

宁镇扬丘陵区土地利用空间结构的分形研究

——以镇江市为例

张荣天

(安徽师范大学 国土资源与旅游学院, 安徽 芜湖 241003)

摘 要:基于镇江市的土地利用数据,利用分形理论和 GIS 空间分析方法,探讨了镇江市土地利用空间结构特征。结果表明:镇江市的土地利用空间结构总体上呈分形特征,各土地利用类型分维数 D 介于 1.075~1.234;分维数 D 从大到小的顺序依次为:水域>林地>建设用地>其他农用地>园地>耕地,而稳定性指数 S_k 介于 0.2~0.4 之间的土地利用类型面积占研究区土地总面积的 40%左右,土地利用空间结构的稳定性总体不高;地形地貌对土地利用有着重要影响,各土地利用类型在相同地貌特征下的分维数和稳定性指数存在差异,同时同一土地利用类型的分维数和稳定性指数在不同地貌区也存在着显著的分异规律;耕地和林地在镇西丘陵区 and 镇东平原区呈现出相异的分形特征,建设用地、水域在镇东平原区的空间结构稳定性较低、复杂性较高。

关键词:土地利用;空间结构;分形;丘陵区;镇江市

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)03-0098-06

Fractal Analysis on Spacial Structure of Land Use in Ning-Zhan-Yang Hilly Area

—A Case Study of Zhenjiang

ZHANG Rong-tian

(College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241003, China)

Abstract:Based on the data of Zhenjiang land use status, using fractal theory and the GIS spatial analysis method, the land use fractal characteristics of Zhenjiang hilly area was analyzed and discussed. Some conclusions were drawn as followings. In general, the fractal characteristics of spacial structure of land use is significant in Zhenjiang, all the land-use types have fractal characteristics and the fractal dimension D values vary from 1.075 to 1.234, the descending order of land use types fractal dimension is water body, forestland, construction land, other agricultural land, garden land, cultivated land; while the descending order of stability indices is cultivated land, garden land, other agricultural land, construction land, forest land, water; 40 percent of areas hold the stability indices form 0.2 to 0.4, which shows the total stability is in a bad condition. The land use of the fractal dimension and stability index of three regions of Zhenjiang is much different, the same land type fractal dimension and stability index in different areas are different. Cultivated land and forestland fractal features present diversity characteristics in the west of hilly region and the east of plain region, construction land and water body space structure stability is low and the complexity is high in the east of plain region. Fractal dimension can be used as an effective index in the researches for land use structure in the hilly area.

Key words:land utilization; spacial structure; fractal; hilly area; Zhenjiang City

土地利用/覆盖变化(LUCC)是当前地理学研究的热点问题之一^[1],而其中土地利用空间结构研究又占据着十分重要的地位。目前关于土地利用的研究主要涉及土地利用变化时空演变、生态环境效应、驱动机制、模拟预测等多个领域^[2-4],采用土地利用变化率^[5]、转移矩阵^[6]、景观格局指数^[7]等多种方法对土

地利用/覆盖变化(LUCC)进行了探讨,这些研究方法大部分都基于 RS 与 GIS、数学模型以及数理统计等方面。分形理论最早由美国数学家 Mandelbrot 于 1967 年提出,主要用于描述不规则的以及破碎图像的几何特征^[8],它的出现为描述复杂几何形体指明了方向,也为科学地研究空间结构提供了有力的工具。

收稿日期:2012-07-12

修回日期:2012-07-20

资助项目:国家自然科学基金项目(41071114);教育部人文社会科学研究青年基金项目(11YJC790077)

作者简介:张荣天(1987—),男,江苏溧水人,博士研究生,主要研究方向为土地利用与乡村地理。E-mail:nnuzrr@163.com

20 世纪 90 年代以来,分形理论在我国地理学中的应用日益增多,在地貌^[9]、城镇体系^[10]、旅游空间结构^[11]等方面得到了发展。近年来,分形理论在土地利用变化领域也得到了广泛应用,研究尺度呈现出不断深化的趋势,不仅对大尺度地区,如黄土高原区、珠江三角洲、松嫩平原区等的土地利用分形特征进行了实证研究^[12-14],同时也有些学者对中小尺度地区(市域、县域)的土地利用分形进行了探讨^[15-16]。通过分形理论,可以进一步研究土地利用类型演变的内在复杂性及稳定性,揭示土地利用的空间结构分形特征,可以弥补面积一周长数理统计、景观格局指数等传统方法描述土地利用空间结构的不足与缺陷,为土地利用/覆被变化(LUCC)研究提供了新的理论支撑与机遇。

