

武夷山自然保护区植被景观类型空间关联性的多尺度效应

张春英¹, 张春玲², 林晓侠³, 胡赛强¹, 何春玲¹, 葛新驰¹

(1. 福建工程学院 建筑与规划系, 福建 福州 350007; 2. 吉林农业工程职业技术学院 生物工程系, 吉林 四平 136001; 3. 杭州之江园林绿化艺术有限公司, 浙江 杭州 310053)

摘要: 利用二元列联表和方差比率法, 对福建省武夷山自然保护区植被景观斑块的空间关联性的多尺度效应进行了研究。结果表明: 景观要素类型间的空间关联性的强弱是随着取样空间尺度变化而有所变化, 不同的要素类型间关联性随空间尺度的变化的幅度也有所不同, 对于该区域应在 600 m × 600 m 空间尺度上研究较为合理; 景观斑块的全局关联性在一二级分类标准下是负相关, 但在二级分类和三级分类标准下, 呈现正相关性。表 3 参 13

关键词: 森林生态学; 植被景观; 空间尺度; 空间关联性; 武夷山自然保护区

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)06-0863-07

Multi-scale effects of spatial correlation for vegetative landscape types in the Wuyishan Nature Reserve

ZHANG Chun-ying¹, ZHANG Chun-ling², LIN Xiao-xia³, HU Shai-qiang¹, HE Chun-ling¹, GE Xin-chi¹

(1. Department of Landscape Architecture and Planning, Fujian University of Technology, Fuzhou 350007, Fujian, China; 2. Department of Bioengineering, Jilin Agriculture Engineering Polytechnic College, Siping 136001, China; 3. Hangzhou Zijiang Landscape Green Art Limited Corporation, Hangzhou 310053, Zhejiang, China)

Abstract: Using a binary contingency table, a variance ratio test, and a correlation analysis, multi-scale effects of spatial correlation for vegetative landscape types in the Wuyishan Nature Reserve were studied. Results showed that the spatial correlation intensity for landscape types changed as the spatial scale changed, with the spatial correlation of different landscape types changing to different extents. The best scale to study this area was a 600 m × 600 m spatial scale using landscape patch types. The overall association of landscape patch types showed a negative correlation for the first class, but a positive correlation for the second and third classes [Ch. 3 tab. 13 ref.]

Key words: forest ecology; vegetative landscape; spatial scale; spatial correlation; the Wuyishan Nature Reserve

空间关联是描绘空间实体之间“同时出现”的内在规律, 描述在给定的空间数据库中, 空间实体的特性数据项之间频繁同时出现的条件规则, 主要指空间实体间的相邻、相连、共生和包含等关联规则^[1]。在自然界, 空间物体的关联分析被生态学家广泛用于物种、种群间的相互左右关系的大小的研究。景观是最为典型的地理空间实体之一, 其内部各斑块(景观要素)之间存在着复杂的关系, 测定不同类型斑块之间的空间关系, 对于研究斑块(景观类型)之间的相互作用的性质、强度与方式和景观演替、扩散潜力具有非常重要的意义^[2-5]。植被景观是由共存的各类植被斑块镶嵌形成的, 斑块类型主要取决于斑块内部的植物种类、种群结构及群落的整体外貌等因素, 自然保护区的植被斑块大多数起源于天然, 经缓慢演化发展而形成。斑块形成的内在机制与植物的发展变化有着密切关系, 所以借助于种群、群落的种间关

收稿日期: 2010-12-28; 修回日期: 2011-06-27

基金项目: 福建省青年人才基金资助项目(2008F3004); 福建工程学院科研启动基金项目(GY-20902)

作者简介: 张春英, 博士, 从事景观生态学、景观规划和景观设计等研究。E-mail: zhangchunying8@126.com

联指数进行景观要素类型间的关联关系的研究具有重要意义。目前,对植被景观要素类型空间关系的研究报道较少,仅见汪永华等^[6-7]利用空间关联指数分别对广东白云山风景区植被景观要素类型间的关联度和海南岛东南海岸带植被景观要素类型的空间关联度进行分析;何东进^[5]分析了武夷山风景名胜区的植被景观的空间关联度的多尺度效应,结果表明景观要素类型间的空间关联具有尺度效应。基于此,本研究针对武夷山自然保护区的植被景观要素间的空间构型比较紧密的特点,采用变换尺度空间的方法对各种要素景观类型间的空间关联度进行测定,为进一步深入揭示武夷山自然保护区景观要素形成和发展规律提供科学依据。

