

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

郅瑞卿, 刘富民

(吉林农业大学 经济管理学院 土地管理系, 长春 130018)

摘 要:为增进对土地利用空间行为变化的理解,以分形理论和景观生态学为指导,以吉林省镇赉县镇赉镇的土地利用空间数据为基础,应用 GIS 对土地利用类型的分形及稳定性进行了研究。将土地利用类型划分为 8 类:耕地、园地、林地、草地、水域及水利设施用地、道路、居民点及工矿用地和未利用地,并进行各土地利用类型图斑分形维数分析。结果表明:土地利用类型的分布具有分形结构,各土地利用类型分维数(D)介于 1.056 5~1.960 4。根据分维数对各土地利用类型进行稳定性排序:水域及水利设施>园地>耕地>居民点及工矿用地>草地>林地>未利用地>道路。且土地利用的形状指数、破碎化指数以及分离度指数在空间上的分布规律很大程度上受到人为活动的影响与干扰。研究结果可为研究区域土地资源的合理利用提供若干参考。

关键词:分形理论;分形维数;土地利用;景观格局;镇赉镇

中图分类号:P901

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)02-0217-06

Study on Changes in Landscape Pattern of Landuse Based on Fractal Theory —A Case Study of Zhenlai Town of Zhenlai County

QIE Rui-qing, LIU Fu-min

(Department of Land Resource Management, College of Economics
and Management, Jilin Agricultural University, Changchun 130018, China)

Abstract: This thesis used fractal theory and landscape ecology as guide for the study of land use spatial behavior in order to enhance the understanding of the changes on land use spatial behavior. Based on the spatial land use database of Zhenlai Town of Zhenlai County in Jilin Province, fractal dimension and stability of land use types were studied. The landuse was classified into 8 types: cropland, garden plot, wood land, grass land, water body, road land, industrial and mining and unused land. The fractal dimension for the patches of landuse types was analyzed. Results showed that all the landuse types had fractal characteristics and the fractal dimension (D) values varied from 1.056 5 to 1.960 4. In terms of landuse stability given by the fractal dimension, the order of landuse types from high to low level was water, garden plot, cropland, industrial and mining, grass land, wood land, unused land, road land. And landuse shape index, fragmentation index and the separation index in the spatial distribution pattern were largely affected by interference of human activities. The Results can provide reference for the rational utilization of land resources.

Key words: fractal theory; fractal dimension; land use; landscape pattern; Zhenlai Town

分形理论创立于 20 世纪 60—70 年代,由曼得尔布罗特(Mandelbrot)提出^[1],是现代非线性科学的一个重要分支,用来描述具有无规则结构的复杂系统结构形态的一门新兴边缘科学。分形(fractal)是指其局部结构放大后以某种方式与整体相似的形体^[2],是

研究不规则自相似体系的理论,具有自相似性和标度不变性^[3]。土地利用是人类根据土地的自然特点,按一定的社会、经济目的而进行的一系列生物和技术活动,其空间形体的不规则性、相对不稳定性 and 复杂性特征是在自然和人为双重作用力下的产物^[4]。众多

学者运用分形理论对土地利用中那些不规则、不稳定和高复杂现象进行研究并取得了良好的效果^[5-20],分形理论的产生为科学地描述土地利用类型空间形态提供了有力的工具。人类活动和自然作用力的共同作用造就了土地利用斑块的复杂特征,同时也是土地功能和动态变化的基础。

同一土地利用类型在不同时期的演化过程和所处的不同环境也成就了其空间形态存在较大差异,因而土地利用图斑的类型、数量、大小、形状、空间位置等关系都蕴含了丰富的时空演变信息^[9]。因此,应用分形理论来研究土地利用景观格局变化,并借助于定量模型测定景观空间格局变化及其有序程度,有利于揭示土地利用景观空间格局变化规律。基于此,本文以吉林省镇赉县镇赉镇为例,通过分形理论对研究区域土地利用的强度和稳定性进行探讨,以期为研究区域土地利用方向以及土地资源的合理配置提供理论指导和现实依据。

