

文章编号: 1008-2786-(2008)1-103-10

武夷山双遗产地旅游景区系统等级结构的分形分析

王英姿, 洪伟*, 吴承祯, 何东进, 张春英, 范海兰

(福建高校森林生态系统过程与经营重点实验室, 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002)

摘要: 对武夷山风景名胜区景区(点)系统等级结构年际变化进行了分形分析, 分别把历年景区(点)游客量当作一个离散型集合, 通过计算其信息维数值来反映景区等级结构分布的变化性, 计算出 Zipf 维数和分维值来反映系统等级结构的分布模式, 并计算出差异度进行辅助说明, 对各种分维值及其随时间的变化趋势图和分维数坐标图进行了比较和分析。结果表明, 系统信息维数除 2001 年之外均介于 0.5~0.75 间, 并有增大的趋势; 系统分维值 2001~2004 年均 > 1, 并有减小的趋势; 虽然历年系统等级结构信息维数和分维值出现了一定的差异, 但仍能说明景区系统景区等级结构具有较好的分形特征, 等级结构规模分布逐渐集中, 均衡性逐渐变强, 但系统自组织化程度趋向于变低。同时, 还提出了系统等级结构优化的方法和途径。

关键词: 分形; 等级结构; 旅游景区系统; 世界双遗产; 武夷山

中图分类号: F592.99

文献标识码: A

因适合于描述大自然复杂的真实客体, 分形学被广泛应用于各种研究方向^[1-14], 它同样为旅游景区系统等级结构研究提供了全新的理论支撑与机遇^[15-17]。分形体具有无标度性和自组织性特征, 是自然优化结构; 各种分形维数是度量分形体的特征参数。从组成要素看旅游景区系统许多旅游资源都具有分形性质, 旅游景区是分形体的富聚区, 而且从旅游景区系统等级、空间结构看也明显具有无标度性, 因此, 对旅游景区系统结构进行分形研究从理论上是可行的并且有着重要的理论意义。

目前, 分形理论应用于旅游景区的研究还处于初步阶段。陈涛等运用信息理论, 结合分形思想, 分析得出旅游实质是摄取地理信息的过程, 旅游景观的美学实质在于混沌过程创造的分形结构蕴含着大量信息, 使人能够得到负熵的体验^[18]。陈彦光等运用分形理论论述了旅游景观构成要素的自相似性质, 指出借助分形学原理, 依据有序与无序对立统一

的原则设计旅游景观, 必将使旅游资源得以合理地开发和充分地利用^[19]。戴学军等以南京市旅游景区(点)系统为例, 采用随机聚集分形的方法对其空间结构进行了研究, 得出其空间结构是分形的, 具有比较明显的随机聚集分形结构, 随机聚集维数的测算与分析是景区(点)系统空间结构自组织优化趋势的判据^[20], 并且对南京市旅游景区(点)系统的等级结构进行了分形研究, 提出可以通过计算它们的信息分维值来反映系统等级结构分布的变化性^[21]。从这些文献可以看出, 分形理论可以很好地应用于旅游行为本质、旅游景观要素自相似性以及旅游地等级结构等方面的分析, 但是目前分形理论用于旅游系统复杂性的研究, 刚刚引起极少数中国学者的关注, 还十分缺乏系统性的研究^[22], 而以景区历年游客量为离散集合, 对景区旅游规模等级结构进行分形分析, 并结合系统内景点的差异度进行辅助说明还未见报道。

收稿日期 (Received date): 2007-08-29; 改回日期 (Accepted): 2007-12-11.

基金项目 (Foundation item): 福建省自然科学基金项目 (D310018)、福建省科技厅重大科技攻关项目 (2001F007)、福建省科技厅重点科技攻关项目 (2002N031) 资助 [Supported by the provincial Natural Science Foundation (D310018), key project of the provincial Science and Technology Department of Fujian, China (D310018, 2001F007, 2002N031)]

作者简介 (Biography): 王英姿 (1982-), 女, 山东德州人, 汉, 在读博士研究生。研究方向: 森林生态学与景观生态学。联系电话: 13075810754 [Wang Yingzi (1982-), female, born in Shandong. Ph.D. Candidate major in forest ecology and landscape ecology. Telephone number 13075810754]

* 通讯作者: Corresponding author. E-mail: fhongwe@126.com

武夷山是国家重点风景区、国家级旅游度假区、国家级自然保护区, 1999-12被联合国教科文组织世界遗产委员会列入《世界文化与自然遗产名录》, 是我国继泰山、黄山、峨眉山-乐山大佛之后第四个被列入世界双重遗产名录的地区。近年来, 笔者所在实验室对武夷山双遗产地开展了一系列的研究工作, 取得了积极的成果^[21-33]。本文试图进一步对武夷山双遗产地旅游景区系统等级结构进行分形分析, 以期对其等级结构的变化规律及趋势进行预测, 为景区旅游管理和进一步开发提出参考建议。

1 研究区概况及景区系统等级结构研究的分形方法

研究区概况见文献[23-33]。

在等级结构的分形分析中, 2000~2003年选取有代表性的景点如天游、武夷宫、一线天、虎啸岩、水帘洞、大红袍、莲花峰、遇林亭、九曲溪 9个景点, 在此基础上 2004~2005年增加了城村古汉城景区, 把所选取景区(点)的年游客量分别当作一个离散型集合 x , 通过计算它们的信息分维值 D_I 来反映系统等级结构分布的变化性^[34], 计算出 Zipf 维数 q 来反映系统等级结构分布的模式, 计算出差异度 C 来反映景区(点)体系的等级差异^[35]。

