

文章编号: 1008 - 2786 - (2011)6 - 677 - 11

武夷山风景名胜区景观格局演变与驱动机制

游巍斌¹, 何东进^{1*}, 黄德华², 洪伟¹, 詹仕华¹, 巫丽芸¹, 覃德华³, 陈炳容⁴, 俞建安⁴, 蒋鑫¹

(1. 福建农林大学, 福建 福州 350002; 2. 福建省地质遥感与地理信息中心, 福建 福州 353001;
3. 河南科技大学农学院, 河南 洛阳 471003; 4. 武夷山风景名胜区管理委员会, 福建 武夷山 354300)

摘 要: 在运用 3S 技术对世界自然文化和文化遗产地——武夷山风景名胜区进行景观生态分类的基础上, 比较分析了风景区 1986、1997、2009 年三个关键时期的景观要素、空间格局及其演变规律, 揭示了武夷山风景名胜区不同发展阶段景观格局变化特征, 进一步探讨了导致格局演变的驱动机制。结果表明: ①近 23 年来, 风景区茶园、建设用地大面积持续增加, 马尾松林、农田、裸地大面积减少; ②1986—1997 年, 马尾松向茶园、农田向建设用地、杉木林向茶园转移面积居前三位, 分别为 294.80 hm²、176.73 hm²、152.68 hm²; 茶园面积增加量最大(增加了 577.93 hm²), 建设用地次之(增加了 358.73 hm²), 杉木林面积减少量最多(减少了 431.87 hm²), 农田次之(减少了 248.01 hm²); 此阶段茶园只为输入景观, 风景区景观变幅大, 受人为干扰特别显著。③1997—2009 年, 杉木林向茶园、农田向茶园、灌草层向马尾松林转移面积居前三位, 分别为 280.82 hm²、96.65 hm²、76.15 hm²; 此期间茶园增加面积最多(增加了 360.81 hm²), 农田面积减少最多(减少了 318.87 hm²); 该阶段景观变化幅度较 1986—1997 年减小, 人为干扰有所减弱。④23 年来不同景观类型特征及其变化各异, 主要表现为农田破碎度增加, 建设用地趋于规则化, 茶园受到干扰显著, 河流景观形状最为复杂且受干扰小; 景观多样性程度提高, 景观类型空间分布呈均匀化趋势。⑤自然环境的制约作用、经济利益驱动下的生产行为模式转变、人口和旅游发展带来的开发建设、政策法规和管理的导向作用等是武夷山风景名胜区景观格局演变的主要驱动原因。

关键词: 武夷山风景名胜区; 3S 技术; 景观格局; 演变; 驱动

中图分类号: P901

文献标识码: A

景观格局研究一直以来都是景观生态学研究的重要领域之一^[1-3]。景观空间格局既是景观异质性的具体体现, 又是多种生态过程在不同尺度上作用的最终结果。景观格局变化决定着景观功能变化, 同时景观功能的改变反过来又对景观格局的形成产生影响。景观要素极其空间格局与斑块内部或斑块间的物质和能量交换、生物多样性、斑块稳定性与周转率等均有密切联系^[4-6]。因此, 通过对景观空间格局的研究对于了解各景观要素的复杂性、稳定性

和破碎化程度及其受自然和人为干扰作用等具有重要现实意义。

武夷山 1987 年加入联合国教科文组织《人与生物圈计划》, 1999 - 12 被联合国教科文组织世界遗产委员会列入《世界自然遗产与文化遗产名录》, 是目前全国面积最大的世界遗产地, 也是继泰山、黄山、峨眉山 - 乐山大佛之后, 第 4 个被列入世界双重遗产名录之山。本课题组在植物群落结构及其生态环境^[7-9]、生态旅游及游客特征^[10-11]、环境质量及

收稿日期 (Received date): 2011 - 05 - 11; 改回日期 (Accepted): 2011 - 09 - 18。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金资助项目 (30870435); 福建省科技厅重点资助项目 (2009N0009); 教育部博士学科点专项基金项目 (20103515110005); 福建省自然科学基金项目 (2008J0116)。[Supported by the Nation Natural Science Foundation of China (No. 30870435), the Key Project of Science and Technology of Fujian (No. 2009N0009), Ph. D. Programs Foundation of Ministry of Education of China (No. 20103515110005), and the Natural Science Foundation of Fujian (No. 2008J0116).]

作者简介 (Biography): 游巍斌 (1984 -), 男, 汉族, 博士研究生, 主要从事景观生态学与森林生态学研究。[Yóu Weibin (1984 -), male, Ph. D. candidate, major in landscape ecology and forestry ecology.] E-mail: youweibin@163.com

* 通讯作者 (Correspondence author): 何东进 (1969 -), 男, 汉族, 教授、博导。[He Dongjin (1969 -), Ph. D. professor.] E-mail: fjhdj1009@126.com

生态安全评价^[12-14]、生态系统服务功能^[15]以及景观生态等^[16-20]等领域对武夷山遗产地重要组成之一的武夷山风景名胜区(简称风景区)做了大量研究工作。不同阶段风景区发展规划建设、游客旅游活动、区内居民生产生活方式存在差异,从而形成了风景区各阶段特有的生态学过程和景观格局特征。然而,以往对风景区景观格局动态研究由于时间短,在较大时间尺度上全面揭示格局演变规律方面还有不足。因此,本文选择武夷山世界文化和自然遗产地中受自然和人类等生态过程作用最为强烈和频繁的风景区为研究对象,对1986年(城乡建设环境保护部下达了关于《武夷山风景名胜区总体规划》的批复),1997年(开始申报世界遗产)、2009年(最新一期)三个关键时期的景观要素特征及其空间格局演变规律进行分析;这对于理解风景区景观形成机制,尤其是理解风景区内人类活动与景观结构之间的关系,揭示风景区格局变迁的驱动机制具有重要的理论价值和指导意义,以期为协调遗产地的开发和保护关系,科学管理与发展规划等提供参考。