1 研究区域概况

武夷山自然保护区位于 $27^{\circ}33' \sim 27^{\circ}54'N$, $117^{\circ}27' \sim 117^{\circ}51'E$,全区南北长52 km,东西最宽处22 km,总面积为56 527 hm²。区内年平均气温为8.5~18.0 ℃,年平均降水量1 486.0~2 150.0 mm,年平均相对湿度78%~84%,无霜期253~273 d,年平均雾日达120 d^[8-9]。植被异质性较大,生物多样性是地球同纬度带最为丰富的地区^[10]。保护区植物属于泛北极植物区,亚洲东部森林植物亚区,华东地区南缘的中亚热带地区,接近于古热带植物区的北缘。植物区系组成具有以下特点:植物种类丰富,具有多样性、特异性和变异性等特点;地理成分复杂,过渡性明显;起源古老,多单型、少型品种;珍贵稀有种类多,是具有一定特有成分的植物和植被类型。植被群落的外貌特征非常鲜明,植物高度外貌上成层现象明显,群落呈现出丰富的季相动态,群落中生活型谱系丰富^[8]。

2 研究方法

数据源及数据处理主要参考文献[8],为了系统研究各级植被分类体系下的自相关值的变化,依据景观生态学分类原则与群落生态学原则^[11-12],植被分类采用3个级别分类(表1)。

利用绘制好的武夷山自然保护区植被图,将二级分类的马尾松 *Pinus massoniana* 林景观、杉木 *Cunninghamia lanceolata* 林景观、硬阔叶林景观、软阔叶林景观、黄山松 *Pinus taiwanensis* 林景观、茶 *Camellia sinensis* 园景观、其他经济林景观和一级分类的毛竹 *Phyllostachys pubescens* 林景观、灌木林景观、草地景观10种类型进行两两关联性分析。保护区的植被景观斑块面积平均为173 718.8 m²,最小斑块面积为2 771.1 m²,最大斑块面积为946 389.2 m²。作者设计空间尺度分别为200 m×200 m,400 m×400 m,600 m×600 m,800 m×800 m和1 000 m×1 000 m。在Arc GIS 9.0中利用地理网格进行分区统计,5种空间尺度的样方数分别为6712,1678,746,415,260块,并列出景观类型二元列联表。为了探讨景观要素斑块间的全局关联性,根据表1的三级分类标准和据Cox等^[13]提出的方差比率法进行多种景观要素类型间关联度测量检验。计算方法详见文献[13]。

3 结果与分析

3.1 景观类型两两间空间关联性多尺度分析

尺度效应是指生态系统结构、功能及其动态变化在不同空间和时间尺度上的不同表现,不同景观类型间的尺度的敏感程度有所不同,两两要素类型间的关联程度也不尽相同。森林景观的不同类型间的相互关联随着取样空间尺度的变化呈现出不同的变化趋势。武夷山自然保护区的景观类型间两两相关联程度的大小是受取样空间尺度的影响的(表2),不同的景观类型间对于取样尺度的敏感程度有差异。10种景观类型两两相关联,马尾松林景观与杉木林景观、黄山松林景观及其他经济林景观在5个尺度上都表现出负相关性,随着尺度的增加,不同的景观间呈现出不同的变化趋势:马尾松林与杉木林间先增加后减少,值域范围[-0.121 1, -0.151 7],600 m×600 m为一个取样的转折点,经检验是属于较强的关联度;马尾松林与黄山林景观间的相关联值随着空间尺度的增加而逐渐减少,值的变化区间为[-0.068 9, -0.321 5],5个尺度上的变化幅度也是比较大;马尾松林与其他经济林间的关联值随着取样空间的增加而上下波动,值域范围[-0.010 6, 0.212 2],最大值为400 m×400 m的空间,最小值为1 000 m×1 000 m。马尾林与硬阔叶林的负相关联性较其与软阔叶林的要强些,2组值出现上下波动的趋势;硬阔叶林是与马尾松林主要的竞争群落类型,所以两者间负相关联比较显著;马尾松林与茶园景观除了在

