.0072
	建设用地	2001	$\ln(A)=1.4704\ln(P)-0.3924$	0.9774	1.3602	0.1398
		2010	$\ln(A)=1.4253\ln(P)+0.1841$	0.9818	1.4032	0.0968
	未利用地	2001	$\ln(A)=1.5138\ln(P)-0.6711$	0.9720	1.3212	0.1788
		2010	$\ln(A)=1.4594\ln(P)-0.0116$	0.9796	1.3704	0.1296
宁明县	水域	2001	$\ln(A)=1.5045\ln(P)-0.5918$	0.9783	1.3293	0.1707
		2010	$\ln(A)=1.4071\ln(P)+0.2875$	0.9778	1.4214	0.0786
	林园地	2001	$\ln(A)=1.4695\ln(P)-0.3968$	0.9787	1.3610	0.1390
		2010	$\ln(A)=1.3676\ln(P)+0.4987$	0.9844	1.4624	0.0376
	草地	2001	$\ln(A)=1.4280\ln(P)-0.1880$	0.9770	1.4006	0.0994
		2010	$\ln(A)=1.4100\ln(P)+0.2496$	0.9812	1.4184	0.0816
	耕地	2001	$\ln(A)=1.4130\ln(P)-0.1340$	0.9750	1.4154	0.0846
		2010	$\ln(A)=1.3588\ln(P)+0.5447$	0.9840	1.4719	0.0281
	建设用地	2001	$\ln(A)=1.4668\ln(P)-0.3607$	0.9750	1.3635	0.1365
		2010	$\ln(A)=1.4274\ln(P)+0.1661$	0.9813	1.4011	0.0989
	未利用地	2001	$\ln(A)=1.4954\ln(P)-0.5811$	0.9710	1.3374	0.1626
		2010	$\ln(A)=1.4164\ln(P)+0.2212$	0.9795	1.4120	0.0880

2010年崇左市边境4县(市)整体土地利用的分形维数 $D$ 值为1.377 1~1.484 7,各地类形态复杂性由大到小的排序是:林园地>耕地>草地>建设用地>未利用地>水域;土地利用的稳定性指数 $SI$ 值范围为0.015 3~0.122 9,各地类结构稳定性由大到小的排序是:水域>未利用地>建设用地>草地>耕地>林园地。相比较可知,2010年林园地是所有地类中形状最不规则且最不稳定的类型,反映了在经济林采伐、农业结构调整等人类干扰影响下,林园地的形态结构进一步遭到破坏,已呈现出破碎化、不稳定的特征;而水域则是边界形态最简单的地类,并具有最高的结构稳定性。

2001—2010年10 a间,崇左市边境4县(市)各土地利用类型的分形维数均有所增加,稳定性指数均有所减少,变幅均为0.044 8~0.133 7,形态复杂度增强及结构稳定度减弱幅度由大到小的次序均是:水域>林园地>草地>未利用地>耕地>建设用地。由此可知,水域虽然是2001年和2010年两个时期里形态最简单且结构最稳定的地类,但10 a间其复杂性变大而稳定性变小的幅度却是最为显著的,并存在较大的潜在随机运动趋势。林园地、草地10 a间的变化幅度较水域略小,但在2001年和2010年其边界形态均较为复杂且处于不稳定状态,表明未来林园地和草地向愈加不规则、不稳定变化的可能性比较大。而建设用地复杂度提高及稳定度降低的幅度在所有地类中是最小的,说明随着边境地区的发展以及城镇建设的加快,建设用地的利用强度不断加大,人为的规划布局使其形态趋于规整、空间结构趋于合理化和稳定化。

#### 4.2 土地利用空间格局的分形动态分析

崇左市边境4县(市)的自然地理条件、经济发展水平、社会政策环境均存在不同程度的差异,必然导致土地利用行为在不同地域也呈现出各自的分异特征。基于表1的测算结果,进一步计算得到10 a间4县(市)各地类的分形维数及稳定性指数变化值(图1)。分析图1可知,4县(市)各地类的分形维数变化值都大于0,稳定性指数变化值均小于0,而且变化幅度较大,说明10 a间边境4县(市)的土地利用行为引起了区域土地形态和结构的改变,使其呈现出高复杂性和低稳定性的分形特征演变趋势。尤以大新县和龙州县的水域、凭祥市和宁明县的林园地变化最为明显,大新县和龙州县的未利用地、凭祥市和宁明县的草地变幅最小。