1 研究区概况

镇赉镇位于吉林省西北部,地处镇赉县中西部,北纬 45°28′—46°18′,东经 122°47′—124°24′,地形为平原,海拔 135~145 m。由西北向东南略倾斜,地面坡度约为 10°左右。建制于 1956 年,2005 年镇赉县胜利乡合并为镇赉镇,全镇土地总面积 39 293.8 hm²,全镇辖 17 个行政村,10 个社区居委会。总人口 11.1 万人,其中城镇户籍人口 85 430 人。镇赉镇属大陆性季风气候,常年主导风向为西北风,静风频率高达 33.1%,多年平均风速为 3.0 m/s;多年平均气温 4.9℃,最高/极端气温 38.2℃,最低/极端气温 -37.5℃;无霜期 140 d,日照时数 10 h,最大冻土深 1.5 m。多年平均降雨量为 402.4 mm,最大年降雨量 612.7 mm,最小年降雨量 233.4 mm。镇赉镇区域内河流均属于嫩江水系。洮儿河自西向东流入嫩江,河床宽度为 0.02~10 km。镇赉镇区内的洮儿河防洪堤顶平均标高为 139.6 m,保证水位平均为 139.0 m,断面平均面积为 25.5 m²。洪水比降为 1:20 000。镇赉镇土壤肥沃,水草丰富,林木茂密,人文景观独特,风土人情浓厚。全镇耕地资源丰富,是镇赉县主要粮食基地之一,主要农作物种类有水稻、烟叶、蔬菜、水果。镇赉镇区域内石油、天然气矿产较丰富,是县域经济发展的主要经济来源。

2 研究方法

本文主要采用分形理论的分维指数 D 及景观生

态学形状指数 S 、破碎度指数 FN_i 、分离度指数 SI_i 对研究区土地利用结构及其变化进行探讨。

2.1 分形维数 D

分形理论可以通过少量信息重现原来的研究对象,并通过系统的自相似性对其进行研究。相似性是分形自相似性和缺乏平滑性两个重要特征之一,既重复放大分形的细部(分形元),又可看到与本身相似结构的再度出现。土地利用类型“周长—面积”分维公式(图 1)中: $A(r)$ 为某一图斑面积, $P(r)$ 为同一图斑周长, D 为分维, C 为待定常数,可以通过该公式探讨土地利用类型是否具有分型结构。根据分维公式,如果某研究区域内的土地利用类型的分布具有分形结构,则周长面积对数散点图回归分布于一条直线,这样就可以通过求取直线的斜率而求得各土地利用类型分维数 D 的值,分维值 D 为斜率的倒数乘以 2,即 $D=2/k(k$ 为直线斜率),其取值在 1~2 之间, D 越大,代表图形形状越复杂;当 $D=1.5$ 时,则代表图形处于一种随机运动状态,即 D 值越接近 1.5 就表示空间结构越不稳定,并且据此定义一个稳定性指数 S :

$$S = |1.5 - D|$$

S 越大表示空间结构越稳定^[12]。

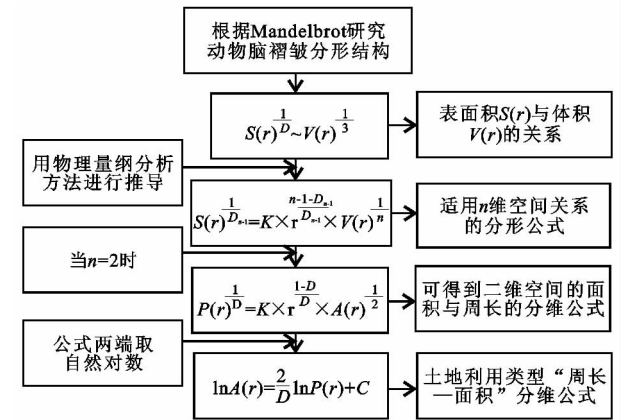


图 1 分维公式的推导

2.2 景观指数 S, FN_i, SI_i

通过分维值 D 得到稳定性指数 S ,在一定程度上可以反映相应地类空间格局的稳定程度,为了更加准确可靠地研究景观格局变化,本文引入景观形状指数(S)、景观破碎度指数(FN_i)和景观类型分离度指数(SI_i),结合由分形理论得出的稳定性指数对景观格局变化进行综合研究。景观形状指数(S)可以反映斑块的形状复杂程度;景观破碎度指数(FN_i)是测定某一景观类型破碎化程度的定量指标;景观类型分离度(SI_i)反映同类斑块的分离程度。结合这些指标可以更加合理准确地反映斑块类型的稳定合理程度(表 1)。