1 研究区概况

武夷山位于福建省北部,117°24'12"~118°02'50"E,27°32'36"~27°55'15"N,面积99 975 hm²,包括东部风景名胜区、中部九曲溪生态、西部生物多样性以及城村闽越王城遗址等4个保护区,平均海拔1 200 m,中山地貌,属典型的亚热带季风气候,年平均气温在8.5~18℃,年降雨量一般在1 482~2 150 mm,局部地方高达3 000 mm以上,年蒸发量为1 000 mm左右,相对湿度78%~84%,无霜期253~272 d。它是全球同纬度带最完整、最典型、面积最大的中亚热带原生性森林生态系统,是世界生物多样性保护的关键地区。研究区其他概况详见课题组前期的研究文献^[4-15]。

2 研究方法

2.1 数据来源和预处理

以1986年风景区1:2.5万林业基本图、1997年风景区1:1万林业基本图、《福建省武夷山风景名胜区总体规划(修订)》(1998年着手编制)、中国科学院地理信息数据平台获取的TM遥感图(1986、

1997、2009年3个时期)、2009年风景区内1:1万土地利用图作为景观生态分类的基础图件资料。景观信息提取过程:确定研究区域,建立景观分类体系。对于非遥感数据源,在地理信息系统软件ARC-GIS支持下,采用扫描并矢量化的方式把林业基本图输入Arc/Info系统,经地图配准、建立拓扑、编辑、编码后,以此作为生态环境特征遥感解译的辅助资料。遥感数据源采用ERDAS IMAGINE 9.1软件进行监督分类,结合利用地形图、土地利用图等解译了3期遥感影像。叠加矢量分类图和监督分类图进一步精分类,最终获得武夷山风景名胜区3个时期景观类型分类图(图1)。

2.2 景观类型划分

在课题组前期研究的基础上^[16-20],参考《福建省森林资源规划设计调查和森林经营方案编制技术规定》,并结合风景区自身特点进行景观生态分类。武夷山风景名胜区景观类型分为(表1):裸地、杉木林、马尾松林、阔叶林、竹林、灌草层、经济林、茶园、农田、建设用地、水体。考虑到灌木层、绿化草本层在风景区植被景观层次感和美学方面的重要作用,在原来分类的基础上,增加灌草层这一类景观类型。

2.3 景观格局指数

景观指数是能够高度浓缩景观格局信息、反映其结构组成和空间分布特征的定量指标^[21]。根据研究区特点,选择斑块密度(Patch density, PD)、斑块形状指数(Landscape shape index, LSI)、分维数(Fractal dimension, FRAC)、破碎度指数(Fragmentation index, FN)、分离度指数(Separation index, SI)、周长面积分维(Perimeter Area Fractal Dimension, PAFRAC)、蔓延度指数(Contagion Index, CONTAG)、香农多样性指标(Shannon's diversity index, SHDI)、香农均匀度指标(Shannon's evenness index, SHEI)、景观优势度(dominance index, DI)等景观格局指数,借助Fragstats 3.3景观格局指数计算软件和Excel数据处理软件完成计算,计算公式见文献^[18-19]。运用ARCGIS中spatial Analyst Tools工具下的Zonal-tetubate area模块,计算转移概率矩阵。

3 结果与分析

3.1 景观类型斑块结构动态

3.1.1 景观类型斑块基本特征变化

为了分析简洁,把1986—1997年作为风景区发

展的第一阶段,称1997年前;1997—2009年为风景区发展的第二阶段,称1997年后。武夷山风景名胜区景观类型斑块特征及变化见表1,图2。

1986年时景观面积比率居前五位的景观类型依次为马尾松林、农田、杉木林、水体、裸地;1997年时景观面积比率居前五位的景观类型为马尾松林、农田、茶园、建设用地、水体;2009年时则为马尾松林、茶园、建设用地、农田、水体。这23年来,茶园、建设用地面积持续增加,农田、裸地面积不断减少,作为基质景观的马尾松林面积不断减少。茶园、建设用地1997年后面积增加量小于1997年前面积增加量;农田1997年后面积减少量小于1997年前面积减少量;1997年前杉木林大量减少,损失近92%。斑块面积变异系数反映某类型景观斑块间的面积差异程度。1986年时斑块面积变异系数居前四位的景观为马尾松林、农田、杉木林、裸地;1997年时为马尾松林、农田、茶园、灌草层;2009年时为马尾松林、农田、建设用地、茶园。比较三时期分别居前四位的斑块面积变异系数发现:三个时期马尾松林景观斑块间面积变异系数最大,河流景观只有一个斑块变异系数因而最小,其他景观类型斑块面积变异系数规律较不明显。

1986年时斑块数量居前三位的景观类型为农田(120块)、茶园(75块)、杉木林(68块),1997年和2009年时居前三位的景观类型均为茶园、农田、马尾松林。茶园斑块数增加最多,1986年时茶园仅

75块,1997年时增加到180块,而2009年时又增加了92块;1997年后建设用地斑块增加数量小于1997年前,1997年后马尾松林、灌草层、经济林增加斑块数大于1997年前。从斑块总体变化程度来看,1997年后裸地、杉木林、马尾松林、灌草层、茶园、农田、建设用地的变化程度比1997年前小,结合面积变化情况说明1986—1997年期间是风景区景观格局变化较大的时期。1997年前,杉木林斑块数量和斑块面积减少最多,分别减少了47块、431.87 hm²,茶园斑块数和面积增加的最多,分别增加了105块、577.94 hm²;1997年后,农田面积减少的最多(减少了318.87 hm²);茶园面积增加的最多(增加了360.81 hm²),斑块数也随之增加。从斑块周长来看,三个时期均为基质景观马尾松林总周长最长,农田景观次之。各年中景观类型周长居于前三位的分别为1986年的马尾松林、农田、杉木林,1997年的马尾松林、农田、茶园,2009年的马尾松林、茶园、农田。除基质景观马尾松外,其他景观类型斑块总周长与斑块数量密切相关,变化方向一致,即斑块数量越多,总周长越长,反之亦然。各时期周长变异系数居于前三位的均为马尾松林、建设用地、农田。

3.1.2 景观类型斑块结构变化

斑块密度表征斑块的破碎程度^[18],斑块密度越大,景观类型越破碎。1986—2009年,除茶园外,各景观类型斑块密度均有增加(表1,图3)。1997年前斑块密度变化程度居前三位的景观类型是茶园