大新县10 a间各地类分形维数的变化幅度为0.019 2~0.142 8,各地类变化值从大到小的顺序依

次为水域、草地、林园地、耕地、建设用地、未利用地。其中,水域的形态复杂性提高最为显著,同时其结构稳定性也有较大幅度的降低;而未利用地的变化幅度最小,空间结构较为稳定。这主要是因为大新县的水系比较发达,随着当地经济社会的发展使得河流等水域用地的利用程度进一步加强,从而对其稳定性产生较大影响;同时,由于该县地处云贵高原南缘,石山泥岭间杂遍布,分布其间的未利用地所处自然条件较差,因此其还未得到人类的充分开发利用,形态结构变化较小。

龙州县10 a间各地类分形维数的变化幅度为0.043 0~0.116 6,各地类变化值从大到小的顺序依次为水域、林园地、草地、建设用地、耕地、未利用地。相比于其他地类,水域和林园地的边界形状改变比较突出,结构不稳定程度加剧;而未利用地和耕地的变化相对较小。原因是龙州县的地貌类型以盆地为主,地势较为平坦,虽然农业中种植业占有较大比重,但粮食生产发展起伏不定且不能自给,所以当地的渔业发展、农业结构调整等引起水域和林园地形态结构发生波动变化;而近年来龙州县“小块并大块”耕地整治模式的推行,促进了当地高标准农田建设,也使得耕地由分散、小块耕作向规整、规模经营转变。

凭祥市10 a间各地类分形维数的变化幅度为0.037 8~0.096 8,各地类变化值从大到小的顺序依次为林园地、耕地、水域、未利用地、建设用地、草地。其中,林园地及耕地趋向于布朗随机运动的态势最明显,草地及建设用地形态结构复杂度增幅不大。这主要是由于凭祥市自被国务院批准为沿边对外开放城市,并享受一系列开发开放优惠政策以来,其边民互市贸易点、边境口岸、综合保税区得到稳步建设,对外贸易也取得跨越式发展。当地经济发展水平以及人口密度在快速提高的同时,其城镇发展用地需求量也日益增长,建设过程中不可避免占用林园地和耕地资源,使其结构处于不稳定状态;而建设用地由于得到规划利用,形态渐趋规则。

宁明县10 a间各地类分形维数的变化幅度为0.017 8~0.101 4,各地类变化值从大到小的顺序依次为林园地、水域、未利用地、耕地、建设用地、草地。其中,林园地的分形维数变幅最大,水域次之,草地在所有地类中变化最不明显。主要原因是宁明县受到广西十万大山余脉横亘南部全境,由此形成无数山间带状谷地和峰丛坡地,全县林园地资源丰富,是广西的林业大县,当地木材、八角、中药材等经济林业的发展也使林园地的边界形态发生较大改变,结构稳定程度下降。