表 1 相关景观指数公式及说明

景观指数	说 明	公 式	
景观形状指数 S	通过计算某一斑块形状与相同面积的圆或正方形之间的偏离程度来测量其形状复杂程度	$S=\frac{0.25P}{\sqrt{A}}$	P ——斑块周长; A ——斑块面积
景观形状破碎度 FN_i	反映景观空间结构的复杂性和人类活动对景观结构的影响程度	$FN_i=\frac{N_i-1}{NC_i} \quad (i=1,2,\cdots,m)$ $NC_i=\frac{A}{A_i}$	FN_i ——景观形状破碎化指数; N_i ——景观类型 i 的斑块数; A ——景观类型 i 总面积; A_i —— i 类景观类型的最小面积
景观类型分离度 SI_i	反映某一景观类型中不同斑块个体空间分布的离散程度,其值越大,表示斑块之间的距离越大	$SI_i=\frac{D_i}{S_i} \quad D_i=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{N_i}{A}}$ $S_i=\frac{A_i}{A}$	SI_i ——某一景观类型分离度; D_i ——景观类型 i 的距离指数; S_i ——景观类型 i 的面积指数; N_i ——该景观类型的斑块数; A_i ——景观类型 i 的面积; A ——景观的总面积

3 数据处理

本文所采用的数据为:2010 年镇赉镇土地利用现状图(1:10 000),首先采用 MapGIS 6.7 进行数字化,然后通过误差校正系统对矢量图进行校正并导出为 shp 格式的文件以便导入 ArcGIS 10.0 对数据做进一步拓扑处理和数据编辑。GIS 中拓扑是用来描述要素间或要素类间几何关系的规则,使得地理数据库能更真实合理地模拟现实中的地理要素,同时也是数据质量控制的手段,保证地理要素的几何完整性。

表 2 镇赉县镇赉镇土地利用分类

一级类别	二级类型
1 耕地	旱地、水田、水浇地、沟渠、农村道路、设施农用地
2 园地	果园、其他园地
3 林地	有林地、灌木林地、其他林地
4 草地	天然牧草地、人工牧草地
5 居民点及工矿用地	建制镇、村庄、采矿用地、风景名胜及特殊用地
6 道路	公路用地、铁路用地
7 水域及水利设施用地	水工建筑用地、水库水面
8 未利用地	坑塘水面、河流水面、湖泊水面、内陆滩涂、其他草地、盐碱地、裸地

4 结果与分析

4.1 土地利用类型的数量结构特征

按景观生态学的基质—斑块—廊道模式,如果某一景观要素类型的面积较其他景观要素类型的面积大得多,或景观要素类型的面积大体相似而连通性最高则可视作基质。利用 ArcGIS 软件对镇赉镇的各个地类的土地利用类型按照地类进行汇总,可以求出各个土地利用类型的面积以及周长的统计值。

从表 3 中可知,此次分类中,镇赉县镇赉镇的土地利用斑块总数为 8 371 个,土地总面积为 39 335.37 hm^2 ,其中各个地类图斑的总周长为 8 096 718.22 m。在各类土地利用类型中,耕地的面积最大为 21 159.94 hm^2 ,占全区土地面积的 53.79%,其中斑块的总周长为 4 079 856.25 m;其次为未利用地,斑

块总面积为 8 193.04 hm^2 ,占全区土地面积的 20.83%,周长为 1 704 863.78 m;第三为林地,面积为 4 950.77 hm^2 ,占全区土地面积的 12.59%,周长为 1 580 025.34 m;其他依次为居民点及工矿用地、草地、道路、园地、水域及水利设施用地。