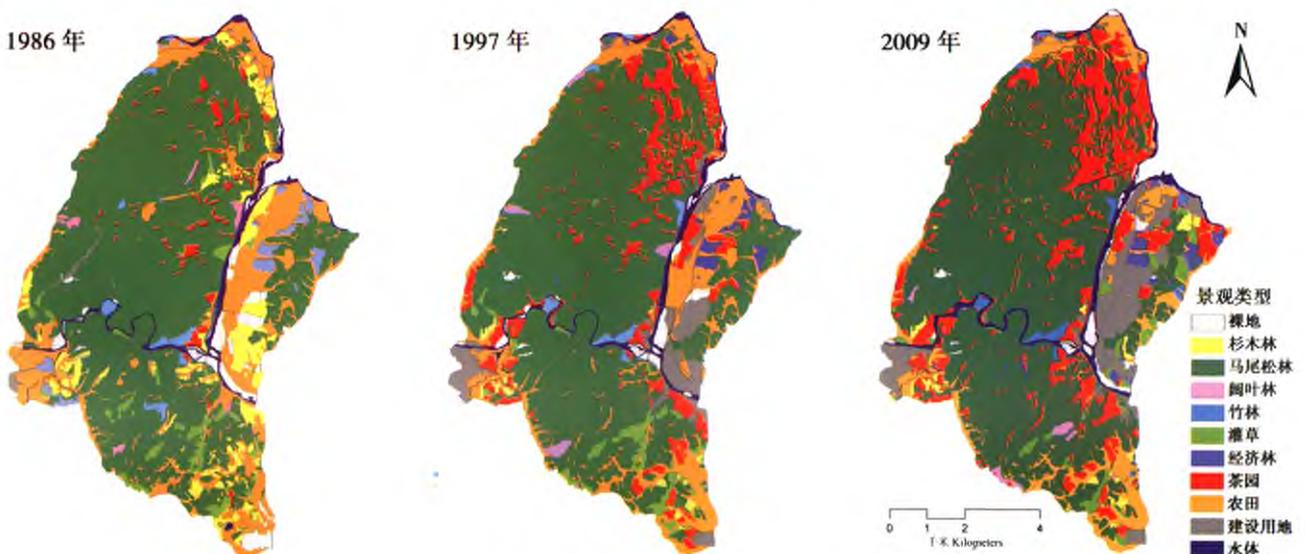


图1 1986、1997、2009年武夷山风景名胜区景观类型分类图

Fig. 1 Landscape ecological classification in Wuyishan Scenery District in 1986, 1997 and 2009

(-27.3338 hm^2) (括弧中的“+”、“-”表示变化量的增加与减少)、杉木林($+26.8655 \text{ hm}^2$)、阔叶林(-9.9750 hm^2)。1997年后斑块密度变化程度

列前三位的景观类型是灌草层($+23.2953 \text{ hm}^2$)、经济林($+18.6926 \text{ hm}^2$)、阔叶林($+16.5253 \text{ hm}^2$)。马尾松林作为基质景观斑块密度在三个时期

表1 武夷山风景名胜区景观类型斑块特征及格局指数

Table 1 Characteristics of landscape classes and pattern index in Wuyishan Scenery District

Type	Year	NP	TA	PL	MA	MCV	AP	TP	PCV	PD	LSI	SI	FN	FRAC
裸地 A	1986	37	208.78	2.96	5.64	1.41	1.11	40.89	0.71	17.7217	8.7617	0.0122	0.0155	1.1006
	1997	24	102.88	1.46	4.29	1.18	1.06	25.36	0.41	23.3291	7.5690	0.0200	0.0201	1.1088
	2009	29	95.65	1.36	3.30	1.32	0.97	28.14	0.84	30.3195	8.8827	0.0236	0.0263	1.1159
杉木 B	1986	68	483.16	6.86	7.11	1.52	1.50	102.17	0.94	14.0739	14.5330	0.0072	0.0125	1.1122
	1997	21	51.30	0.73	2.44	0.96	0.72	15.03	0.63	40.9394	6.6376	0.0375	0.0351	1.0953
	2009	24	76.36	1.08	3.18	1.05	0.83	19.85	0.74	31.4285	7.0829	0.0269	0.0271	1.0852
马尾松 C	1986	55	4353.24	61.77	79.15	4.83	5.59	307.66	3.39	1.2634	14.4837	0.0007	0.0011	1.1268
	1997	45	4238.61	60.14	94.19	4.26	6.63	298.52	3.36	1.0617	14.3620	0.0007	0.0009	1.1262
	2009	68	4001.78	56.82	58.85	5.34	4.72	320.69	4.34	1.6992	15.8186	0.0009	0.0015	1.1352
阔叶林 D	1986	7	34.49	0.49	4.93	0.80	1.43	10.01	0.51	20.2932	5.2851	0.0322	0.0157	1.1497
	1997	5	48.46	0.69	9.69	0.65	1.62	8.11	0.28	10.3182	3.7204	0.0194	0.0074	1.1310
	2009	10	37.25	0.53	3.73	1.30	0.91	9.14	0.83	26.8435	4.7061	0.0356	0.0217	1.1192
竹林 E	1986	7	62.78	0.89	8.97	0.86	1.60	11.18	0.73	11.1508	4.3691	0.0177	0.0086	1.0861
	1997	10	59.11	0.84	5.91	1.20	1.36	13.59	0.77	16.9164	5.4545	0.0225	0.0137	1.1424
	2009	16	75.96	1.08	4.75	1.21	1.20	19.21	0.81	21.0647	6.8883	0.0221	0.0178	1.1084
灌草 F	1986	46	198.76	2.82	4.32	1.40	1.13	51.85	1.07	23.1435	11.5124	0.0143	0.0204	1.1072
	1997	35	174.20	2.47	4.98	1.80	1.16	40.43	1.26	20.0917	9.6686	0.0143	0.0176	1.0999
	2009	67	154.42	2.19	2.30	1.65	0.74	49.51	0.92	43.3870	12.3514	0.0222	0.0385	1.1358
经济林 G	1986	23	124.44	1.77	5.41	1.04	1.10	25.20	0.70	18.4829	7.0425	0.0162	0.0159	1.0972
	1997	23	102.11	1.45	4.44	1.23	0.95	21.76	0.75	22.5252	6.7753	0.0197	0.0194	1.1066
	2009	42	101.90	1.45	2.43	1.83	0.66	27.52	0.89	41.2178	8.5050	0.0267	0.0362	1.1050
茶园 H	1986	75	143.44	2.04	1.91	1.34	0.82	61.36	0.64	52.2863	15.9916	0.0253	0.0464	1.1470
	1997	180	721.37	10.24	4.01	2.02	1.08	195.05	1.31	24.9524	22.6251	0.0078	0.0223	1.1323
	2009	272	1082.18	15.37	3.98	2.37	1.07	290.18	1.52	25.1344	26.8898	0.0064	0.0225	1.1279
农田 I	1986	120	1147.32	16.28	9.56	3.05	2.25	270.56	1.87	10.4591	24.5414	0.0040	0.0093	1.1563
	1997	124	899.23	12.76	7.25	3.25	1.95	241.57	2.24	13.7896	25.1328	0.0052	0.0123	1.1565
	2009	131	580.36	8.24	4.43	2.82	1.28	168.30	1.87	22.5721	21.8465	0.0083	0.0202	1.1407
建设用地 J	1986	6	76.74	1.09	12.79	1.17	9.96	59.75	1.88	7.8187	21.4265	0.0134	0.0059	1.2184
	1997	43	435.47	6.18	10.13	1.77	2.74	117.88	3.12	9.8743	15.7621	0.0063	0.0087	1.1408
	2009	66	590.61	8.39	8.95	2.45	2.37	156.33	3.54	11.1748	16.8938	0.0058	0.0099	1.1285
水体 K	1986	1	214.18	3.04	214.18	0.00	74.54	74.54	0.00	0.4669	15.9741	0.0020	0.0000	1.2374
	1997	1	215.35	3.06	215.35	0.00	76.77	76.77	0.00	0.4644	16.3540	0.0019	0.0000	1.2373
	2009	1	245.89	3.49	245.89	0.00	80.36	80.36	0.00	0.4067	15.9139	0.0017	0.0000	1.2373