本文以江苏省镇江市为研究区域,采用 2009 年第二次全国土地利用调查现状数据,以 ArcGIS 9.3, SPSS 16, Excel 等软件平台为支撑,运用分形理论,通过分维数 D 和稳定性指数 S_{sk} ,对镇江市土地利用空间结构的分形特征进行定量描述,从而探讨镇江市土地利用类型的复杂性和稳定性及其与分形维数之间的内在关系,科学地揭示丘陵区土地利用空间结构特征,以期为丘陵区土地利用规划与土地资源的可持续利用提供理论依据与实践参考。

1 研究区域、数据来源及研究方法

1.1 研究区域概况

镇江市地处江苏省中南部,位于北纬 $31^{\circ}37'—32^{\circ}19'$,东经 $118^{\circ}58'—119^{\circ}58'$,北面濒临长江,东南与常州市接壤,西面毗邻南京市,下辖京口、润州、丹徒 3 个区和镇江新区经济开发区,丹阳、扬中和句容 3 个县级市,属北亚热带季风气候,气候温暖,雨量充沛,光、热、水资源较丰富。镇江市位于江南平原与丘陵山地之间的过渡地带,属于宁镇扬丘陵区,市域范围内地势西高东低,南高北低,呈波状起伏,土地利用类型复杂多样,土地开发利用程度较高,其中丘陵岗地面积占 63.4%,圩区、洲地占 19.5%,平原占 17.1%,地貌特征以丘陵岗地为主,是江苏省丘陵面积比重最大的地级市之一,也是宁镇扬丘陵区颇具代表性的地区之一。

1.2 数据来源与处理

本文的研究数据来源于江苏省镇江市 2009 年度全国第二次土地利用调查数据,数据格式为 shp 矢量文件。采用我国土地利用二级分类标准方法(GB/T21010—2007),结合研究区土地利用现状的具体特征,将镇江市土地利用类型划分为 6 大类,分别为耕地、园地、林地、其它农用地、建设用地及水域用地。

基于 ArcGIS 9.3 空间分析软件,绘制出 2009 年镇江市土地利用现状空间分布图(附图 10)。

1.3 研究方法

分形(fractal)是指部分以某种形式与整体相似的形状,自相似性和标度不变性是它的两个最为重要的特征^[17]。分形维数 D (fractal dimension)是表征自相似系统或结构的指标之一,是定量化刻画分形特征的重要参数。研究土地利用空间结构的分形特征,主要是定量描述其面积的大小及其边界线的曲折程度。对于任何一种土地利用斑块的形态来说,如果以 r 为尺度去测量其周长和面积,则可得到具体的分形维数模型如下^[18]:

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

式中: $A(r)$ ——斑块面积; $P(r)$ ——斑块周长; C ——常数; D ——分维数。根据该公式,如果研究区内的土地利用空间分布具有显著的分形结构,则 $\ln A(r) - \ln P(r)$ 散点在一定标度内的一条直线上,可以通过求取直线的斜率 k 从而确定各土地利用类型分维数 D 值,取 $D = 2/k$ 。分维数 D 值表征某种土地利用类型边界的曲折性,它的大小反映了该土地利用类型的复杂性及其稳定性。分维数 D 值取值在 1~2 之间, D 值越大,表明该土地利用类型的结构越复杂,空间边界越不规则,反之亦然。与此同时,Mandelbrot 认为布朗运动的分维数是 1.50, D 值越接近 1.50,表示该土地利用类型越不稳定。根据此原理,徐建华等^[19]定义了土地利用的稳定性指数 S_{sk} ,具体计算公式如下:

$$S_{sk} = |1.50 - D| \quad (2)$$

式中: S_{sk} ——土地利用类型的稳定性指数, S_{sk} 取值范围为 0~0.5。 S_{sk} 值越大,表明该土地利用类型越稳定,反之亦然。

2 土地利用空间结构分形特征

2.1 土地利用类型的总体特征

基于 GIS 空间分析软件,对镇江市 2009 年的土地利用现状数据中的各类土地利用类型进行相关统计处理分析,得到各土地利用类型的基本景观格局指数(表 1)。由表 1 可知,镇江市的农用地(耕地、园地、林地以及其他农用地)面积达到 2 597.84 km²,占全市土地总面积的 67.58%,其中,耕地斑块面积为 1 956.72 km²,占土地总面积的 50.91%;园地面积为 187.50 km²,占土地总面积的 4.87%;林地面积为 288.02 km²,占土地总面积的 7.49%;其他农用地