1.1 系统等级结构的信息维数及其测算方法和地理意义

用信息分维值 D_I 来反映旅游景区(点)系统等级结构分布的变化性, 其计算方法是将景区(点)游客量按大小顺序排列形成一个集合, 用尺度为 r 的小盒子来覆盖这个分形集合, 给每一个小盒子赋上一个编号 $i(i=1, 2, 3, \dots)$ 集合中分形对象落入第 i 个盒子的概率为 P_i 。那么用尺度为 r 的小盒子所容纳的平均信息量可以用下式表示

$$l(r) = - \sum_{i=1}^{N(r)} P_i \ln P_i$$

集合的信息维数

$$D_I = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{l(r)}{\ln(1/r)}$$

改变尺度 r 可得到一系列的 $l(r)$ 值。

对 D_I 的实际计算^[36]: 由于当 $r \rightarrow 0$ 时, $\log V(r) \sim -d \lg r + \lg c$ 针对方程 $l(r) = d \lg r + b$ 用最小二乘法计算出 d 和 b 其中 d 就是 D_I , 可以用来反映等级规模分布的均衡性和偏倚性。

游客量在一定程度上反映了该景区(点)的旅

游吸引力大小。信息维数反映景区(点)系统等级的规模分布和景区整体游客规模增强性, 表现为各景区(点)在区域内对游客的分配比例关系和整个景区旅游吸引力的大小。当 $D_I = 0$ 时, 表明区域中只有一个景区(点)的具有旅游吸引力, 当 $D_I = 1$ 时, 表明区域中所有景区(点)旅游吸引力或者游客规模相当, 旅游流平均分配, 区域整体的旅游吸引力降低。一般来说, D_I 值越大, 区域内各景区(点)旅游吸引力水平或者游客规模分布越平均, 旅游流分配也越平均, 景区之间的吸引力的相互增强性越低, 甚至相互减弱, 导致景区整体的旅游吸引力减弱, 旅游流总量变小, 从系统结构的紧致性和自组织程度而言, 就表现为越松散和自组织化程度低^[21]。

1.2 旅游景区(点)系统的 Zipf 维数及其测算方法和地理意义

把旅游景区(点)历年游客量分别按由大到小的顺序排列, 并给其序号 $K(K=1, 2, \dots, N)$, 用系统等级规模分布的 Pareto 形式即 $N(r) \propto r^{-D}$, 经变换可以得到 Zipf 维数公式^[34, 35]: $P(k) = P_1 K^{-q}$, 式中: K 为景点序号, $P_{(k)}$ 为序号是 K 的景区(点)游客量, P_1 为首位景点的评价值, q 为 Zipf 维数。类比 Hausdorff 维数的定义 $N(r) \propto r^{-D}$ 可知, $q = 1/D$, D 就是景点等级规模分布的分维值^[35]。

对于 q 的计算: 对式 $P_{(k)} = P_1 K^{-q}$ 取对数得

$$\ln P_{(k)} = \ln P_1 - q \ln K$$

运用上式求得一系列数据对 $(\ln P_{(k)}, \ln K)$, 对其进行回归计算^[30], 求出 q 然后可得 D 。

Zipf 维数 q 和分维 D 也反映出区域内游客量等级结构的规模分布模式, 表现为各旅游景区(点)对旅游流的分配模式和在整体效应上是增大还是减少的, 但不能判别整体的旅游流总量的大小, 同时还反映首位景点的中心性作用的强弱。一般而言, 当 $q = 1$ 时, $D = 1$, Carroll 称此种形态为约束型位序规模分布^[37]。当 $q > 1$ 时, $D < 1$ 这时生态旅游环境质量规模分布比较分散, 分布差异程度较大, 首位景区的垄断性较强。当 $q < 1$ 时, $D > 1$ 此时景区(点)的等级规模分布比较集中, 旅游流的分布比较均衡, 中间位序的景区较多, 区域整体性增强的效应已经开始降低。

Zipf 维数和信息维数 D_I 都可以用来分析景区(点)游客量等级结构的规模分布, 反映系统要素规模分布的均衡性及系统的紧致性特点, 表现旅游流的分配特性和整体性效应的增强程度。两种方法用

于景区 (点) 系统等级结构的的分形分析, 其结论是一致的, 但两者之间不成绝对的比例关系^[36]。大致说来, D_I 为 0.8 左右时, 系统等级规模分布为 Zipf 模式, 当 D_I 值下降到 0.3~0.7 之间时, 系统等级规模为对数正态分布。

2 结果与分析

把景区 (点) 历年游客量分别作为离散集 (表

1), 对景区系统等级结构进行分形分析。为便于分析, 在计算过程中游客量单位采用万人。

2.1 信息维数的计算

应用上述信息维数的计算公式, 通过对景区 (点) 的历年游客量 (万人) 数据的计算, 得出景区的信息维数计算数据 (表 2), 然后通过信息维数的实际计算方法, 得出武夷山风景名胜区系统等级结构的信息维数 D_I (表 3 图 1)。

表 1 武夷山景区各景点历年游客量

Table 1 The number of tourists to each scenic spot in past years

景点	年度					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
天游	467 697	523 280	545 141	487 241	588 390	759 603
武夷宫	266 054	303 377	334 578	211 271	196 101	112 755
一线天	320 760	344 788	380 653	298 283	301 385	312 545
虎啸岩	304 150	336 613	425 638	350 274	600 761	547 957
水帘洞	343 130	331 118	397 955	275 702	302 420	274 761
大红袍	279 013	294 304	298 602	239 390	282 663	272 851
莲花峰	607 69	237 998	255 293	180 426	166 985	49 963
遇林亭	603 55	237 045	253 805	178 941	165 654	49 570
九曲溪	518 024	724 176	791 427	663 811	848 19	830 731
城村古汉城					21 863	22 655

注: 以上数据来自武夷山风景名胜区管委会, 单位为人。

表 2 武夷山历年景区系统信息维数计算数据

Table 2 The information dimension data of the Wuyishan scenery system in past years