注:A:裸地;B:杉木林;C:马尾松林;D:阔叶林;E:竹林;F:灌草层;G:经济林;H:茶园;I:农田;J:建设用地;K:水体(河流)。NP:斑块个数(个);TA:斑块类型总面积(hm^2);PL:斑块类型面积百分比(%);MA:平均斑块面积(hm^2);MCV:斑块面积变异系数;PCV:斑块周长变异系数;TP:斑块类型面积总周长(km);PD:斑块密度(个/ km^2);LSI:斑块形状指数;FRAC:平均分维数;FN:破碎度 SI:分离度,下同 The same below.

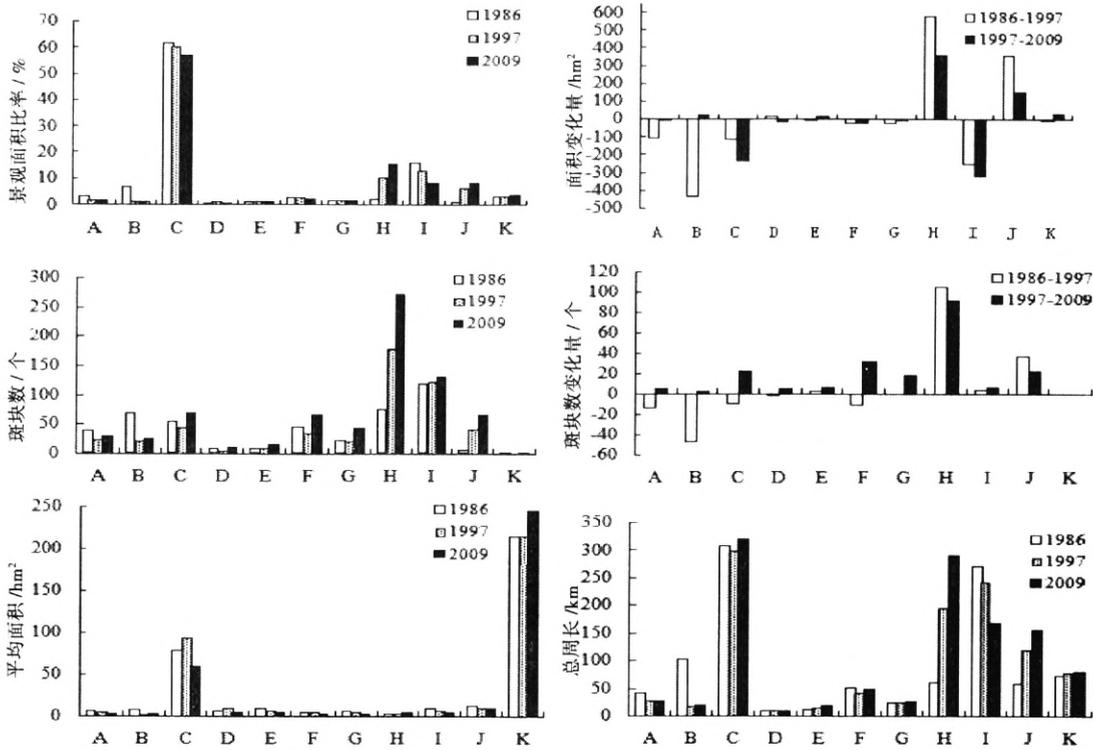


图2 景观类型斑块基本特征及变化

Fig.2 Landscape classes basic characteristics and their dynamic change

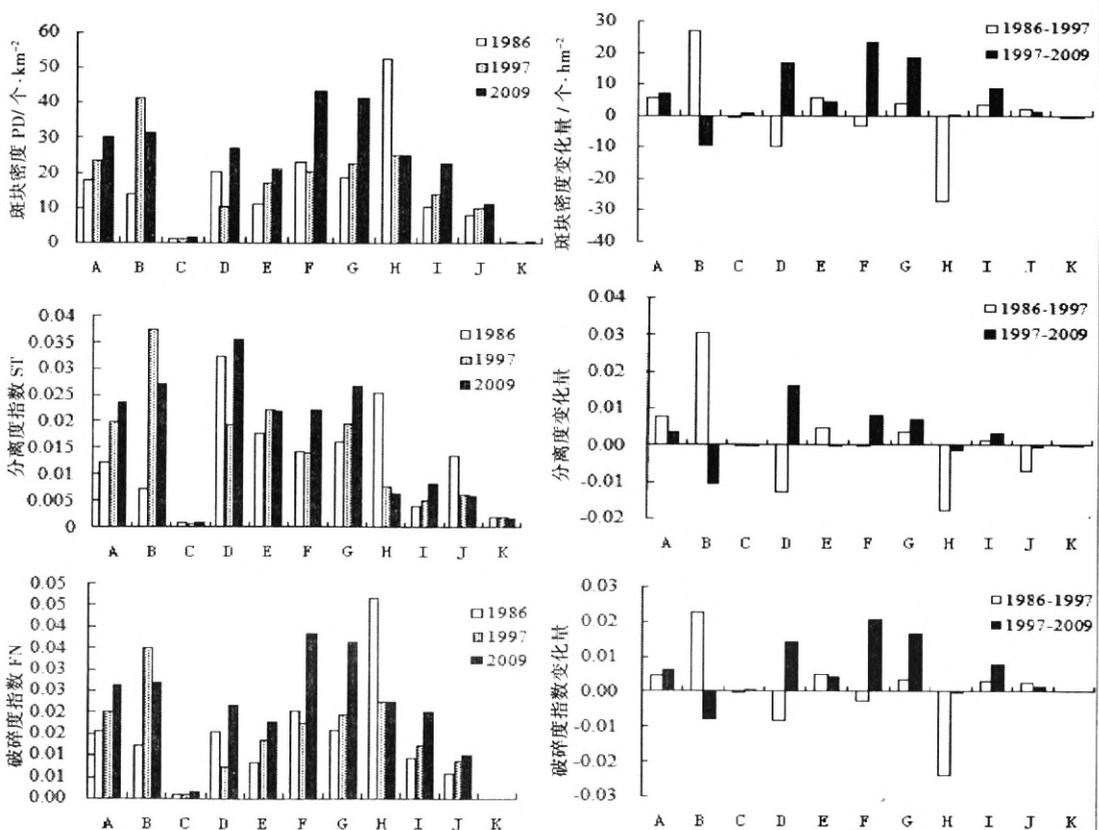


图3 景观类型斑块结构指数及变化

Fig.3 Landscape class index and its dynamic change

中均保持最小。

破碎度指数为 0 表示某一类型或景观总体未受破坏,为 1 表示完全受破坏^[18]。1986—2009 年来,马尾松林、裸地、竹林、经济林、农田、建设用地破碎度指数均呈上升趋势。1986 年时茶园多呈自然状态零星分布于风景区内,破碎度指数为三个时期最大(0.046 4),随茶园斑块数量增加的同时,茶园面积与 1986 年相比,增加了近 3.5 倍,1986—1997 年茶园破碎度指数变化程度最大,可判断此时期茶园格局受到干扰明显。23 年来建设用地破碎度不断增加,这与风景区这期间为发展旅游而不断建设旅游服务基础设施密切相关;水体景观形状复杂,分维数均为各时期最大,干扰程度小,受到较好保护。分离度指数表明某一景观中不同斑块个体空间分布的离散程度。分离度指数值越大,表示斑块离散,斑块之间的距离越大。1997 年前分离度指数变化程度居前三位的景观类型是杉木林(+0.030 3)、茶园(-0.017 5)、阔叶林(-0.012 8)。1907 年后分离度指数变化程度居前三位的景观类型是阔叶林(+0.016 2)、杉木林(-0.010 6)、灌草层(+0.008 0)。三个时期茶园和建设用地的变化趋势呈反 J 型,即表现为 1997 年增加程度迅速减小,1997 年后变为缓慢减小。农田则为 J 型变化趋势,即 1997 年前增加程度较小,1997 年后增加程度迅速增大。河流景观的分离度指数、破碎度指数、斑块密度变化程度均为三个时期中最小。

景观类型结构指数变化各异,这与景观类型受到的干扰关系密切,特别是人为干扰。1986—1997 年因风景区快速发展旅游及茶叶经济的利益驱动,风景区用地矛盾凸显,马尾松林、杉木林、裸地等被大面积占用于修建房屋、公路、种植茶叶,景观破碎度增加。1997—2009 年管理部门意识到风景区快速发展带来的生态环境问题危害性,因而更加科学合理规划风景区旅游开发建设,加大保护宣传力度,对风景区人类活动进行引导、监督,并取得显著成效。此阶段风景区内茶园扩张有所减缓,风景区整体破碎度程度下降。