(设施农用地、农村道路、坑塘水面以及农田水利用地等)面积为 165.92 km²,占土地总面积的 4.31%;建设用地(居民点及工矿用地、交通水利设施用地以及其他建设用地)面积为 907.99 km²,占土地总面积的 23.62%;水域用地面积为 338.08 km²,占土地总面积的 8.79%。因此,从景观尺度上来说,镇江市的土地利用类型是以耕地为基质,以园地、林地及建设用

地为斑块镶嵌结构,以水域用地为线状廊道的景观结构模式。随着人类开发活动强度的不断加大,仅仅从土地利用类型占总土地面积的比例关系中衡量土地利用强度已经不能客观地反映区域土地利用的实际情况,也不能反映区域土地利用空间结构的复杂性及稳定性。所以,需要运用分形理论对区域土地利用结构特征进行深入研究。

表 1 镇江市土地利用类型的总体特征

土地类型	斑块数目/ 个	比重/ %	斑块面积/ km ²	比重/%	斑块密度/ (个·km ⁻²)	平均斑块面积/ km
耕地	9352	55.54	1956.72	50.91	4.78	0.26
林地	1004	5.96	288.02	7.49	3.48	0.29
园地	827	4.91	187.51	4.87	4.42	0.23
其他农用地	719	4.27	165.92	4.31	4.35	0.22
建设用地	4340	25.77	907.99	23.62	4.78	0.21
水域	795	4.72	338.08	8.79	2.35	0.42

2.2 土地利用空间结构分形特征

基于 ArcGIS 9.3 的空间分析功能,统计出镇江市域内的各土地利用类型斑块的周长 P 和面积 A 的相关数据,同时运用 Excel 软件,分别计算出耕地、林地、园地、其他农用地、建设用地及水域 6 种地类图斑的周长—面积的双对数散点图(图 1),并建立一元的线性回归方程。根据公式(1)—(2),计算出镇江市域不同土地利用类型的分维数 D 及其稳定性指数 S_{sk} (表 2)。由表 2 可知:镇江市各个土地利用类型都存在较为显著的分形特征,按照分维数 D 从大到小的顺序依次为:水域>林地>建设用地>园地>其他农用地>耕地,其中,水域用地的分维数 D 最大,耕地的分维数 D 最小,二者之间相差 0.159,这充分表明水体的空间分布结构最为复杂,而耕地的空间结构较水体简单,呈现出较为规则的空间形状;建设用地的

分维数达到了 1.136,表明随着城市建设的步伐不断加大,建设用地缺乏长远规划的意识 and 理念,其扩展后的空间形态不规则,空间布局不合理。从稳定性指数 S_{sk} 来看,镇江市域土地利用的稳定性指数 S_{sk} 范围大致为 0.266~0.425,按照稳定性指数 S_{sk} 从大到小的顺序依次为:耕地>其他农用地>园地>建设用地>林地>水域。其中,耕地的稳定性指数 S_{sk} 最大,为 0.425;水域最小,仅仅为 0.266,表明镇江市域范围内耕地的空间分布结构最为稳定,而水域的空间结构最不稳定;其中稳定性指数 S_{sk} 介于 0.2~0.4 之间的土地利用类型面积占研究区土地总面积的 40%左右,表明镇江市域土地利用空间结构的稳定性总体不高。耕地、林地、建设用地及其水域用地是镇江市最为重要的四类用地类型,因此,本文就这四类土地利用类型的分形特征进行重点分析。