表1 武夷山自然保护区景观要素类型分类系统
Table 1 Class system of landscape class in the Wuyishan Natural Reserve

一级分类景观		二级分类景观		三级分类景观	
类型	数量/块	类型	数量/块	类型	数量/块
森林景观	2 263	马尾松林景观	1 082	马尾松幼林景观	2
				马尾松中龄林景观	51
				马尾松近熟林景观	154
				马尾松成熟林景观	682
				马尾松过成熟林景观	193
		杉木林景观	103	杉木幼林景观	3
				杉木中龄林景观	36
				杉木近熟林景观	28
				杉木成熟林景观	22
				杉木过成熟林景观	14
		硬阔叶林景观	1 044	硬阔叶幼林景观	2
				硬阔叶中龄林景观	122
				硬阔叶近熟林景观	104
				硬阔叶成熟林景观	655
				硬阔叶过成熟林景观	161
		软阔叶林景观	32	软阔叶近熟林景观	1
				软阔叶成熟林景观	23
				软阔叶中龄林景观	1
		黄山松林景观	9	黄山松近熟林景观	6
				黄山松成熟林景观	1
				黄山松中龄林景观	2
经济林景观	148	茶园景观	141		
		其他经济林景观	7		
毛竹林景观	623				
灌木林景观	169				
草地景观	17				

表2 景观类型斑块面积两两空间关系的多尺度效应
Table 2 Spatial correlation between two landscape types at multiscale

景观类型	取样尺度/(m×m)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
B	200×200	-0.141 5**								
	400×400		-0.142 7**							
	600×600			-0.151 7**						
	800×800				-0.131 4**					
	1 000×1 000					-0.121 1**				
C	200×200		-0.151 1**	-0.031 5*						
	400×400		-0.141 6**	-0.041 6*						

表2(续)