3.2 景观总体结构动态

3.2.1 景观总体异质性变化

由表 2 可知,23 年来武夷山风景名胜景区景观总体斑块数不断增加,1986—1997 年风景区斑块增加了 215 块,1997—2009 年间又增加了 66 块。风景区分维数、多样性指数、均与度指数均呈增加趋势,

表明这 23 年来风景区景观类型组成日趋复杂化,多

表 2 景观总体异质性指数

Table 2 Landscape heterogeneity index in Scenery District

YEAR	NTP	PAFRAC	CONTAG	SHDI	SHEI	DI
1986	445	1.211 0	69.844 4	1.4166	0.570 1	1.0683
1997	511	1.217 6	69.262 0	1.442 3	0.580 4	1.042 6
2009	726	1.236 5	68.480 8	1.478 6	0.595 0	1.006 3

注:NTP:斑块总数(number of total patch);FR:景观丰富度;Patch richness;PAFRAC:周长面积分维(Perimeter Area Fractal Dimension);CONTAG:蔓延度(Contagion Index);SHDI:香农多样性指标(Shannon's diversity index);SHEI:香农均匀度指标(Shannon's evenness index);DI:景观优势度(dominance index)

表 3 1986—1997 年间景区转移概率矩阵

Table 3 Matrix of transition probabilities between 1986 and 1997

Type	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	47.7	-	1.3	-	-	-	-	8.3	9.4	32.7	0.6
B	-	8.0	28.1	-	-	1.2	1.2	31.7	6.7	23.1	-
C	-	0.1	91.2	0.7	-	0.6	-	6.8	0.4	0.3	-
D	-	-	54.3	15.2	29.8	-	-	-	0.7	-	-
E	-	-	28.3	-	70.1	-	-	0.7	0.8	-	-
F	-	-	13.2	5.9	-	66.9	0.2	7.8	2.0	4.0	-
G	-	-	-	-	-	-	77.0	23.0	-	-	-
H	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-
I	0.1	0.9	4.3	-	0.4	0.6	-	5.9	71.8	15.5	0.5
J	2.8	-	20.5	-	0.2	-	-	1.9	1.1	71.0	2.5
K	-	-	1.3	-	-	1.4	-	-	0.3	0.6	96.4