年度		信息维数计算数据							
2000	r	1.5	3	4.5	5.5	9.5	8.5	10	12
	$I(r)$	2.287 3	1.889 2	1.735 1	1.677 0	1.523 0	1.427 1	1.368 9	1.149 1
	r	14	17	20	24	28	32	35	
	$I(r)$	1.368 9	1.273 0	0.995 0	0.848 7	0.687 0	0.635 2	0.529 7	
2001	r	2	3	6	9	10	12	17	23
	$I(r)$	1.889 2	1.677 0	1.523 0	1.427 1	1.214 9	1.149 1	1.002 7	0.683 7
	r	25	27	30	31	35	37		
	$I(r)$	0.864 0	0.848 7	0.805 8	0.965 0	0.683 7	0.529 7		
2002	r	1.5	3	4	6	7	9	10	13
	$I(r)$	2.197 2	2.043 2	1.889 2	1.677 0	1.735 1	1.523 0	1.464 8	1.523 0
	r	14	15	20	22	27			
	$I(r)$	1.273 0	1.214 9	0.848 7	0.683 7	0.529 7			
2003	r	2	4	6	7	11	13	14	18
	$I(r)$	2.197 2	1.889 2	1.735 1	1.645 0	1.677 0	1.214 9	1.002 7	1.002 7
	r	20	22	24	26	28	30	34	36
	$I(r)$	1.149 1	1.214 9	1.060 9	0.965 0	0.936 9	0.848 7	0.636 5	0.529 7

续表 2

年度		信息维数计算数据							
2004	r	2	5	6	10	12	15	17	20
	$I(r)$	2.133 3	1.921 1	2.011 2	1.613 1	1.465 1	1.413 2	1.259 2	1.465 1
	r	24	29	30	32	40			
	$I(r)$	1.311 1	1.047 0	0.956 9	0.828 1	0.615 9			
2005	r	6	9	11	14	16	20	28	30
	$I(r)$	2.133 3	1.921 1	1.677 3	1.709 0	1.465 1	1.311 0	1.092 8	0.938 8

表 3 武夷山历年景区系统等级结构信息维数

Table 3 The values of hierarchical structure of Wuyishan scenery system in past years

2000 年		2001 年		2002 年		2003 年		2004 年		2005 年	
D_I	R^2	D_I	R^2	D_I	R^2	D_I	R^2	D_I	R^2	D_I	R^2
0.531 0	0.950 3	0.420 7	0.939 3	0.663 6	0.919 3	0.534 4	0.919 7	0.497 2	0.886 4	0.75	0.974 4