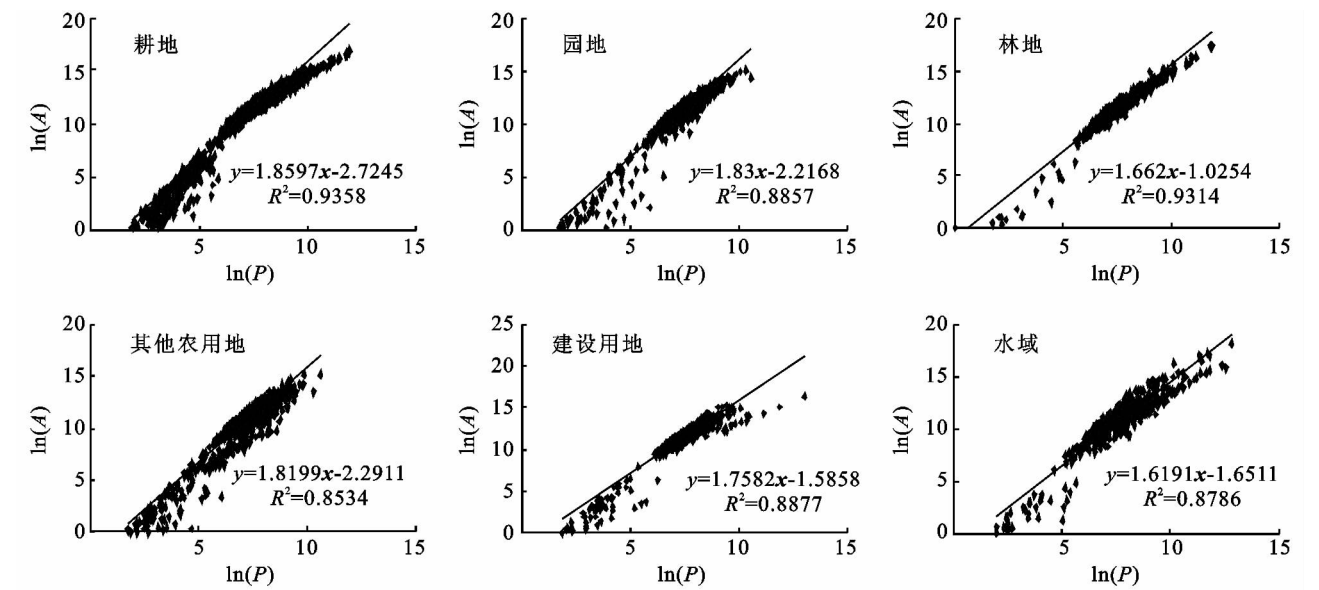


图 1 镇江市各土地利用类型斑块周长—面积双对数散点图

表 2 不同土地类型分维数和稳定性指数

土地类型	$\ln(P) - \ln(A)$ 关系式	相关系数 R^2	分维数 D	稳定性指数 S_{sk}
耕地	$\ln(A) = 1.86\ln(P) - 2.72$	0.936	1.075	0.425
园地	$\ln(A) = 1.83\ln(P) - 2.22$	0.886	1.093	0.407
林地	$\ln(A) = 1.66\ln(P) - 1.03$	0.931	1.205	0.295
其他农用地	$\ln(A) = 1.82\ln(P) - 2.29$	0.853	1.098	0.402
建设用地	$\ln(A) = 1.76\ln(P) - 1.58$	0.888	1.136	0.364
水域	$\ln(A) = 1.62\ln(P) - 1.65$	0.879	1.234	0.266

2.2.1 耕地的分形特征 耕地的分维数 D 值为 1.075,在市域所有土地利用类型中为最低,表明耕地斑块形状的复杂性程度最低,空间形态较为简单;而耕地的稳定性指数 S_{sk} 为 0.425,在所有土地利用类型中为最大,表明耕地的空间结构稳定性最好,这主要是由于镇江市域的耕地在长期的人类开发活动的影响下,空间结构趋于简单化,形成较为规则的形状,耕地的空间结构不断趋于稳定化。与此同时,随着镇江市域经济社会的快速发展,工业化与城镇化进程也在不断加快,城镇及交通过地空间也在不断扩张,导致城镇周围近郊的耕地不断流转为建设用地,加上广大农民生活条件的改善,乡村聚落用地不断向村庄周围扩建,使得耕地的空间形态也在一定程度上遭到破坏,但是耕地作为整个镇江市最为重要的景观基底,自 21 世纪以来,政府开展了一系列生态保护、土地整理以及退耕还林还草等工程与措施,使得撂荒现象得以遏制,耕地的空间规则性、稳定性得以恢复和提高,使得镇江市整体上耕地空间结构的稳定性保持在较好的状态。