表 4 1997—2008 年间景区转移概率矩阵

Table 4 Matrix of transition probabilities between 1997 and 2008

Type	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	39.9	-	2.4	-	-	3.1	-	4.2	1.9	21.1	27.4
B	-	90.7	0.5	-	-	-	-	8.4	-	0.2	0.2
C	-	0.6	89.8	-	0.2	1.3	0.4	6.6	0.4	0.4	0.3
D	-	-	95.1	-	-	-	-	3.4	-	-	1.5
E	1.0	-	4.2	-	86.0	-	-	3.4	-	-	5.4
F	-	0.3	43.7	21.1	-	28.7	-	3.5	0.2	1.4	1.2
G	-	-	4.2	-	10.1	3.3	60.7	18.1	-	2.3	1.2
H	-	-	7.2	-	0.1	1.7	0.6	88.3	0.8	0.7	0.7
I	1.8	0.4	0.7	-	0.4	1.2	0.8	10.8	59.4	22.6	1.9
J	4.5	-	1.3	-	0.1	3.8	2.5	5.4	4.8	76.0	1.6
K	8.6	-	0.4	-	0.5	1.5	-	3.2	1.8	3.4	80.5

注:“-”表示景观类型间没有转移或转移极少

样性程度提高;景观类型空间分配呈均匀化趋势,优势度指数的不断下降也可以说明这一点。CONTAG指标描述不同景观斑块类型的团聚程度或延展趋势。一般来说,高蔓延度值说明景观中的某种优势斑块类型形成了良好的连接性;反之则表明景观是具有多种要素的密集格局,景观的破碎化程度较高^[21]。武夷山风景名胜区蔓延度指标不断减小,可见风景区的连续性有所降低,景观破碎化程度增加,这与风景区斑块数和优势度指标反映的结果一致。

3.2.2 景观类型动态演化

1986—2009年,马尾松林向茶园转化面积536.51 hm²,农田向建设用地转化面积323.47 hm²,杉木林向茶园转化面积165.94 hm²,转化面积总体趋势增加。1997年前各景观类型的转化的面积均>1997年后转化的面积,也一定程度表明1997年前风景区景观变化较1997年后剧烈,这与前文斑块特征及其结构变化研究结果一致。

1986—1997年,各景观类型间面积转化居前三位的为:马尾松林向茶园转化面积294.80 hm²,农田向建设用地转化面积176.73 hm²,杉木林向茶园转化面积152.68 hm²。杉木林主要向茶园、马尾松林、建设用地转化自身面积的31.7%、28.1%、23.1%;马尾松林主要向茶园、灌草层、农田转化自身面积的6.8%、0.6%、0.4%;经济林只向茶园转化了23.0%的面积;茶园只有输入转化,没有向外输出转化,1997年茶园中有71.4%的面积来自马尾松林、杉木林和农田;农田主要向建设用地、茶园转化自身面积的15.5%、5.9%;而建设用地主要向马尾松林转化自身面积的20.5%,1997年建设用地中分别有41.4%、26.0%、16.0%、11.9%的面积由农田、杉木林、裸地和建设用地转化而来;水体景观基本没有转移。此阶段马尾松林、农田、杉木林、裸地为主要输出景观,茶园、建设用地、农田、马尾松林为主要输入景观,其中茶园只有输入,没有输出,农田、马尾松林即为输入景观,又是输出景观,农田在输出成为建设用地、茶园的同时,又有主要来自马尾松林、裸地的输入。杉木和茶园、建设用地、农田毗邻,故它们之间转化较多;马尾松林作为基质景观与周围各景观类型发生频繁密切的作用,马尾松林与人工景观间的转化是由于人类利用方式的转变所致,如马尾松林与茶园、农田间的转化,而与森林景观间的转化则与演替过程有关,如阔叶林、竹林、灌草层间的转化。

1997—2009年,杉木林向茶园转化面积280.82 hm²、农田向茶园转化面积96.65 hm²、灌草层向马尾松林转化面积76.15 hm²。裸地主要向水体、建设用地、茶园转化自身面积的27.4%、21.1%、4.2%;马尾松林主要向茶园转化了6.6%,向其他各类型共转化了3.6%的面积;茶园向外输出自身面积的11.7%,主要输出对象为马尾松林和灌草层;农田主要向建设用地、灌草层转化了自身面积的22.6%、10.8%;建设用地除了维持自身面积的76%外,主要向茶园、裸地转化了自身面积的5.4%和4.5%;水体有8.6%的面积向裸地转化。此阶段主要是表现为杉木林、农田向茶园的输入,茶园不再只是输入景观,而且作为输出景观开始向马尾松林、灌草层输入。此外,虽然马尾松林向外输出的面积较97年前增加122.2 hm²,但此时有更多的景观类型向马尾松林有输入。

3.3 影响格局演变驱动机制分析

景观格局演变的驱动机制包括自然驱动因素和人为驱动因素两方面。自然驱动因素可进一步划分为气候、土壤类型、地形与地貌类型、水气分布状况、动植物分布特征等因子^[22]。人为驱动包括人类社会发展及人类行为方式等与人类活动密切相关因素。景观格局及其功能变化是自然、人类相互作用的结果;自然因子对景观格局的驱动作用往往在大时间跨度上体现,而人类活动短期内就可能导致景观格局明显改变^[23-24]。武夷山风景名胜区作为世界文化和自然遗产地不仅承载着历史与自然赋予的珍贵遗产,而且是遗产地内居民生存繁衍的栖息之所,更是武夷山市发展大旅游业,提高知名度的旅游战略资源。武夷山风景名胜区这种独特地位使其与自然和人为因素作用尤为密切和频繁。在对近23 a武夷山风景名胜区景观格局特征及动态规律分析的基础上,认为导致风景区景观格局演变的驱动因子主要有以下几个方面。