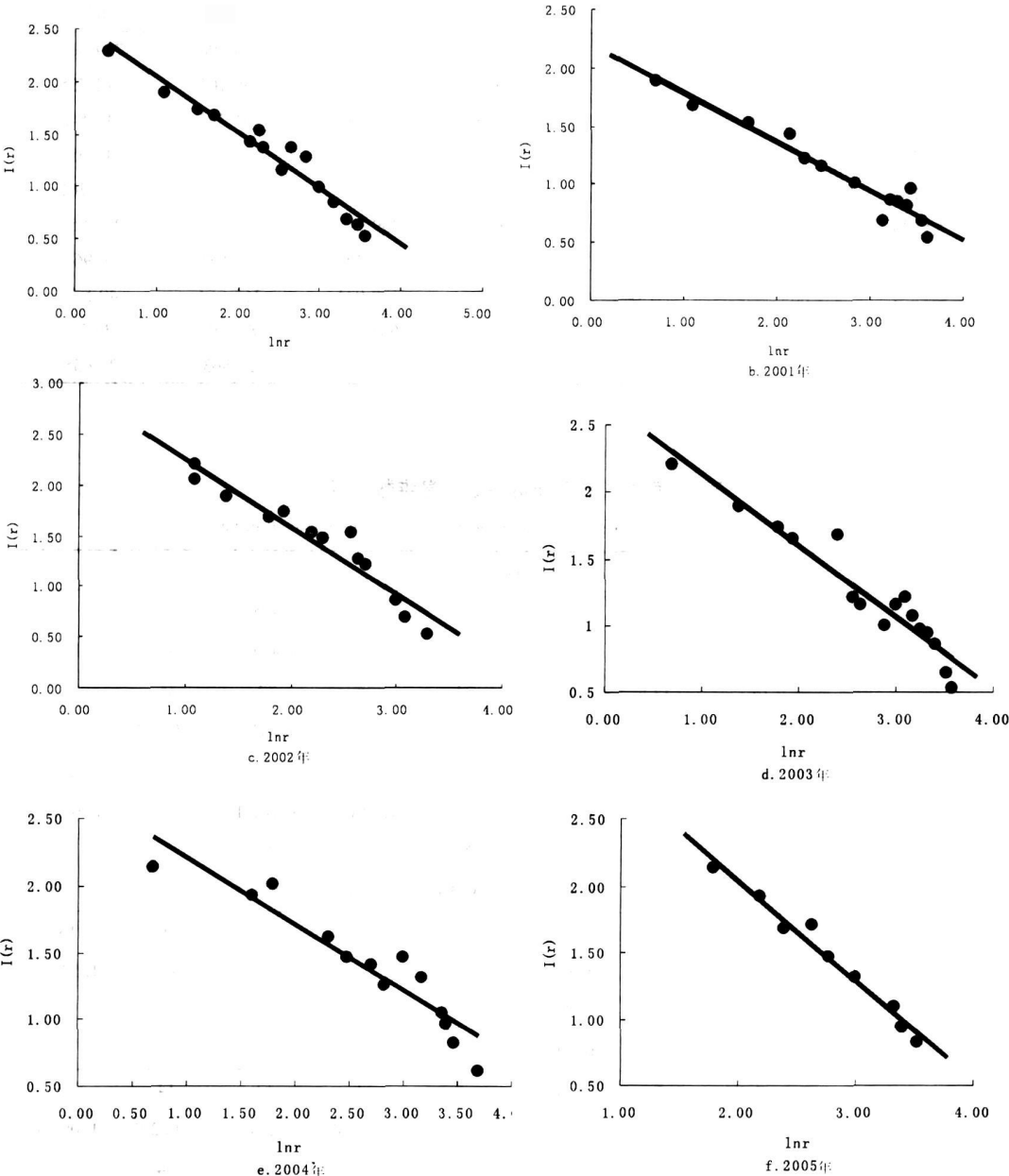


图 1 武夷山景区系统等级结构信息维数图

由图 1 表 3 可以看出, 可以用信息维数来分析武夷山双遗产地旅游景区系统的等级结构, 并且系统具有很好的分形特征; 虽然 2000~ 2005 年系统信息维数 D_i 出现了一定的波动, 但总体来看 D_i 随时间有增大的趋势 (图 3 a)。2001 年系统信息维数 D_i 最小为 0.420 7, 2004 年次之为 0.497 2, 其余年均超过了 0.5。2005 年达到了 0.75。这说明景区系统等级规模分布有逐渐变集中, 均衡性逐渐变强, 等级规模差异变小, 旅游流的分布有变均匀的趋势, 但系统的结构趋向于松散, 自组织化程度趋向于变低。但是从图表数据值分析可以看出, 景区系统的等级结构已经比较紧致。分析其原因, 可能是高级别的景区 (点) 如九曲溪、天游的中心性作用非常强, 在这种结构下整体的对外吸引力很强, 内部的协同性也较好, 但是由于中心性的“阴影”, 它也大大降低了新的景点产生的几率^[21], 使得在系统内部成功开

发新的旅游景点变得比较困难, 这样又有违于旅游景点的生命周期理论的原则^[39]。2004~ 2005 年 D_i 值变大是和城村古汉城景区的开发加大了系统整体的松散性有关, 因此加大城村景区保护、宣传力度对于提高整个景区对外吸引力, 降低系统的松散性有重要意义。

图 1 值还反映了系统等级结构规模分布的偏倚性^[36]。从频率偏倚性来看, 2002~ 2004 年偏倚性有变大的趋势, 这说明系统等级规模的分形结构趋向于多样化。

2.2 Z_{ijf} 维数和分维 D 的计算

由于首位景区 (点) 对于 Z_{ijf} 维数的计算影响比较大, 把首位景区 (点) 排除在计算之外。运用上述 Z_{ijf} 维数和分维数 D 的计算公式, 得出其历年等级结构的分维值 D, 再将系统的等级结构的分维计算数据绘成双对数坐标图 (图 2)。

表 4 武夷山历年景区系统分维值表

Table 4 The values of fractal dimension of Wuyishan scenery system in past years

2000 年		2001 年		2002 年		2003 年		2004 年		2005 年	
D	R ²	D	R ²	D	R ²	D	R ²	D	R ²	D	R ²
0.823 3	0.621 7	2.185 1	0.894 7	1.995 6	0.958 0	1.509 7	0.987 6	1.142 5	0.939 5	0.605 0	0.849 1

表 5 武夷山历年景区系统差异度

Table 5 The difference degrees of Wuyishan scenery system in past years

2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
0.644 5	3.194 0	3.128 3	4.557 0	7.004 0	12.941 0

分维数原本是确定几何对象中一个点的位置 (系统中的一个相位) 所需要的独立坐标的数目^[38], 其大小在某种意义上可以表征系统控制变量的多少。从等级结构的规模分布模式来说, 分维数在 1.0 左右为 Pareto 分布模式, 上升到 2.0 时为对数正态分布^[21]。

由图 2 表 4 可以看出, 2001~ 2004 年, D 均大于 1, 这说明景区 (点) 游客规模分布比较集中, 游客量比较均衡, 游客量处于中间位序的景区 (点) 较多。而 2005 年 $D < 1$, 说明景区 (点) 游客规模分布比较分散, 游客分布差异程度较大, 首位景区 (点) 的垄断性较强。

2001 年、2002 年的分维值 D 处于 2.0 左右, 说明景区 (点) 系统等级结构非常紧致, 具备非常明显的对数正态分布模式。2003 年、2004 年统等级结构

分维值均大于 1.0 说明系统等级结构变得稍微松散, 规模分布为比较正规的 Pareto 分布模式。2005 年系统等级结构分维值 D 最小, 这与该年系统的信息维数最大及其成因是一致的。

由图 2 还可以看出, 除 2000 年之外, 各年系统的等级结构都具有非常明显的分形几何结构特征, 其中 2003 年系统等级结构的双对数图拟合效果最好, 最具有 Z_{ijf} 维数的分形特征, 2004 年景 (区) 点系统已经具有一定的分异, 而 2005 年系统的双分形结构分异比较大, 形成这种结构特征的最主要原因还是系统中心性高级别景区 (点) 的存在, 还有一个重要原因就是由原始数据分析, 莲花峰、遇林亭景点的游客量逐年下降, 并且下降幅度比较大, 由 2001、2002 年的 25 万之多, 下降到 2005 年的 4.9 万, 这也是 D 值变小并且 2005 年系统的双分形结构分异比