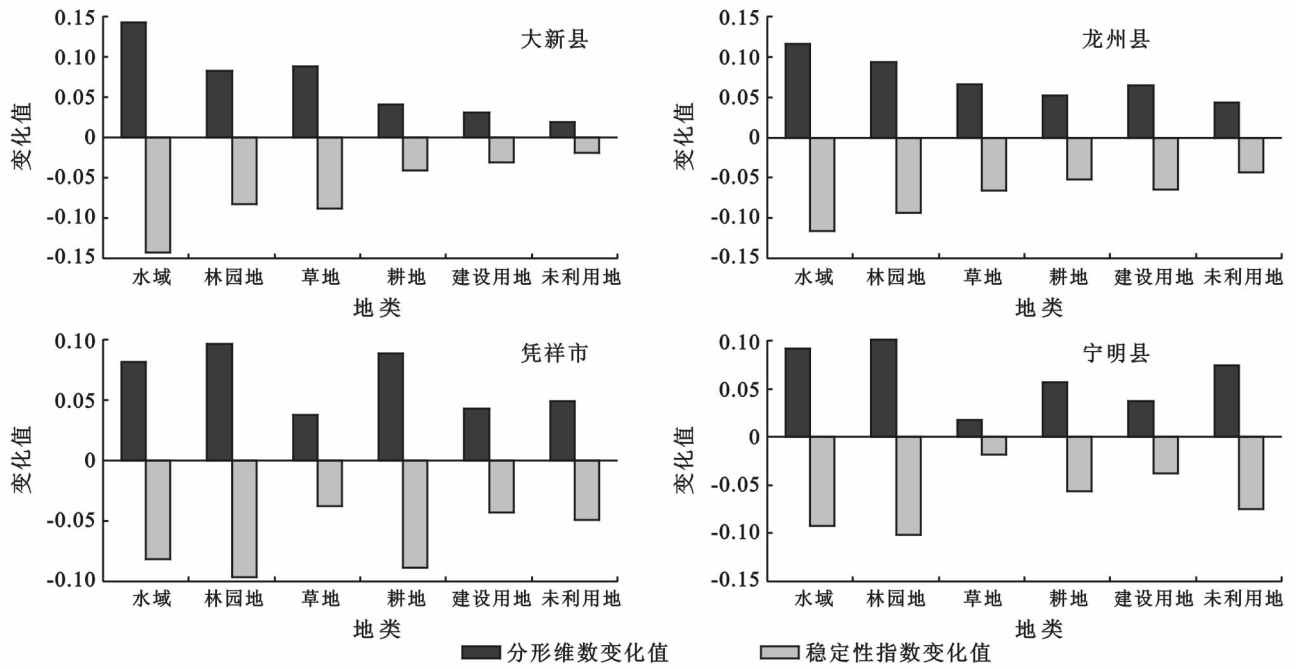


图1 崇左市边境4县(市)10a间各地类的分形维数及稳定性指数变化情况

## 5 结论

本文基于分形理论,对边境地区广西崇左市2001—2010年10a间土地利用变化的时空格局进行定量分析,在理论上弥补了以往土地利用分形研究缺乏时空动态综合分析的不足,在实践上也丰富了分形理论对边境地区的研究应用。通过实证分析主要得出以下结论:

(1) 崇左市边境4县(市)各土地利用类型的分布都具有分形结构,2001年和2010年各地类斑块总体上形状比较规则,结构相对稳定。

(2) 10a间边境4县(市)的土地利用行为引起了区域土地形态和结构的改变,各地类的分形维数逐步增大并向临界值1.5逼近,稳定性指数则不断减小并接近于0,其分形特征呈现出高复杂性和低稳定性的演变趋势。

(3) 大新县和龙州县的水域、凭祥市和宁明县的林园地的复杂性升高而稳定性下降趋势最为明显,大新县和龙州县的未利用地、凭祥市和宁明县的草地变化幅度最小。

崇左市边境4县(市)今后发展应加强土地利用的规划引导,采取有效措施来适当控制土地类型整体分形维数的增加,维持土地利用结构的稳定性。针对不同地类的分形特点以及区域内部的自然环境、经济社会等地域差异,对各土地利用类型的边界形态进行合理调整与布局安排,避免其自由延伸、无序扩张,促进当地土地利用朝着紧凑、集约、高效方向发展,从而塑造边境地区特色风貌,增强边境城镇的集聚和辐射

能力,树立国家良好形象,构建和谐周边关系,维护国家边境安全。

### 参考文献:

- [1] 刘纯平,陈宁强,夏德深.土地利用类型的分维数分析[J].遥感学报,2003,7(2):136-141.
- [2] 李义玲,乔木,杨小林,等.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.
- [3] 罗海霞,罗凯,叶路生,等.基于分形理论的土地利用空间格局分析:以西南某镇为例[J].安徽农业科学,2013,41(1):339-340.
- [4] 王大鹏,王周龙,李德一,等.额济纳三角洲近15年土地利用分形特征及变化[J].干旱区地理,2007,30(5):742-746.
- [5] 李新东,郭治兴,邓南荣,等.土地利用类型的分维值和稳定性指数空间变异分析[J].生态环境,2007,16(2):627-631.
- [6] 崇左市地方志编纂委员会.崇左年鉴[M].南宁:广西民族出版社,2011.
- [7] 谢和平,张永平.分形几何学:数学基础与应用[M].重庆:重庆大学出版社,1991.
- [8] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [9] 白新萍.基于分形理论的滨海新区土地利用空间格局变化研究[J].安徽农业科学,2011,39(24):1428-14730.
- [10] 刘小丹,张克斌,曹永翔,等.柴达木盆地察汗乌苏绿洲土地覆盖分形研究[J].水土保持研究,2009,16(2):217-218.