景观类型	取样尺度/(m×m)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	600×600	-0.323 1**	-0.061 5*							
	800×800	-0.332 2**	-0.041 5*							
	1 000×1 000	-0.363 2**	-0.041 3*							
D	200×200	-0.030 5	-0.033 1	-0.156 1**						
	400×400	-0.010 9	-0.050 5	-0.196 5**						
	600×600	-0.021 4	-0.031 4	-0.171 4**						
	800×800	-0.023 0	-0.051 4	-0.121 4**						
	1 000×1 000	0.032 5	-0.056 9	0.015 1**						
E	200×200	-0.321 5	0.014 2	-0.051 9*	-0.031 4**					
	400×400	-0.140 3*	0.021 3	-0.031 4*	-0.031 2					
	600×600	-0.091 4*	0.034 5	-0.056 1*	-0.032 3**					
	800×800	-0.077 1	-0.018 2	-0.031 5	-0.022 4**					
	1 000×1 000	-0.068 9	-0.0203	-0.038 8	-0.012 3**	-0.123 1*				
F	200×200	-0.151 6**	-0.171 8**	-0.256 1	-0.316 3**					
	400×400	-0.232 5**	-0.211 6**	-0.415 3*	-0.417 2**	-0.212 0*				
	600×600	-0.181 9**	-0.181 6**	-0.623 0*	-0.519 1**	-0.200 1*				
	800×800	-0.050 6**	-0.171 9**	-0.314 6*	-0.066 4**	-0.201 2*				
	1 000×1 000	0.231 5**	-0.091 8**	-0.611 2	-0.715 4**	-0.123 0*				
G	200×200	-0.251 6*	-0.261 6*	-0.011 2	-0.014 0**	0.002 4	-0.032 1**			
	400×400	0.091 7	-0.071 8*	-0.009 2	-0.008 4**	0.003 3	-0.042 7**			
	600×600	0.031 4	-0.050 3*	-0.008 2	-0.008 5**	0.005 3	-0.041 8**			
	800×800	0.061 6	-0.061 8*	-0.007 1	-0.007 8	0.005 2	-0.032 2**			
	1 000×1 000	0.171 8	-0.071 8*	0.003 1	-0.007 1	-0.012 3	-0.033 4**			
H	200×200	-0.030 4	-0.031 8	-0.265 1	-0.032 4**	0.015 4	-0.054 5	-0.115 4*		
	400×400	-0.212 2	-0.781 6	-0.312 3	-0.031 1**	0.003 4	-0.046 4	-0.123 1*		
	600×600	-0.051 6	-0.044 5	-0.419 8	-0.021 4**	0.002 2	-0.031 3*	-0.092 2*		
	800×800	-0.090 7	-0.051 7	-0.668 1	-0.024 3**	0.006 4	-0.024 1*	-0.086 1*		
	1 000×1 000	-0.010 6	0.061 9	-0.714 1	-0.012 2**	0.004 2	-0.023 2*	-0.155 1		
I	200×200	-0.121 6*	0.011 7*	-0.158 2**	0.010 2**	0.121 2**	-0.413 5**	-0.144 2	-0.217 2**	
	400×400	-0.071 6*	0.010 4*	-0.130 5**	0.002 1**	0.141 2**	-0.325 6**	-0.132 3	-0.202 5**	
	600×600	-0.031 7*	0.020 3*	-0.121 7**	0.021 4**	0.121 5**	-0.305 7**	-0.122 1*	-0.198 1**	
	800×800	-0.031 1*	-0.009 9*	0.132 6**	0.031 2**	0.042 1**	-0.310 1	-0.132 5*	-0.164 5**	
	1 000×1 000	0.041 9*	0.018 8*	0.144 2	-0.020 0	0.032 8	-0.531 6	-0.052 1*	-0.101 8**	
J	200×200	0.001 8*	-0.014 1	0.033 2**	0.021 3	0.022 6	-0.571 6**	-0.043 8*	-0.001 2	-0.212 3**
	400×400	0.051 6*	0.020 5	-0.021 5**	-0.020 0*	0.025 3**	-0.518 1**	-0.042 1*	-0.013 1*	-0.022 5**
	600×600	0.031 2*	0.020 1	-0.020 4**	-0.031 0**	0.023 1**	-0.432 8**	-0.031 6*	-0.012 1*	-0.024 5**
	800×800	-0.051 0*	0.014 2	-0.011 8	-0.035 0**	0.012 2**	-0.400 1	-0.355 1	-0.011 2*	-0.015 6**
	1 000×1 000	-0.061 6*	-0.012 3	0.011 5	-0.025 0*	0.013 2	-0.412 4	-0.341 6	-0.009 1	-0.017 5**

说明: A: 马尾松林景观; B: 杉木林景观; C: 硬阔叶林景观; D: 软阔叶林景观; E: 黄山松景观; F: 毛竹林景观; G: 茶园景观; H: 其他经济林景观; I: 灌木景观; J: 草地景观。*表示显著关联, **表示极显著关联。