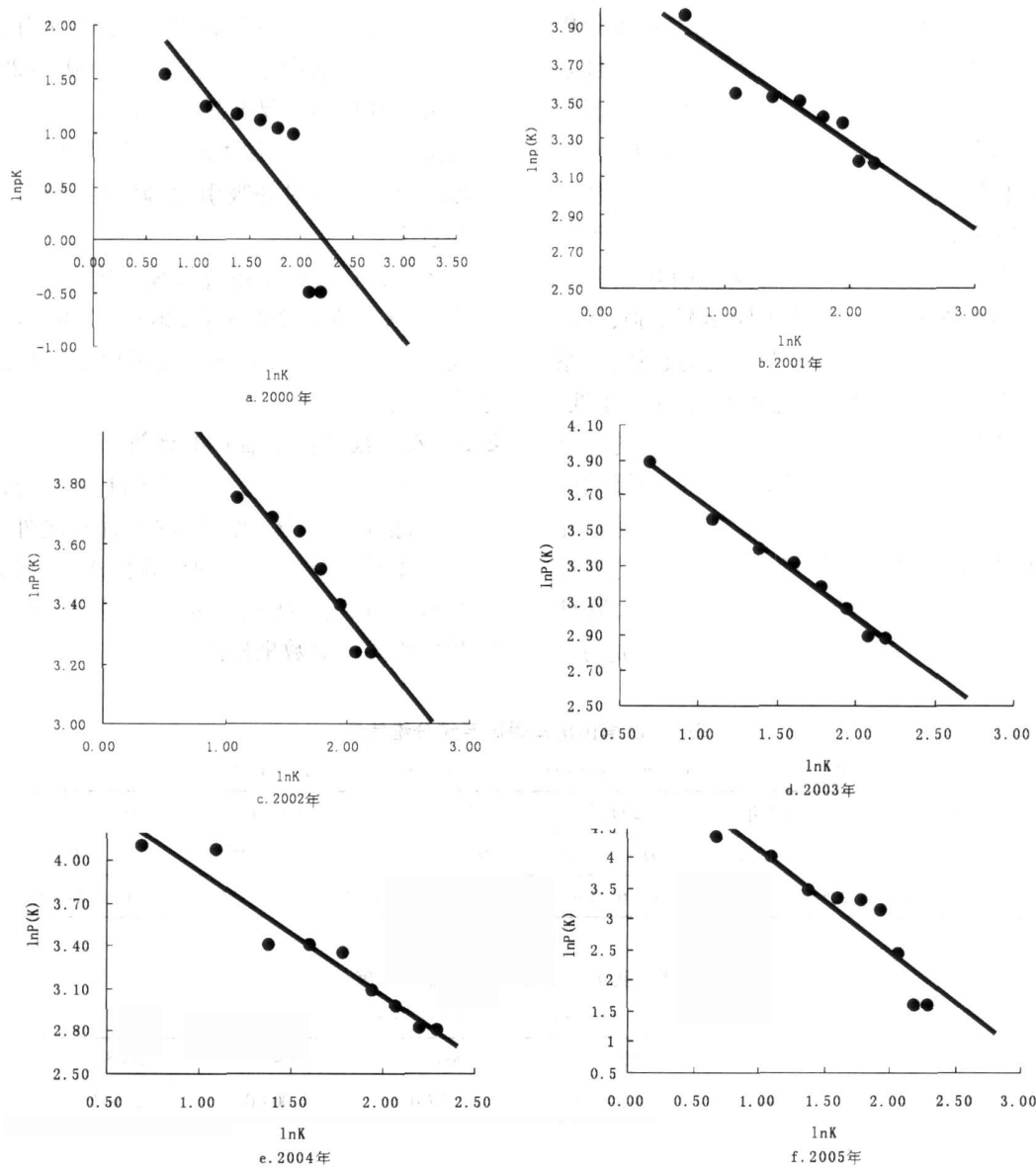


图 2 武夷山风景名胜区历年景区系统等级结构分维数双对数图

Fig. 2 The log-log plot for the fractal dimension on hierarchical structure of Wuyishan scenery system in past years

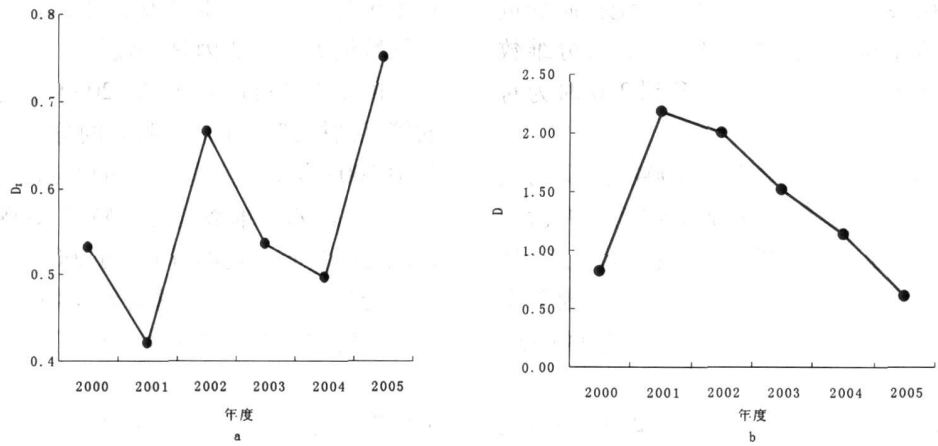


图 3 武夷山景区系统等级结构信息维数及分维数变化趋势图

Fig. 3 The tendency plot of information dimension and fractal dimension on hierarchical structure of Wuyishan scenery system

较大的一个重要因素, 因此增强这两个景点的吸引力也是旅游管理开发的一个重点。这种双分形结构分异逐渐变大的特征很可能会出现这样一个发展趋势, 即系统在不同尺度上出现不同的等级结构模式, 也即出现分形拐点, 这说明景区(点)体系在等级规模分布上存在一定程度的对称破缺^[39]。

由图 3b 表 4 还可以看出, 景区(点)系统的规模分布分维值 D 在 2001 年出现了峰值为 2.185 1, 其后逐年降低 (Z_{pf} 维数逐年增大)。这说明 2001 年之后, 景区游客规模较大的景区(点)发展较快, 中小规模的景区(点)发展相对较慢, 从而使整个景区的等级差异变大。这与由原始数据直接计算分析系统的差异度结论是一致的(表 5), 由于篇幅所限, 计算过程不再赘述。这说明武夷山双遗产地精华景区(点)与非精华景区(点)游客量差异变大, 如天游景区及九曲溪景区游客量规模发展迅速, 而一些景区规模则呈下降趋势, 如莲花峰和遇林亭。