2.2.2 林地的分形特征 林地的分维数为 1.205,为镇江市土地利用类型值第二高,表明林地所有土地类型中的复杂性程度也较高,镇江市的林地主要分布在西部地区句容市的低山丘陵的沟坡上以及沟壑地带,多为人工林和次生林,受到人类的开发破坏程度较大,因此林地类型的空间结构较为复杂,且林地的边界形状较为不规则;而林地的稳定性指数 S_{sk} 为 0.295,表明镇江市域林地的空间结构的稳定性较差,主要原因是随着市域经济社会的发展、城镇人口增长,迫于经济和人口的双重压力,城镇用地空间不断向近郊地区增加,从而不断地侵占林地,破坏植被资源,导致市域林地面积大量减少;另一方面,受农业发展和农业结构调整的影响,毁林开荒的现象依然存在,同时木材作为一种重要的经济资源,存在一些不合理的采伐行为,这都造成了市域林地破碎化程度增加,林地的斑块密度下降,市域林地空间结构呈现较低的稳定性。

2.2.3 建设用地的分形特征 建设用地的分维数 D 为 1.136,也处于较高水平,表明镇江市域的建设用地空间分布形态也较为复杂,建设用地空间边界规则

程度不高;同时,建设用地稳定性指数 S_{sk} 为 0.364,说明建设用地空间结构的稳定性也处于较低的态势。镇江市域建设用地呈现出空间结构较为复杂和稳定较低的分形特征,其主要是因为市域工业化和城镇化的速度不断加快,强度不断加大,城乡建设用地的需求量不断增加,但是目前城乡用地的空间布局规划未得到人们的重视,建设用地缺乏长远规划的意识与理念,致使市域建设用地扩展后的空间形态不规则,用地空间布局不合理,所以建设用地的稳定性指数呈现出不断下降的趋势,建设用地的破碎化程度也呈现出不断加重的趋势,从而使得市域建设用地的空间分布也趋于分散,空间结构的稳定性不高。

2.2.4 水域的分形特征 水域用地的分维数 D 为 1.234,在镇江市域的土地利用类型中为最大,这表明水域的土地利用结构最为复杂,水域用地的空间形态不规则;而稳定性指数 S_{sk} 却最小,仅仅为 0.266,表明镇江市水域的空间结构稳定性最低,水域用地的空间边界处于不断变化之中。水域空间结构呈现出强复杂性和低稳定性的分形特征,主要是由于镇江市的地理区位十分特殊,具有沿江分布的区位优势,镇江市积极利用这种区位优势,一方面是围湖造田、填洼等工程造成了市域水域用地面积锐减;另一方面,农业的发展要求水利设施合理均匀分布,以实现最优的利用效率,两方面的综合作用造成镇江市域水域用地空间结构的稳定性下降,破碎程度加重。

2.3 土地利用分形特征的分异规律

地形地貌是自然地理环境的重要要素,对人类的生、生活具有深刻的影响,同时地形地貌条件也是影响人类土地利用意识形成最为关键的因素,由此形成的土地利用空间格局不仅在景观尺度上反映了人类对自然生态环境的影响程度,也是对自然、社会经济条件及政策的响应。镇江市位于我国宁镇扬丘陵地带,市域内地形东低西高,结合镇江市区域的实际情况,将镇江市划分为镇东平原区、镇西丘陵区以及镇中过渡区。对镇江市三大地区典型土地利用类型的分维数 D 和稳定性指数 S_{sk} 进行对比分析(表 3)可以看出:镇东平原区、镇西丘陵区及镇中过渡区三大

地区各土地利用类型的分维数和稳定性指数存在很大的差异,即便是同一土地利用类型在不同的区域也会呈现出不同的分异规律。因此,本文从三大区域的基本视角来探讨镇江市域土地利用分形特征。