因此,镇赉镇的土地利用类型从景观风貌尺度上来说,是以耕地为基质,以未利用地、林地、居民点及工矿用地、草地、道路、园地、水域及水利设施用地为斑块镶嵌结构,并且以水域及水利设施和道路为线状廊道的景观结构模式。

随着人类活动的加剧,仅从一个区域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不能客观反映当地的实际情况,也不能反映区域的土地利用稳定性关系,所以可以运用分形理论对其进行深入研究。

表 3 2010 年土地利用类型面积、周长统计

类型	斑块数/个	总面积/hm ²	总周长/m	面积百分比/%
耕地	4341	21159.94	4079856.25	53.79
园地	62	154.54	43833.56	0.39
林地	2015	4950.77	1580025.34	12.59
草地	26	1265.17	122268.22	3.22
居民点及工矿用地	303	3352.97	372648.93	8.52
道路	30	234.41	168407.90	0.60
水域及水利设施用地	12	24.54	24814.24	0.06
未利用地	1582	8193.04	1704863.78	20.83
总计	8371	39335.37	8096718.22	100.00

4.2 土地利用类型分形维数分析

分形维数用来测定斑块形状的复杂程度,它与人类对景观的管理密切相关,其值越大,则该土地斑块形状越复杂;反之,斑块形状复杂程度降低。从时空角度来讲,若分形维数随时间变化而增大,则说明该土地利用类型形态变得越复杂、越不规则,该土地利

用类型在空间上呈扩展趋势;反之,该土地利用类型形态变得简单,越规则,在空间上呈缩小趋势。各种土地利用类型分维值的具体计算方法是:首先,用 ArcGIS 软件计算每一种土地利用类型中图斑的面积和周长,对每一对数据在 Excel 中做周长—面积的双对数散点图,并进行线性拟合;然后通过 Excel 线性回归分析工具对数据进行线性分析,获得散点图的回归方程、回归方差、F 统计量;最后,通过回归方程的斜率 K 与分维值 D 的关系得出每个地类的分形维数。某一景观类型中不同斑块个体空间分布的离散程度,其值越大,表示斑块之间的距离越大。图 2 为镇赉镇各地类取对数后的散点图。由表 4 可知,镇赉镇的各个地类的回归拟合方程的拟合效果均很好,各个地类的相关系数都达到 0.84 以上,说明镇赉县镇赉镇各个地类的面积—周长存在着显著的线性相关关系,所以应用分形理论对研究区土地利用结构进行研究是可行的。