200 m × 200 m 尺度上为负值, 其他几个尺度上均为正值, 与灌木林景观在 5 个取样尺度上都是负向相关; 与草地景观在 800 m × 800 m 与 1 000 m × 1 000 m 取样尺度上呈负相关, 在其他尺度上是正相关。杉木林景观与硬阔叶林和软阔叶林呈现出较弱的负相关性, 值的大小存在着较小的波动性, 说明杉木景观与阔叶林景观的空间关联性对尺度空间不是很敏感; 杉木林与黄山松林在前 3 个尺度上处于正相关, 后面 2 个尺度上表现为负相关, 杉木林和黄山松林实际的生长区域不同, 两者之间不会存在较明显的竞争, 也不会存在较大的空间关联; 与毛竹林呈现较为明显的负相关, 最大的负相关值出现在 400 m × 400 m 取样尺度上。杉木林景观与茶园景观在 5 个尺度上均为负相关, 相关值也呈现波动状态, 与其他经济林间只有在 1 000 m × 1 000 m 取样尺度上为正相关, 其余的均为负相关; 杉木林与灌木林及草地林间均发生了正相关与负相关转换的趋势。硬阔叶林与软阔叶林在前 4 个尺度空间上为负相关, 但相关指数比较低, 最高的出现在 400 m × 400 m 尺度空间上, 为 0.196 5, 在最后 1 个空间尺度上转为正相关, 为不合理现象, 硬阔叶林与软阔叶林间是有着竞争关系的景观类型; 硬阔叶林与黄山松林、毛竹林、茶园景观及其他经济林景观基本均为负相关, 不同的植被景观随着空间尺度变化呈现出不同的变化规律。硬阔叶林与灌木林、草地景观均有着正相关与负相关相互转化的情况, 说明其在不同尺度上的波动性较大。软阔叶林与黄山松林为正相关, 但关联程度较弱, 仅为 0.03 左右; 软阔叶林与毛竹林、茶园景观、经济林景观负相关, 与灌木林在 1 000 m × 1 000 m 空间尺度上负相关, 其余尺度上呈正相关, 可见变化幅度比较大, 而且呈现出不稳定的因素; 软阔叶林与草地景观除了 200 m × 200 m 外均为正相关的关系。黄山松林与经济林间是较弱的正相关关系, 与毛竹林是较弱的负相关关系, 与灌木林是正相关。黄山松群落里猴头杜鹃 *Rhododendron simiarum*, 鹿角杜鹃 *Rh. latoucheae* 等是伴生种, 群落生长在高山草地之上, 生长环境资源充足, 所以基本上是和谐共生, 黄山松与中山草地景观也是正相关的。这主要是中山草地, 中山草地是黄山松的生长基质。毛竹林景观与茶园景观、其他经济林景观、灌木林景观及草地景观间均为负相关性, 这与毛竹林的繁殖分蘖能力强有很大关系, 经常对周边的植物进行入侵性干扰有关。茶园景观与其他经济林、灌木景观及草地景观类间均呈负相关, 但相关程度较弱, 茶园景观分布的地域有限, 而且斑块数量也不多, 对其他景观的竞争威胁比较小。其他经济林与灌木景观和草地景观间是负相关, 与灌木景观的相关较强, 值域为 [0.217 2, 0.101 8], 灌木林与其他经济林经常被人为的转化, 所以相互间仍存在或大或小的竞争。其他经济林景观与草地景观的相关性较弱, 值域为 [-0.013 1, -0.001 2], 草地与其他经济林景观均为较少的类型, 所以之间的关联性较弱。灌木景观与草地景观间在 200 m × 200 m 和 400 m × 400 m 的空间尺度上负相关, 虽然较弱, 但对空间尺度的变化较敏感, 当空间尺度进一步增大时, 两者间的相互关联性转为正值, 而且数值变化的速度较大。

对于空间尺度的选择是一个复杂的问题。本研究中比较明显的是灌木林景观与草地景观的相互关系随在空间尺度的变化而变化幅度较大。结果表明: 200 m × 200 m 到 400 m × 400 m 空间尺度间发生正负转化的次数为 4 次; 600 m × 600 m 到 800 m × 800 m 空间尺度间发生正负转化的次数为 3 次; 800 m × 800 m 到 1 000 m × 1 000 m 空间尺度间发生正负转化的次数为 11 次。可见 800 m × 800 m 到 1 000 m × 1 000 m 空间尺度的取样变化对结果有较大的影响, 较不稳定。本研究是以研究斑块的重心点的位置来确定斑块是属于哪个区域, 所以实际上是以点的空间位置的相互关系来研究要素斑块的空间关联性, 这与物种分布的空间关联性的研究原理一致, 所以, 各种景观要素点的密度大小与每个类型要素斑块的平均面积的大小相互影响, 保护区中的马尾松林景观、杉木林景观、硬阔叶林景观、软阔叶林景观、黄山松林景观、毛竹林景观、茶园景观、其他经济林景观、灌丛景观、草地景观的斑块平均值分别为 20.210 7, 11.435 4, 18.956 6, 17.977 1, 17.987 3, 3.854 2, 13.006 3, 2.895 8, 20.056 1 和 19.279 1 hm², 总的植被景观斑块的平均面积为 17.371 8 hm²。比较 1990 年和 1997 年的植被类型分布图^[8], 可知马尾松林斑块减少了 10 块, 杉木林增加了 7 块, 阔叶林增加了 123 块, 黄山松林减少了 3 块, 毛竹林增加了 39 块, 灌木林增加了 16 块, 草地减少了 29 块, 其中由非植被斑块转化而来的有 81 块。由于保护区内外力干扰较少, 所以很多变化是植被斑块间相互作用及植物种类间的相互作用而发生的。可以定性地认为: 马尾松林与杉木林、阔叶林、毛竹林、灌木林间存在着负相关性, 但强弱程度要根据其与各植被类型间的镶嵌程度及方式等而定, 马尾松林与茶园、草地景观间存在较弱的正相关性。很多植被景观中马尾松林斑块与杉木林斑块都在植物群落中占有较大比例, 如果马尾松占的比例较大便为马尾松林