表 3 不同区域土地利用类型的分维数和稳定性指数

区域	地类	$\ln(P) - \ln(A)$ 关系式	相关系数 R^2	分维数 D	稳定性指数 S_{sk}
镇东平原区	耕地	$\ln(A) = 1.85\ln(P) - 2.25$	0.907	1.081	0.419
	园地	$\ln(A) = 1.36\ln(P) + 1.21$	0.869	1.473	0.027
	林地	$\ln(A) = 1.32\ln(P) + 1.46$	0.783	1.517	0.017
	其他农用地	$\ln(A) = 1.38\ln(P) + 0.98$	0.802	1.449	0.051
	建设用地	$\ln(A) = 1.49\ln(P) - 0.04$	0.811	1.342	0.158
	水域	$\ln(A) = 1.51\ln(P) - 0.53$	0.768	1.325	0.175
镇中过渡区	耕地	$\ln(A) = 1.94\ln(P) - 3.36$	0.939	1.031	0.469
	园地	$\ln(A) = 2.06\ln(P) - 3.83$	0.937	0.971	0.529
	林地	$\ln(A) = 1.92\ln(P) - 2.87$	0.945	1.042	0.458
	其他农用地	$\ln(A) = 2.07\ln(P) - 3.89$	0.940	0.966	0.534
	建设用地	$\ln(A) = 2.03\ln(P) - 3.82$	0.907	0.985	0.515
	水域	$\ln(A) = 1.87\ln(P) - 4.01$	0.925	1.069	0.431
镇西丘陵区	耕地	$\ln(A) = 2.01\ln(P) - 3.88$	0.867	0.995	0.505
	园地	$\ln(A) = 2.27\ln(P) - 5.46$	0.736	0.881	0.619
	林地	$\ln(A) = 2.70\ln(P) - 9.16$	0.781	0.741	0.759
	其他农用地	$\ln(A) = 2.51\ln(P) - 7.42$	0.795	0.797	0.703
	建设用地	$\ln(A) = 2.49\ln(P) - 7.16$	0.715	0.803	0.697
	水域	$\ln(A) = 2.39\ln(P) - 8.17$	0.851	0.837	0.663

通过表 3 可知,耕地的分维数 D 值及稳定性指数 S_{sk} 在镇东平原区、镇西丘陵区这个两地区呈现出相反的趋势,在镇东平原区所有的土地利用类型中耕地的分维数 D 值最小、稳定性指数 S_{sk} 最大,也就是说镇东平原区的耕地的空间分布形态较为规则,空间结构最为稳定;而在镇西丘陵区所有的土地利用类型中耕地的分维数 D 值最大、稳定性指数 S_{sk} 最小,也就是说镇西丘陵区的耕地的空间形态较为复杂,空间结构较为不稳定,形成这种反差的最为根本的原因在于这两个地区的地形地貌特征;林地分维数 D 和稳定性指数 S_{sk} 在镇东平原区分别达到 1.527 和 0.027,而在镇西丘陵区仅仅为 0.741 和 0.759,表明林地在镇东平原区的空间结构较为复杂,稳定性较差,而在镇中西丘陵区呈现相反的趋势,空间结构较为简单、稳定性较好,这是由于镇西丘陵区地表起伏较大、海拔高,因此镇西丘陵区林地的空间分布较为简单且结构较稳定,林地分维数 D 值呈现出较低的态势;建设用地在镇东平原区和镇中过渡区的面积占建设用地总面积的 69.87%,在镇西丘陵区仅仅占到 30.13%,建设用地的分维数 D 值及稳定性指数 S_{sk} 在镇东平原区分别为 1.342 和 0.158,而在镇西丘陵区却分别为 0.803 和 0.691,表明建设用地空间结构在镇东平原区最为复杂,稳定性最低;而在镇西丘陵区则较为简单与稳定,这是因为镇东平原区是市域经济发展最快、工业化与城镇化最为迅速的地区,建设用地的需

求量最大,城镇空间快速向外蔓延,空间布局缺乏合理的规划,导致建设用地空间呈现出不稳定性和复杂性的特征;水域在镇东平原的面积占市域水域用地总面积的 76.98%,且水域用地的分维数 D 值与稳定性指数 S_{sk} 在镇东平原区分别达到 1.325 和 0.175,而在镇西丘陵区水域用地的分维数 D 值与稳定性指数 S_{sk} 分别为 0.837 和 0.663,表明水域用地的空间结构在镇东平原区处于最不稳定和最为复杂的状态,而在镇西丘陵区处于较为简单和稳定状态,因为镇东平原区沿江分布,拥有水域开发的先天优势,人类长期对水域开发与利用造成空间结构不稳定性及复杂性不断加重。

3 结论与讨论

本文基于镇江市丘陵区土地利用现状数据,将土地利用类型划分为 6 类:耕地、园地、林地、其他农用地、建设用地及水域用地,利用分形理论和 GIS 空间分析方法,选取分维数 D 和稳定性指数 S_{sk} 两个指标,对镇江市丘陵区土地利用空间结构的分形特征及其分异规律进行了探讨与研究,通过分析得出以下结论:(1) 镇江市丘陵区的土地利用空间结构总体上呈分形特征,各土地利用类型分维数 D 值为 1.075~1.234;(2) 镇江市各种土地利用类型的分维数从大到小的顺序依次为:水域>林地>建设用地>其他农用地>园地>耕地,而稳定性指数 S_{sk} 从大到小的顺