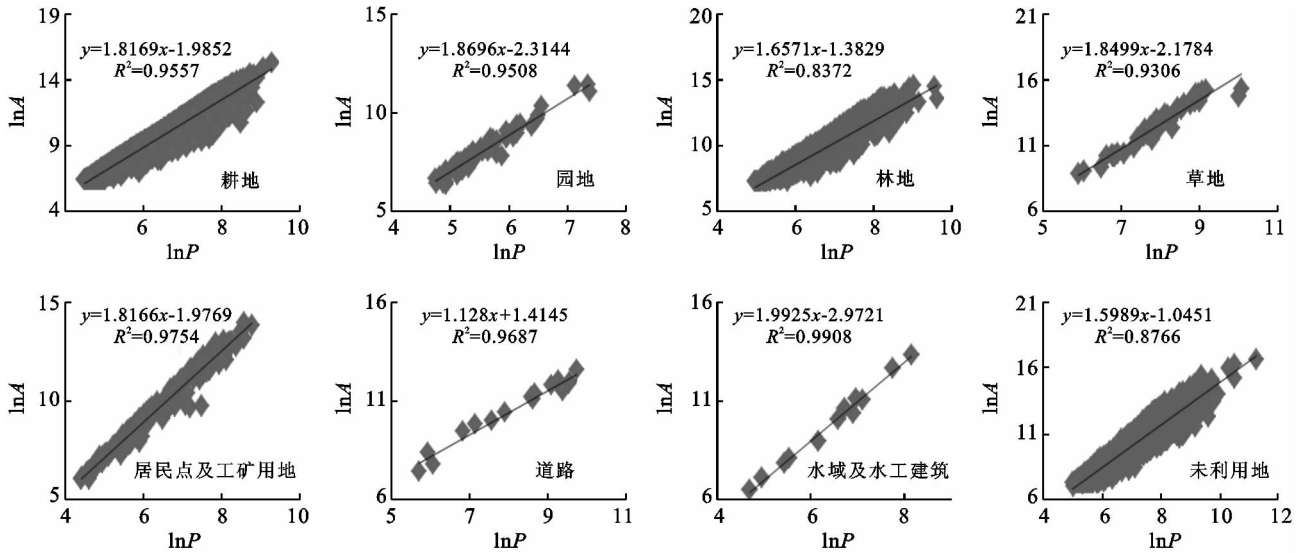


图 2 镇赉县镇赉镇 2010 年各地类面积周长取对数后的散点图

表 4 镇赉县镇赉镇 2010 各地类分维计算回归方程及相关统计量

土地利用类型	回归拟合方程	R ²	F 统计量	样本数	分维 D
耕地	y=1.7886x-1.8491	0.9118	44844.35	4341	1.1181
园地	y=1.893x-2.5354	0.9165	658.7602	62	1.0565
林地	y=1.5777x-0.7565	0.8443	10917.91	2015	1.2682
草地	y=1.6323x-0.9859	0.9142	245.0984	26	1.2252
居民点及工矿用地	y=1.7435x-1.522	0.9766	12585.16	303	1.1471
道路	y=1.1819x+0.9651	0.9585	646.8387	30	1.6921
水域及水利设施用地	y=1.0202x-2.5344	0.9862	715.9994	12	1.9604
未利用地	y=1.5296x-0.5148	0.9047	14999.76	1582	1.3075

4.3 土地利用类型稳定性分析

稳定性指数是检验土地利用稳定性的指标,反映土地利用状态的稳定程度。其值越大,表明该土地利用类型越稳定;其值越小,表明该土地利用类型稳定

性越差。从表 5 中可以看出,镇赉县镇赉镇 2010 年耕地、园地、林地、草地、居民点及工矿用地、道路、水域及水利设施用地以及未利用地的稳定性指数分别为 0.381 8,0.443 5,0.231 8,0.274 7,0.352 9,

0.192 2,0.460 4,0.192 5。按照稳定性指数从大到小进行排列,顺序为:水域及水利设施>园地>耕地>居民点及工矿用地>草地>林地>未利用地>道路。综合对比这几种类型土地利用的稳定性指数可知,水域及水利设施用地的稳定性指数最大,受自然因素的影响比较大。其次为园地、耕地、居民点及工矿用地,这三类用地主要是受人类活动的干扰,形状较为规则,相对比较稳定。未利用地主要指其他草地、盐碱地及裸地,受自然因素影响分布较为复杂,空间稳定性相对较差。而镇赉县镇赉镇的道路指公路用地和铁路用地,由于用地的特殊性,其呈长带状分布,空间稳定性较差。

表 5 2010 年各类土地的分形维数及稳定性指数比较

土地利用类型	分维 D	分维值排序	稳定性指数 SK ₂₀₁₀	稳定性指数排序
耕地	1.1182	7	0.3818	3
园地	1.0565	8	0.4435	2
林地	1.2682	4	0.2318	6
草地	1.2253	5	0.2747	5
居民点及工矿用地	1.1471	6	0.3529	4
道路	1.6922	2	0.1922	8
水域及水利设施	1.9604	1	0.4604	1
未利用地	1.3075	3	0.1925	7