于陕北要充分发挥资源优势,并将资源优势转化为经济优势,同时要重视生态环境和可持续发展,陕南要有效发挥环境资源优势,以旅游业带动第二、三产业及绿色生态产业的发展,提高经济增长能力,加快经济发展,同时要发挥关中在技术、人力资源方面的带动和辐射作用,统筹协调区域发展,实现陕西省经济社会持续稳定增长,提高土地资源的集约利用效率。

参考文献:

[1] 郑华伟,刘友兆,丑建立. 中国城市土地集约利用与生态环境协调发展评价研究[J]. 水土保持通报,2012,32(1): 227-232.

[2] 谢敏,郝晋珉,丁忠义,杨君. 城市土地集约利用内涵及其评价指标体系研究[J]. 中国农业大学学报,2006,11(5):117-120.

[3] 冯科,郑娟尔,韦仕川,郑文娟,刘勇. GIS 和 PSR 框架下城市土地集约利用空间差异的实证研究:以浙江省为例[J]. 经济地理,2007,27(5):811-818.

[4] 范辉,周晋. 河南省城市土地集约利用水平的时空演变[J]. 水土保持研究,2010,17(4):198-206.

[5] 李进涛,谭术魁,汪文雄. 基于 DPSIR 模型的城市土地集约利用时空差异的实证研究:以湖北省为例[J]. 中国土地科学,2009,23(3):49-54.

(上接第 209 页)

[11] 鄯瑞卿,刘富民. 基于分形理论的土地利用景观格局变化研究:以镇赉县镇赉镇为例[J]. 水土保持研究,2013,20(2):217-222.

[12] 孙栋元,赵成义,魏恒,等. 基于分维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.

[13] 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.

[14] 杨国安,甘国辉. 基于分形理论的北京市土地利用空间格局变化研究[J]. 系统工程理论与实践,2004(10):

[6] 范辉,王立,周晋. 基于主成分分析和物元模型的河南省城市土地集约利用对比研究[J]. 水土保持通报,2012, 32(3):160-169.

[7] 潘竟虎,石培基,董晓峰. 甘肃省城市化发展与土地集约利用研究[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(4):28-33.

[8] 李景刚,张效军,高艳梅,臧俊梅. 基于改进熵值模型的城市土地集约利用动态评价:以广州市为例[J]. 地域研究与开发,2012,31(4):118-123.

[9] 韩会庆,蔡广鹏,郜红娟. 基于生态健康的贵阳市云岩区土地集约利用研究[J]. 水土保持研究,2013,20(3):78-81.

[10] 崔娟敏,季文光. 基于 AHP 的土地集约利用水平模糊综合评价[J]. 水土保持研究,2011,18(4):122-125.

[11] 罗新茂,何宏伟,柯新利. 基于层次分析法的城市土地集约利用评价:以湖北省钟祥市为例[J]. 安徽农业科学,2009,37(36):18114-18116.

[12] 石培基,吴燕芳. 陇南市建设用地集约利用时空差异评价研究[J]. 干旱区资源与环境,2011(1):80-85.

[13] 翟苗苗,吴泉源,徐艳慧,张芬. 山东省城市土地集约利用评价及区域差异研究[J]. 华南师范大学学报:自然科学版,2011,(4):136-140.

[14] 黎一畅,周寅康,吴林,等. 城市土地集约利用的空间差异研究:以江苏省为例[J]. 南京大学学报:自然科学版,2006,42(3):309-315.

131-136.

[15] 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.

[16] 邵怀勇,仙巍,杨武年. 三峡库区土地利用格局变化的分形结构研究:以开县为例[J]. 测绘科学,2009,34(6): 295-297.

[17] 谢贤健,韦方强. 泥石流频发区土地利用分形特征及稳定性研究[J]. 水土保持研究,2011,18(6):167-171.

[18] 朱晓华,蔡运龙. 中国土地利用空间分形结构及其机制[J]. 地理科学,2005,25(6):671-677.