游客规模的这种发展趋势虽然从信息维数 D_i 分析来看体现还不明显, 这可能与有的学者提出的信息维数和 Z_{ipf} 维数的应用规模水平有一定的差异有关^[36], 也可能因为这种发展趋势在所研究尺度上还没有引起信息维数发生改变, 也就是说可能这种规模差异还没有到达拐点尺度, 因为分形具有尺度依赖性^[10 11]。这也值得引起景区旅游管理部门的注意, 虽然从整体分析武夷山双遗产地的游客量还没有超过它的承载力, 但是像天游和九曲溪景区游客规模若任其发展, 可能会引起一系列生态环境问题, 而其他景区得不到充分的发展。

3 讨论

本文主要用信息维数和 Z_{ipf} 维数两种方法来研究武夷山双遗产地旅游景区系统等级结构, 并用由 Shannon 信息熵引申的差异度概念进行辅助说明, 发现研究结果是一致的。虽然历年情况出现了一定的波动和分异, 但是总体来讲研究区系统等级结构具有较好的分形特征。综合两种方法的研究结果发现, 虽然景区系统规模等级结构比较紧致、均衡, 旅游流分配比较集中, 但是系统差异有变大的趋势, 系统的结构趋向于松散, 自组织化程度降低。从此分析入手, 找到了系统等级结构优化的途径: 第一, 采取管理开发措施, 调节各景区(点)之间的游客量, 加大景区(点)之间的旅游吸引力的相互增强

性, 使更多的景点发挥“中心性”作用。第二, 注意成功地开发新景点, 新景点的开发要以能提高系统的整体性为前提。

从分维值来考察系统等级结构的分形特征, 可以知道其结构分布模式及其变化规律, 通过分布模式知道其控制参量数目的多少, 把握系统控制参量的一些数理特征, 如几何结构等, 然后可以根据模式进行一定的演绎, 这是系统等级结构优化的分形技术手段的基础。信息维数用来考察系统的等级结构, 主要可以寻求系统信息熵的变化率, 根据变化率来考察控制参量变化对系统结构影响的变化快慢, 从而考虑如何控制参量的变化来调节系统结构变化的趋向, 它不仅能反映系统等级的几何结构, 而且还反映一定的代数结构, 是通过分形技术手段对系统等级结构优化成效进行考察的依据。

本文首次用分形方法对历年武夷山双遗产地景区系统等级结构进行研究, 对系统分形结构的分形度量进行了计算, 以期对其等级结构变化趋势进行预测, 为景区旅游管理和进一步开发提出参考建议。但是用分形方法对景区等级结构进行研究还比较少见, 尤其是基于游客量进行该研究几乎未见报道。从研究结果看, 历年情况出现了一定的波动和分异, 并且仅从研究结果看用信息维数和 Z_{ipf} 维数不是完全吻合, 但是用 Shannon 信息熵引申的差异度进行补充分析说明, 以及从分形的尺度依赖性分析, 发现两者研究结果实质上并不矛盾。但是这也说明自然现象的复杂性以及各种分形方法的局限性, 因此基于分形的景区等级结构研究模式还有待于进一步的完善与提高。

参考文献 (References)

- [1] Hong Wei, Wu Chengzhen. Spatial variability and fractal dimension of DBH and tree height growth of Chinese fir Provenance[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2001, 21(2): 97~100/洪伟, 吴承祯. 杉木种源高径生长的空间变异及其分形特征[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(2): 97~100/
- [2] Hong Wei, Wu Chengzhen. Modification of Shannon-Wiener modification of index[J]. Journal of Tropical and Subtropical Subtropical Botany, 1999, 7(2): 120~124/洪伟, 吴承祯. Shannon-Wiener 指数的改进[J]. 热带亚热带植物学报, 1999, 7(2): 120~124/
- [3] Wu Chengzhen, Hong Wei, Lin Sizai. Analysis on spatial characteristics of sterile seeds of Cunninghamia lanceolata[J]. Journal of Mountain Science, 2006, 42(1): 117~122/吴承祯, 洪伟, 林思祖. 杉木种子涩籽的空间特征分析[J]. 山地学报, 2006, 24(1): 117~122/