序为:耕地>园地>其他农用地>建设用地>林地>水域,其中 S_{sk} 介于 0.2~0.4 之间的土地利用类型面积占研究区土地总面积的 40% 左右,表明镇江市域土地利用空间结构的稳定性总体不高;(3) 划分出镇东平原区、镇西丘陵区及镇中过渡区三大区域,通过对比分析三大区域各土地利用类型及同一类型在不同区域的分形特征,得出三大区域的各土地利用的分维数 D 和稳定性指数 S_{sk} 存在较大差异,耕地和林地的分形特征在镇西丘陵区 and 镇东平原区呈现出相异的规律,建设用地在镇东平原区的空间稳定性较低、复杂性最高,水域的空间结构在镇东平原区也处于最不稳定和最为复杂的状态。总体上,镇东平原区的各类用地的空间结构复杂性较高、稳定性较低,这与镇东平原区经济发展较快和人类开发强度较大直接相关。

需要进一步指出的是,本文研究还存在一定的不足。文中仅仅对镇江市丘陵区 2009 年的土地利用现状数据进行了分形描述,缺乏长时间的土地利用分形演变特征的探讨;同时,本文只是初步地分析了宁镇扬丘陵区镇江市的土地利用分形特征,在今后的研究中,可以将镇江、南京及扬州的土地利用作为整体进行相关研究,这对于探讨宁镇扬丘陵区土地利用总体分形特征规律以及为这一地区土地利用规划与整理、城乡统筹发展提供更为有益的理论与实践参考,从而使得宁镇扬丘陵区的土地利用向着更加科学、合理的发展方向发展。

参考文献:

- [1] Turner II B L, Skole D, Sanderson S, et al. Land Use and Land Cover Change[R]. Science/research land IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7. Stockholm:IGBP,1995.
- [2] 郭旭东,陈利顶,傅伯杰. 土地利用/土地覆被变化对区域生态环境的影响[J]. 地理科学进展,1999,7(6):66-75.
- [3] 李平,李秀彬,刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究,2001,20(2):130-138.
- [4] Rao K S, Rekha P. Land use dynamics and landscape change pattern in a typical micro watershed in the mid elevation zone of central Himalaya, India [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2001, 86(2): 113-124.
- [5] 蒙吉军,李正国,吴秀芹. 县域尺度土地利用/覆被变化研究:以河西走廊肃州绿洲为例[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2004,40(3):89-94.
- [6] 杨永春,杨晓娟. 1949—2005 年中国河谷盆地型大城市空间扩展与土地利用结构转型:以兰州市为例[J]. 自然资源学报,2009,24(1):37-49.
- [7] 张荣天,张小林,李传武. 镇江市土地利用景观格局分析[J]. 经济地理,2012,32(9):132-137.
- [8] Mandelbrot B B. How long is the coast of Britain: statistical self-similarity and fractional dimension [J]. Science,1967,156(3775):636-638.
- [9] 张捷,包浩生. 分形理论及其在地貌学中的应用:分形地貌学研究综述及展望[J]. 地理研究,1994,13(3):104-112.
- [10] 尚正永,白永平. 丘陵山区城镇体系的分形特征:以江西省赣州市为例[J]. 山地学报,2007,25(2):142-147.
- [11] 崔大树,孙杨. 基于分形维数的湖州旅游景区系统空间结构优化研究[J]. 地理科学,2011,31(3):337-343.
- [12] 杨洋,毕如田. 黄土高原典型地貌类型的土地利用分形特征[J]. 地理与地理信息科学,2011,27(1):101-104.
- [13] 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.
- [14] 李昭阳,汤洁,孙平安,等. 松嫩平原西南部土地利用动态变化的分形研究[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2006,32(2):250-258.
- [15] 田义超,任志远. 基于分形理论的黄土丘陵区土地利用研究:以延安市宝塔区为例[J]. 地域研究与开发,2011,30(6):121-125.
- [16] 阿如早,杨持,同丽嘎. 基于分形理论的沙漠化土地空间结构:以内蒙古多伦县为例[J]. 地理研究,2010,29(2):283-290.
- [17] 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):671-676.
- [18] 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.
- [19] 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:以黑河流域为例[J]. 干旱区研究,2001,18(1):36-39.