4.4 土地利用景观类型指数分析

根据景观类型指数计算公式,可以得出镇赉县镇赉镇的各个土地利用的景观类型指数,从表 6 中可以看出斑块形状指数:耕地>林地>未利用地>道路>居民点及工矿用地>水域及水利设施>园地>草地。镇赉县镇赉镇的土地利用斑块形状指数为 8.593 7~70.117 7,其中耕地的斑块形状指数最大,为 70.117 7,其他依次为林地、未利用地、道路、居民点及工矿用地、水域及水利设施、园地和草地。表明镇赉镇耕地的边界最复杂,边缘地带较大,斑块形状不规则,耕地面积比较零碎。因此,其边缘地带也比较大,面积比较小,形状不规则。而居民点及工矿用地、道路用地和水域及水利设施用地受到人类的影响和干扰较规则。

土地利用的景观破碎度指数表征了土地利用的景观破碎程度,其值越大表明景观破碎程度越高,它在一定程度上反映了人类对景观的干扰程度。从表 6 中可以看出,水域及水利设施>林地>园地>道路>未利用地>耕地>草地>居民点及工矿用地。水域及水利设施的景观破碎化程度最高,景观破碎化指数为 0.076 2,主要原因是权属和地类镶嵌关系影响,以及受地形影响耕地形状不规则,进而导致破碎化程度高;其次为林地,景观破碎化指数为 0.058 3;居民

点及工矿用地的景观破碎化指数最小为 0.003 6,其主要原因是居民点及工矿用地受人类的影响程度最大,用地相对集中连片。

景观分离度指数反映了不同斑块在空间上的分散程度,其值越大表明该景观类型分布越分散,从表 6 中可以看出,镇赉县镇赉县 2010 年耕地、园地、林地、草地、居民点及工矿用地、道路、水域及水利设施以及未利用地的稳定性指数分别为:0.308 8,5.052 6,0.899 1,0.399 7,0.514 8,2.317 1,13.998 3,0.481 4。按从大到小依次为:水域及水利设施>园地>道路>林地>居民点及工矿用地>未利用地>草地>耕地。水域及水利设施的景观分离度指数最大,为 13.998 3,表明水域及水利设施的景观分布在空间上最分散,其主要原因是该类土地利用类型的平均斑块面积较小,而且占用的面积较小,斑块数少,在空间上分布零散,彼此之间的空间联系很少;而耕地的景观分离性指数最小,为 0.308 8,说明耕地在空间上的面积比较大,空间分布集中而且斑块彼此之间存在着较为紧密的联系。

表 6 2010 年镇赉镇各类土地的景观指数比较

土地利用类型	形状指数	破碎化指数	分离度
耕地	70.1177	0.0120	0.3088
园地	8.8151	0.0365	5.0526
林地	56.1394	0.0583	0.8991
草地	8.5937	0.0094	0.3997
居民点及工矿用地	16.0889	0.0036	0.5148
道路	27.4988	0.0209	2.3171
水域及水利设施	12.5229	0.0762	13.9983
未利用地	47.0877	0.0138	0.4814

5 结论和讨论

通过对镇赉镇各土地利用类型的周长、面积资料的统计分形分析,发现各土地类型的分布具有分形结构,其中水域及水利设施、居民点及工矿用地、耕地、林地的分维值偏离随机运动值较大,说明这 4 种土地利用类型处于一种相对稳定的状态,比较接近于规则体;而道路用地、未利用地;林地偏离随机运动值较大,说明这三种土地利用类型受该区域自然地理条件的影响,布局较复杂且不稳定。

从整个研究区域来看,各土地利用景观类型的形状指数、破碎化指数、分离度指数存在着很大的空间差异。这主要是由于近年来经济的快速发展,农村城镇化进程加快,新的农村居民点建立以及生态还林、还草,城镇及交通用地不断扩张使得耕地的形态遭到破坏。

分形理论对地质中具高度复杂结构的不稳定现

象的研究具有良好的效果,为土地利用景观格局的定量描述提供了一条新途径,本文以镇赉县镇赉镇为例,以分形理论为指导,在地理信息系统技术的支持下,结合分形维数和形状景观指数、破碎度景观指数、分离度景观指数,分析了镇赉镇2010年土地利用景观类型各指数情况,自然土地覆被稳定性较差的一般受人类影响较小,而土地利用类型形态简单的一般受人类活动影响较大,复杂性降低,但稳定性很强,由此可为区域土地资源的合理利用提供若干参考。