[4] Wu Chengzhen, Hong Wei. Study on fractal features of soil aggregate

- structure under different management patterns[J]. Acta Pedologica Sinica 1999 36(2): 162~167/吴承祯, 洪伟. 不同经营模式土壤团粒结构的分形特征研究[J]. 土壤学报, 1999, 36(2): 162~167]
- [5] Wu Chengzhen, Hong Wei. Study on the relationship between fractal dimension and the changes of nature in soil during the decomposition of logging residus[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 1998 14(3): 192~196/吴承祯, 洪伟. 采伐剩余物分解过程中土壤分形维数与土壤性质变化关系研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 1998 14(3): 192~196]
- [6] He Dongjin, Hong Wei, Hu Haiqing, et al. Soil physical property heterogeneity and its fractal features of different forest landscapes in the Wuyishan Scenery District[J]. Scientia Silvae Sinicae 2005 41(5): 175~179/何东进, 洪伟, 胡海清. 武夷山风景区森林景观土壤物理性质异质性及其分形特征[J]. 林业科学, 2005, 41(5): 175~179]
- [7] Liu Jinfu, Hong Wei. Study on fractal feature of soil fertility under different original Castanopsis Kanakamii stands[J]. Journal of Mountain Science, 2001, 19(6): 565~570/刘金福, 洪伟. 不同起源格氏栲林地的土壤分形特征[J]. 山地学报, 2001, 19(6): 565~570]
- [8] Bi Xiaoli, Hong Wei, Wu Chengzhen, et al. Study on Fractals of Crown Breath of Different Tree in Pinus taiwanensis Forests[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2001 21(4): 347~350/毕晓丽, 洪伟, 吴承祯等. 黄山松林不同树种树冠分形特征研究[J]. 福建林学院学报, 2001 21(4): 347~350]
- [9] Wang Xiuchun, Wu Shan, Bi Xiaoli, et al. Fractal dimensions of Jinghe river Channels and ecological significance[J]. Journal of Beijing Normal University(Natural Science), 2004, 40(3): 364~368/王秀春, 吴姗, 毕晓丽, 等. 泾河流域水系分维特征及其生态意义[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2004 40(3): 364~368]
- [10] Song Ping, Hong Wei, Wu Chengzhen, et al. Fractal characteristics of Pattern of natural Pinus taiwanensis population: Box-counting Dimension and Information Dimension[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2004 22(5): 400~405/宋萍, 洪伟, 吴承祯, 等. 天然黄山松种群格局的分形特征——计盒维数与信息维数[J]. 武汉植物学研究, 2004 22(5): 400~405]
- [11] Song Ping, Hong Wei, Wu Chengzhen, et al. Fractal Characteristics of Spatial Pattern of Natural Pinus taiwanensis Population: Correlation Dimension[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2005 23(1): 32~36/宋萍, 洪伟, 吴承祯. 天然黄山松种群空间格局的分形特征——关联维数[J]. 武汉植物学研究, 2005, 23(1): 32~36]
- [12] Boris Zeile. Fractal geometry in forestry application[J]. Forest Ecology and Management 1991, 46 179~188
- [13] T. J. Næem, J. Antonovics and H. M. Wilbur. Population Dynamics with a Refuge: Fractal Basins and the Suppression of Chaos[J]. Theoretical Population Biology, 2002 62(2): 121~128
- [14] Beatrijs Bossuyt, Martin Hemery. Species turnover at small scales in dune slack plant communities[J]. Basic and Applied Ecology, 2004 30(5): 321~329
- [15] Turate D L. Fractals, chaos, and self-organized criticality in geography[J]. Proceedings of 1st international conference on geo-computation, 1996 2: 826~827
- [16] Andreas Papaioannou. Exploring the Evolution of Tourism Resorts[J]. Annals of Tourism Research 2004 31(1): 219~237
- [17] Richard G. Hatfield, Gretchen LeBuhn. Patch and landscape factors shape community assemblage of bumble bees, *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae), in montane meadows[J]. Biological Conservation 2007 139(1): 150~158
- [18] Chen Tao, Luo Hongyu. The discussion on information theory of tourism action[J]. Geography and Territorial Research, 1996 12(1): 35~39/陈涛, 罗宏宇. 旅游行为本质的信息论探讨[J]. 地理学与国土研究, 1996 12(1): 35~39]
- [19] Yu Ruilin, Wang Xinsheng, Sun Yanling, et al. Spatial-Temporal changes of fractal dimensions of urban spatial morphology in China[J]. Areal Research and Development 2007 26(2): 43~47/余瑞林, 王新生, 孙艳玲. 中国城市空间形态分形维及时空演变[J]. 地域研究与开发, 2007 26(2): 43~47]
- [20] Dai Xuejun, Ding Dengshan, Xu Zhuhui, et al. An aggregation fractal study on spatial structure of tourist scenic spots system—a case study of Nanjing[J]. Journal of Natural Resources 2005 20(5): 706~713/戴学军, 丁登山, 许志晖, 等. 旅游景区(点)系统空间结构的随机聚集分形研究[J]. 自然资源学报, 2005 20(5): 706~713]
- [21] Dai Xuejun, Lin Lan, Xu Zhuhui, et al. Fractal study on hierarchical structure of tourist scenic spot system: A Case Study of Nanjing[J]. Scientia Geographica Sinica 2006 26(2): 242~250/戴学军, 林岚, 许志晖, 等. 基于分形方法的旅游景区(点)系统等级结构研究——以南京市旅游景区(点)系统为例[J]. 地理科学, 2006 26(2): 242~250]
- [22] Zhu Xiaohua, Wu En. Scientific prospect of fractal theory applied to the network space of tourism system[J]. Progress in Geography, 2007 26(1): 133~142/朱晓华, 乌恩. 旅游系统网络空间分形研究的科学展望[J]. 地理科学进展, 2007 26(1): 133~142]
- [23] He Dongjin, Hong Wei, Hu Haiqing, et al. The Characteristics of Landscape Ecology in the Wuyishan Scenery District[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2003 31(5): 24~26/何东进, 洪伟, 胡海清, 等. 武夷山风景名胜景区景观生态特征[J]. 东北林业大学学报, 2003 31(5): 24~26]
- [24] He Dongjin, Hong Wei, Hu Haiqing, et al. Study on the spatial pattern of the Wuyishan scenery district[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2004 40(1): 174~179/何东进, 洪伟, 胡海清, 等. 武夷山风景名胜景区景观空间格局研究[J]. 林业科学, 2004 40(1): 174~179]
- [25] He Dongjin, Hong Wei, Hu Haiqing, et al. Ecological evaluation of the landscape in the Wuyishan Scenery District[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2004 10(6): 729~734/何东进, 洪伟, 胡海清, 等. 武夷山风景名胜景区景观生态评价[J]. 应用与环境生物学报, 2004 10(6): 729~734]
- [26] He Dongjin, Hong Wei, Hu Haiqing, et al. Modeling landscape pattern dynamics and their effects under different disturbances in