斑块, 杉木占的比例较大便为杉木林斑块, 在某些条件下两者是可能发生相互转化的, 所以会出现负关联的状况。阔叶林与马尾松林、杉木林间是存在着比较明显的负向关联, 阔叶林一般都是向针叶林逐步入侵, 并在可能的条件下成为群落的优势树种, 另一个比较明显的标志应该是毛竹林, 毛竹林的扩展繁殖能力比较强, 且一般为人工林, 人为促进其扩散, 所以几乎与其他7种都存在着竞争关系。综合以上分析可以看出对于武夷山自然保护区植被景观要素类型间的两两关联分析, 比较合理的取样尺度应为600 m × 600 m 的空间尺度, 这一点从平均面积的分析中也可以看出较为合理。几对景观类型两两相关性在600 m × 600 m 尺度空间上出现了正负拐点, 如果空间尺度太小, 一个样方有可能被样地内较大的斑块完整覆盖而无法求出两两斑块类型间的相关性, 从表2可以看出: 200 m × 200 m 和400 m × 400 m 空间尺度对于草地景观、灌木景观等敏感的景观类型发生了波动较大的现象, 而较大的空间尺度对研究问题的准确性降低。

3.2 景观斑块面积总体空间关联分析

利用方差比的方法对植被景观在不同分类级别上的全局关联度的研究, 如表3所示。一级分类的5种景观要素间是存在负相关性, 但在二级分类和三级分类标准下, 景观类型总体呈现出了正相关性, 这似乎与我们所预想的有所差异。景观类型间两两相关性在多数景观类型间表现出了负相关性, 而总体地分析时却只有在一级分类标准下呈负相关, 二级分类和三级分类均为正相关。这主要是由于武夷山自然保护区约90%的植被面积均为绝对保护区域, 为核心区和实验区, 人为干扰非常少, 而且是在固定的区域内, 对整个保护区的生态系统不构成大的威胁, 而自然保护区内的植被景观生长状态非常理想。可见, 虽然不同类型的植被景观的竞争不可避免, 尤其对于生态位有所重叠的物种间, 这是生物本能, 保护区整体植被斑块处于优化状态, 所以呈现出了正相关的特性。而在一级分类上出现的负相关, 可见分类标准及体系的建立对分析景观空间关系的影响比较大, 建议以后的类似研究要慎重选择分类标准, 反复验证自己的分类标准的合理性。

表3 植被景观间总体空间关联

Table 3 Overall association among landscape types

分类级别	景观类型数	方差比率	检验统计量	关联状况
一级分类景观要素类型	5	0.651 2	485.795 2	负相关
二级分类景观要素类型	7	1.492 4	1 113.330 4	正相关
三级分类景观要素类型	21	1.231 2	918.475 2	正相关

4 结论与建议

为了探讨景观要素类型间斑块面积间空间关联性的强弱的尺度效应, 本研究设计了200 m × 200 m, 400 m × 400 m, 600 m × 600 m, 800 m × 800 m 和1 000 m × 1 000 m 的系列空间尺度, 景观要素分为10类。结果表明: 景观要素类型两两间的空间关联性的强弱是随着取样尺度变化而有所变化, 不同的要素类型间关联性随空间尺度的变化的幅度也有所不同。景观要素破碎程度越大对尺度空间变化越是敏感。综合分析变化的拐点、标志性的空间关联关系和保护区斑块的平均大小等情况, 作者建议对于相关问题分析应采取600 m × 600 m 的空间尺度。分析过程中, 深刻感觉到问题的复杂性和深刻性, 所以建议在条件允许的情况下, 可以对确定的两两类型间进行差异性的取样尺度分析。