参考文献:

- [1] Mandelbrot B B. The Fractal Geometry of Nature[M]. New York: W H Freeman, 1982.
- [2] 孙洪军,赵丽红. 分形理论的产生及其应用[J]. 辽宁工学院学报, 2005, 25(2): 113-117.
- [3] 邵怀勇,仙巍,马泽忠,等. 土地利用/土地覆被镶嵌体的分形结构模型研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 156-159.
- [4] 樊自立,马英杰,马映军. 中国西部地区耕地土壤盐渍化评估及发展趋势预测[J]. 干旱区地理, 2002, 25(2): 97-102.
- [5] 杨涵,王芳芳,吴世新. 基于分形理论的新疆土地利用空间格局分析[J]. 干旱区研究, 2009, 26(2): 194-200.
- [6] 刘晓辉,吕宪国,董贵华. 分维模型在土地利用研究中的应用[J]. 地理科学, 2008, 28(6): 765-769.
- [7] 蔡运龙. 土地结构分析的方法及应用[J]. 地理学报, 1992, 47(2): 146-154.
- [8] 瓦哈甫·哈力克,杨玲,等. 基于分形理论的车尔臣河流域中下游土地利用动态变化[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(9): 7-12.
- [9] 许君燕,陈松林,施明乐. 基于分形理论的土地利用景观

格局变化研究:以长乐市为例[J]. 云南地理环境研究, 2006, 18(6): 30-33.

- [10] 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, 12(6): 121-139.
- [11] Mandelbrot B B. Fractal Chance, and Dimension[M]. New York: Freeman W H N, 1977.
- [12] 刘家福,王平,李京,等. 基于 Markov 模型的长岭县土地利用时空变化研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(3): 16-19.
- [13] 强海洋,张小雷,雷军. 基于分形理论的新疆干旱区绿洲城镇体系研究[J]. 干旱区地理, 2010, 33(5): 802-808.
- [14] 李谢辉,塔西甫拉提·特依拜,任福文. 基于分形理论的干旱区绿洲耕地动态变化及驱动力研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 65-70.
- [15] 秦占飞,常庆瑞. 土地利用类型分维数及稳定性研究:以陕西省蒲城县为例[J]. 水土保持通报, 2012, 32(1): 115-118.
- [16] 贾科利,张俊华,常庆瑞. 基于信息熵与分形理论的土地利用景观格局变化研究:以陕北农牧交错带为例[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(5): 235-239.
- [17] 张丽,杨庆媛,冯应斌. 基于分形理论的区域土地利用类型探讨:以重庆市沙坪坝区为例[J]. 西南大学学报:自然科学版, 2008, 30(8): 137-141.
- [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.
- [19] 邵怀勇,仙巍. 土地利用/土地覆被镶嵌体的分形结构模型研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 155-158.
- [20] 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): 331-335.

(上接第216页)

- [9] 曾永年,吴孔江,靳文凭,等. 青海高原东北部耕地变化及驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(8): 89-92.
- [10] 曲福田,吴丽梅. 经济增长与耕地非农化的库兹涅茨曲线假说及验证[J]. 资源科学, 2004, 26(5): 61-67.
- [11] 蔡银莺,张安录. 耕地资源流失与经济发展的关系分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15(5): 52-57.
- [12] 孙爱军,张飞. 耕地非农化的经济效应分析[J]. 经济问题, 2010(10): 88-91.

- [13] 李魁. 东亚工业化、城镇化与耕地总量变化的协调性比较[J]. 中国农村经济, 2010(10): 86-95.
- [14] 彭立颖,童行伟,沈永林. 上海市经济增长与环境污染的关系研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(3): 186-194.
- [15] 河南省统计局. 河南省统计年鉴(2000—2011)[M]. 北京:中国统计出版社, 2000-2011.
- [16] 汪晖,陶然. 论土地发展权转移与交易的“浙江模式”:制度起源、操作模式及其重要含义[J]. 管理世界, 2009(8): 39-52.