3.3.1 自然环境的制约作用

武夷山世界遗产属典型的亚热带季风气候,有全球同纬度带最完整、最典型、面积最大的中亚热带原生性森林生态系统。丰富的天然林资源形成了风景区以天然马尾松林为基质景观,河流及其他景观类型镶嵌其中的景观格局。风景区内杉木林因海拔较低且与茶园、建设用地、农田毗邻,历史上曾被大量砍伐,仅1986—1997年杉木林面积减少最多,减少了431.86 hm²。天然阔叶林和马尾松林因土壤

肥沃也有部分被开发种茶。风景区地形、地貌等自然驱动因素在十几年内基本没有变化,但海拔、坡度、土壤等因子对其景观格局分布及演变存在制约作用。

3.3.2 经济利益驱动下的生产行为模式转变

随着风景区社会经济的发展,当地农民看到从事旅游业和岩茶产业带来的丰厚经济利益。许多农民改变了传统的倚山靠田的收入方式,开始转向从事旅游服务和种植茶园等新的经营模式。部分农田、裸地、竹林、阔叶林、杉木林、马尾松林等景观类型被开垦成茶园、建设用地;农民弃农种茶、弃耕从事旅游服务相关行业的人数不断增加。1986—1997年开垦种茶和修改扩建工程最为活跃、新增茶园面积 577.93 hm^2 ,建设面积 358.73 hm^2 。1986—1997年景观指数整体变幅较1997—2009年大,而1997—2009年由于政府的干预,茶园面积增速有所减缓,但仍是各类景观类型中面积增加最多的景观类型(增加了 360.81 hm^2)。

3.3.3 人口和旅游发展带来的开发建设

武夷山风景区知名度不断提高,游客趋之若鹜,数量不断增加(图4)。1997年前游客缓慢增加,1997年后游客迅速增加,2007年后有所减缓。日益增长的游客加强了对酒店、旅店、停车场、公路等旅游基础服务设施的需求。另外,旅游业的发展不仅吸引当地居民大量转向旅游服务业,同时也吸引外来人口进入武夷山风景区及周边地区从事旅游生产经营。1997年武夷山风景区常住人口11 224人,其中主景区人口9 336人,溪东旅游服务区1 888人。2006年武夷山风景区常住人口17 596,其中主景区13 717人,较1997年增加了22%,溪东旅游服务区3 879人,较1997年增加了105%。2006年仅外来人口就增加了9 573人,约为风景区常住人口的一半。当地人口的增长和旅游人数的增加,使得人地矛盾突显,从而导致部分裸地、农田、位于低海拔的天然林被开发成为建设用地。

3.3.4 政策法规和管理的导向作用

1986-06-28城乡建设环境保护部下达了关于《武夷山风景区总体规划》的批复,而后风景区的建设和规划正式展开,景区各项建设初具规模。政府强制迁出风景区内部分居民,严格控制人口机械增长率,风景区人口增加较为合理。随着人类干扰强度的增强,当地经济效益增加的同时却也带来了诸如生物多样性降低、生境破碎化等生态环境问

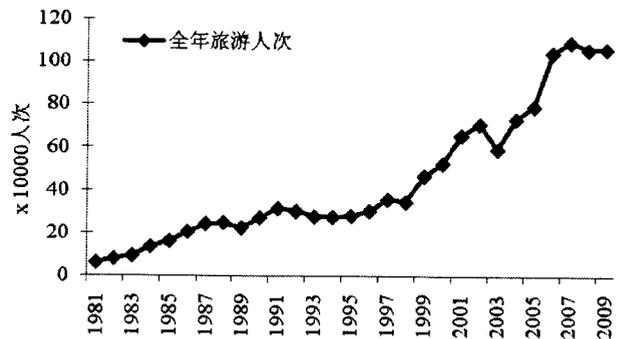


图4 武夷山风景名胜区全年旅游人数

Fig. 4 The number of annual tourists in Wuyishan Scenery District

题。1999年武夷山风景区入选世界文化和自然双遗产。政府和相关管理部门高度重视对作为世界文化和自然遗产地的保护工作。风景区规划建设依据《保护世界自然和文化遗产公约》科学地做了适当调整,并出台了《武夷山九曲溪保护管理规定》《武夷山市旅游管理暂行规定》等一系列法令法规。退耕还林的政策也得到落实。同时,为了保证政策法规的有效落实,有关部门加强执法力度,提高管理水平,加强宣传教育,效果显著。1997—2009年期间风景区内景观指数变化程度普遍比1986—1997年间有所降低,稳定程度增大,过度毁林种茶的现象也受到一定抑制,此时期风景区旅游开发更加重视遗产地的保护工作和可持续性。

4 小结和讨论

本文比较分析了风景区1986、1997、2009年三个关键时期的景观要素、空间格局及其演变规律,揭示了武夷山风景区不同发展阶段景观格局变化特征,进一步探讨了导致格局演变的驱动机制。结果表明:1. 近23年来,风景区茶园、建设用地大面积持续增加,马尾松林、农田、裸地大面积减少;2. 1986—1997年,马尾松向茶园、农田向建设用地、杉木林向茶园转移面积居前三位,分别为 294.80 hm^2 、 176.73 hm^2 、 152.68 hm^2 ;茶园面积增加量最大(增加了 577.93 hm^2),建设用地次之(增加了 358.73 hm^2),杉木林面积减少量最多(减少了 431.87 hm^2),农田次之(减少了 248.01 hm^2);此阶段茶园只为输入景观,风景区景观变幅大,受人为干扰特别显著。1997—2009年,杉木林向茶园、农田向茶园、灌草层向马尾松林转移面积居前三位,分别为 280.82 hm^2 、 96.65 hm^2 、 76.15 hm^2 ;此期间茶园

和建设用地增加面积最多,分别增加了 360.81 hm² 和 155.14 hm²,农田面积减少最多,减少了 318.87 hm²;该阶段景观变化幅度较 1986—1997 年减小,人为干扰有所减弱。3. 23 年来不同景观类型特征及其变化各异,主要表现为农田破碎度增加,建设用地趋于规则化,茶园受到干扰显著,河流景观形状最为复杂且受干扰小;景观多样性程度提高,景观类型空间分布呈均匀化趋势。