利用方差比方法分析植被景观在不同分类级别上的全局关联性, 结果表明: 只有在一级分类的5个要素时全局是负相关的, 其他2个级别上都是正相关的。全局的关联性是对一个整体植被景观格局稳定性、系统协调性的探讨, 采用3个分类级别, 旨在通过对3个分类尺度的合理性分析, 得出全局关联性与分类级别的关系。根据植被景观实际情况分析, 一级分类尺度对此类问题的研究较不适合。本研究表明武夷山自然保护区植被的生长情况非常良好, 景观结构比较合理、景观功能性良好。

参考文献:

- [1] 刘小生, 任海峰, 陈棉. 用空间分析方法进行空间关联规则提取[J]. 测绘通报, 2007 (5): 19–21.

- LIU Xiaosheng, REN Haifeng, CHEN Mian. Extraction of spatial association rules by the method of spatial analysis [J]. *Bull Surveying Map*, 2007 (5): 19 – 21.
- [2] 张金屯. 植被数量生态学方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1996: 32 – 49.
- [3] 陈利顶, 傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析 [J]. 生态学报, 1996, **16** (4): 337 – 344. CHEN Liding, FU Bojie. Analysis of impact of human activity on landscape structure in Yellow River Delta: a case study of dongying region [J]. *Acta Ecol Sin*, 1996, **16** (4): 337 – 344.
- [4] 沈泽昊. 山地森林样带植被——环境关系的多尺度研究 [J]. 生态学报, 2002, **22** (4): 461 – 470. SHEN Zehao. A multi-scale study on the vegetation-environment relationship of a mountain forest transect [J]. *Acta Ecol Sin*, 2002, **22** (4): 461 – 470.
- [5] 何东进. 武夷山风景名胜区的景观格局动态及其环境分析 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2004. HE Dongjin. *Study on the Dynamic of Landscape Pattern and Its Environmental Analysis in the Wuyishan Scenery District* [D]. Haerbin: Northeast Forestry University, 2004.
- [6] 汪永华, 陈北光. 广州白云山风景区植被景观空间关联分析 [J]. 山地学报, 2003, **21** (4): 416 – 417. WANG Yonghua, CHEN Beiguang. Spatial correlation among vegetation landscape in Baiyunshan Scenic Spot, Guangzhou [J]. *J Mount Sci*, 2003, **21** (4): 416 – 417.
- [7] 汪永华. 海南岛东南海岸带植被景观空间关联分析 [J]. 长江大学学报: 自然科学版, 2005, **2** (5): 61 – 64. WANG Yonghua. Spatial correlation among vegetation landscapes in South-East Coastal Zone, Hainan Island [J]. *J Yangtze Univ Nat Scie Ed*, 2005, **2** (5): 61 – 64.
- [8] 张春英. 武夷山自然保护区景观安全格局、动态及景观安全系统研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2008. ZHANG Chunying. *Landscape Security Pattern, Dynamic and Security System in Wuyishan World Natural Reserve* [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2008.
- [9] 何建源, 兰思仁, 刘初钿, 等. 武夷山研究: 自然资源卷 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1994: 33 – 64.
- [10] 张春英, 洪伟, 吴承祯, 等. 世界双遗产地景区系统空间结构的分形特征研究 [J]. 中国生态农业学报, 2009, **17** (1): 1 – 7. ZHANG Chunying, HONG Wei, WU Chengzhen, et al. Fractal features of scenic spatial construction in Wuyishan World Natural and Culture Heritage [J]. *Chin J Eco-Agric*, 2009, **17** (1): 1 – 7.
- [11] 王仰麟. 景观生态分类的理论与方法 [J]. 应用生态学报, 1996, **7** (增刊): 121 – 126. WANG Yanglin. Theory and method of landscape ecology classification [J]. *Chin J Appl Ecol*, 1996, **7** (supp): 121 – 126.
- [12] 肖笃宁, 钟林生. 景观分类与评价的生态原则 [J]. 应用生态学报, 1998, **9** (2): 217 – 221. XIAO Duning, ZHONG Linsheng. Ecological principles of landscape classification and assessment [J]. *Chin J Appl Ecol*, 1998, **9** (2): 217 – 221.
- [13] COX G W. 普通生态学实验手册 [M]. 蒋有绪, 译. 北京: 科学出版社, 1979: 106 – 108.