- Wuyishan scenery district[J]. Acta Ecologica Sinica 2004 24 (8): 215~221[何东进,洪伟,胡海清,等.武夷山风景名胜区景观空间格局变化及其干扰效应模拟[J].生态学报,2004 24 (8): 215~221]
- [27] He Dongjin, Hongwei, Hu Haiqing, et al Patch size distribution pattern and its hierarchical effect of main landscape types in the Wuyishan scenery district[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004 15(1): 21~25[何东进,洪伟,胡海清,等.武夷山景区主要景观类型斑块大小分布规律及其等级效应分析[J].应用生态学报,2004 15(1): 21~25]
- [28] He Dongjin, Hongwei, Hu Haiqing, et al Analysis on the patch characteristics of landscape elements in the Wuyishan scenery district[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2003 9(6): 574~577[何东进,洪伟,胡海清,等.武夷山风景名胜区景观要素斑块特征分析[J].应用与环境生物学报,2003 9(6): 574~577]
- [29] He Dongjin, Hongwei, Hu Haiqing, et al A preliminary study on the spatial relationships of landscape types and their scale analyses in the Scenery District of Wuyi Mountain[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture 2004 22(3): 321~324[何东进,洪伟,胡海清,等.武夷山风景名胜区景观类型空间关系及其尺度效应初探[J].中国生态农业学报,2004 22(3): 321~324]
- [30] He Dongjin, Hongwei, Hu Haiqing, et al Species diversity in different forest landscapes in the Wuyishan Scenery District[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2007 15(2): 9~13[何东进,洪滔,胡海清,等.武夷山风景名胜区不同森林景观物种多样性特征研究[J].中国生态农业学报,2007 15(2): 9~13]
- [31] Wang Yingzi, He Dongjin, Hongwei, et al Evaluation of Forest Ecosystem Services of Wuyishan Scenery District[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis(Natural Science), 2006 28(3): 409~414[王英姿,何东进,洪伟,等.武夷山风景名胜区森林生态系统公共服务功能评估[J].江西农业大学学报(自然科学版),2006 28(3): 409~414]
- [32] Liu Yongsheng, Hong Tao, He Dongjin, et al Analysis on situation of ecological security in Wuyishan Scenery District[J]. Journal of Safety and Environment 2006 6(6): 78~81[刘勇生,洪滔,何东进,等.武夷山风景名胜区生态安全分析[J].安全与环境学报,2006 6(6): 78~81]
- [33] Wang Hongwei, Wu Chengzhen, Hong Wei, et al On application of P-S-R model to evaluation of eco-environmental security of Wuyishan Scenery Area[J]. Journal of Safety and Environment 2006 6(3): 123~126[王洪翠,吴承祯,洪伟,等.P-S-R指标体系模型在武夷山风景区生态安全评价中的应用[J].安全与环境学报,2006 6(3): 123~126]
- [34] Wu Mingjin. Introduction of Fractal Informatics[M]. Shanghai Science and Technology Literature Press 1994 30~36[吴敏金.分形信息学导论[M].上海:上海科学技术文献出版社,1994 30~36]
- [35] Xia Weili, Li Bo. A fractal study on the scale structure of the urban system in Guanzhong region of Shaanxi Province[J]. Areal Research and Development, 2006 25(4): 58~61[夏维力,李博.陕西关中地区城镇等级规模结构分形研究[J].地域研究与开发,2006 25(4): 58~61]
- [36] Liu Jisheng, Chen Yanguang. Fractal dimensions of hierarchical structure of urban system and the methods of their determination[J]. Geographical Research 1998 17(1): 82~89[刘继生,陈彦光.城镇体系等级结构的分形维数及其测算方法[J].地理研究,1998 17(1): 82~89]
- [37] Carroll G R. National City-size Distribution[J]. Progress in Human Geography, 1982 6(1): 1~43
- [38] Bao Jigang, Gan Mengyu. Analysis on urban destinations in China: status change and factors for the change since the Reform Era[J]. Scientia Geographica Sinica 2004 24(3): 365~370[保继刚,甘萌雨.改革开放以来中国城市旅游目的地地位变化及因素分析[J].地理科学,2004 24(3): 365~370]
- [39] Liu Jisheng, Chen Yanguang. A proof of generalized Davis' s 2N-law as a mathematical equivalent of Bechmann' s model of city hierarchies: researching into the micro-macro symmetry of city rank-size rule[J]. Economic Geography, 2001 21(2): 231~234[刘继生,陈彦光.Davis规律与Bechmann模型的数理等价性——城市体系等级结构的宏观—微观对称性分析[J].经济地理,2001 21(2): 231~234]

The Fractal Analysis on Tourist Scenic Spots System Hierarchical Structure of Wuyishan World Nature and Culture Heritage Site

WANG Yingzi, HONG Wei, WU Chengzhen, HE DONGjin, ZHANG Chunying, Fan Hailan

(Key Laboratory for Forest Ecosystem Process and Management of Fujian Province
Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract Fractal character on scenic spots system hierarchical structure of Wuyishan World Nature and Culture Heritage site during 2000~2005 was analyzed. The numbers of tourists in past years during 2000~2005 was made

as a discrete set and the character of distributing and tendency on hierarchical structure of scenic spot was analyzed by calculating the value of information fractal dimension and the distributing model on hierarchical structure was studied by calculating the Zipf dimension. For better explanation of the fractal character, difference degrees were used as a assistant illumination. Furthermore, the tendency of fractal dimensions was analyzed and compared by drawing out the charts of fractal dimensions over time. The results indicated that except 2000, the values of information dimension were all between 0.5 and 0.75 and showed the increasing tendency, the system fractal dimension was all over 1, and had the decreasing tendency. Although there were some differences in certain years, the results can present that the scenic spot system hierarchical structure of Wuyishan World Nature and Culture Heritage site have behaved obvious fractal character; the scale of hierarchical structure showed the tendency of convergence and the scenic spot system equilibrium was boosting up, but scenic spot system degree of self-organization was decreasing. Moreover, some primary advices of adjusting the hierarchical structure and existing deficiencies of the method were put forward.

Key words Fractal hierarchical structure; tourist scenic spot system; World Nature and Culture Heritage; Wuyishan

启 示

在《山地学报》2007年第25卷第5期上发表的“紫花苜蓿种植对山地荒沟客土理化性质的影响”一文, 第一作者孙铁军, 共有5名作者, 未注明通讯作者。现应作者要求说明: 武菊英为该文的通讯作者。

《山地学报》编辑部