自从 1986 年《武夷山风景名胜区总体规划》获批后,风景区规划建设逐渐开展。在旅游开发需要和经济利益驱使下,1986—1997 年间茶园和建设用地面积大量增加,裸地、竹林、阔叶林、杉木等景观类型受到人为干扰显著增加,各景观指数变幅较大。特别是 1990 年代初,有关部门盲目制定发展茶山的政策,给乡镇村庄群众下达开茶园的指标,鼓励农民开茶山,使短短几年内风景区茶园面积急剧增加,森林遭受砍伐,造成一定程度的水土流失。此期间土地建设和政策导向下的茶园开发是导致风景区景观较不稳定的主要原因。1999 年武夷山入选世界文化和自然双遗产,政府和相关部门对武夷山世界文化和自然遗产地的发展规划有了重新的思考和定位,高度重视对遗产地的保护和可持续发展。各种有针对性的法律、法规、规划得以有效落实,并取得成效,景观指数变化程度普遍较 1986—1997 年间降低,过度毁林种茶受到一定抑制。此期间风景区旅游发展方式向生态旅游转变,努力寻求新的旅游资源增长点。2001 年上游生态景区正式运营,分流了部分主景区的游客;2009 年环保型观光旅游车也投入使用。可见管理部门已对遗产地旅游开发模式进行新的尝试,生态环境保护越来越受到重视。今后应该更加重视协调好遗产地保护、旅游开发及其农业发展模式(特别是茶叶经济)三者之间的关系,努力探索三者最佳的平衡点。

当斑块数量和面积都增加时,面积的变化程度会影响破碎度指数。如 1986 年茶园破碎度指数为 0.046 4,而随着斑块数量的不断增加,1997 年 *FN* 为 0.022 3,2009 年 *FN* 为 0.022 5,破碎度反而呈下降态势。可见,通过格局指数揭示景观变化规律,不能只从单一的几个指标来判断,要结合多个指标进行判断。另外,从景观尺度上看,23 年来河流变幅最小,破碎度程度低,最为稳定。然而,要准确评价作为武夷山风景名胜区精华景区的九曲溪受到的人为干扰情况,景观格局方面的研究还不足够,还必须

结合水质、水量、水生生物等指标进行监测分析,才能更为全面科学地获得可信结论。风景区因缺乏多元统计分析需要的时间和空间序列数据,造成了驱动因子从定性到定量分析转化遇到困难;如何在弱化数据需求的基础上,选择合适方法进行驱动因子的定量研究,进而为风景区景观格局演变模拟和预警打下基础等问题有待深入探讨。

参考文献 (References)

- [1] Fu Bojie, Lu Yihe, Chen Liding, et al. The latest progress of landscape ecology in the world[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 798—804 [傅伯杰,吕一河,陈利顶,等. 国际景观生态学最新进展[J]. *生态学报*, 2008, 28(2): 798—804]
- [2] Saura S., Martinez-Millan J. Landscape patterns simulation with a modified random clusters method[J]. *Landscape Ecology*, 2000, 15(7): 661—678
- [3] Herold M, Couclelis H, Clarke K C. The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2005, 29(4): 369—399
- [4] Wang Jixia, Sun Hu, Li Junlin, et al. An Analysis on the landscape pattern changes and driving force in medium mountain areas of the Qinling Mountains—a case study of Chang'an River Basin of Ningshan County[J]. *Journal of Mountain Science*, 2008, 26(5): 546—552 [王继夏,孙虎,李俊霖,等. 秦岭中山区山地景观格局变化及驱动力分析——以宁陕县长安河流域为例[J]. *山地学报*, 2008, 26(5): 546—552]
- [5] Schrder B, Seppelt R. Analysis of pattern-process interactions based on landscape models: Overview, general concepts, and methodological issues[J]. *Ecological Modelling*, 2006, 199(4): 505—516
- [6] Abdullah S A, Nakagoshi N. Changes in landscape spatial pattern in the highly developing state of Selangor, peninsular Malaysia[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 77(3): 263—275
- [7] He Dongjin, Hong Wei, 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]
- [8] You Weibin, Liu Yongsheng, He Dongjin, et al. Characteristics of decomposition of litter from different natural forests in Wuyishan Scenery District[J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*[J]. 2010, 28(2): 141—147 [游巍斌,刘勇生,何东进,等. 武夷山风景名胜区不同天然林凋落物分解特征[J]. *四川农业大学学报*, 2010, 28(2): 141—147]
- [9] Su Binlin, He Dongjin, Hong Wei, et al. Study on interspecific association of main populations in arborous layer of nature forest in Wuyishan Scenery District[J]. *Journal of Plant Resources and Environment*[J]. 2007, 16(3): 40—45 [苏炳霖,何东进,洪伟,等. 武夷山风景名胜区天然林乔木层主要种群的同种间联结性研究[J]. *植物资源与环境学报*, 2007, 16(3): 40—45]

- [10] Song Ping, Bian Yu, Hong Wei, et al. Spatial autocorrelation analysis on regional distribution of tourists in Wuyi Mountain Scenic Area[J]. *Tropical Geography*, 2008, 28(3): 283 - 287 [宋萍, 卞羽, 洪伟, 等. 武夷山风景名胜区游客区域分布的空间自相关分析[J]. *热带地理*, 2008, 28(3): 283 - 287]
- [11] Wang Yinzi, Hong Wei, Wu Chengzhen, et al. The fractal analysis on tourist scenic spots system hierarchical structure of Wuyishan World Nature and Culture Heritage Sit[J]. *Journal of Mountain Science*, 2008, 26(1): 103 - 112 [王英姿, 洪伟, 吴承祯, 等. 武夷山双遗产地旅游风景区系统等级结构的分形分析[J]. *山地学报*, 2008, 26(1): 103 - 112]
- [12] 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]
- [13] Qin Dehua, He Dongjin, Wu Chengzhen, et al. Ecological security evaluation based on the ecological footprint in Wuyishan Scenery District[J]. *Journal of Beihua University: Natural Science*, 2009, 10(3): 253 - 257 [覃德华, 何东进, 吴承祯, 等. 基于生态足迹分析的武夷山风景名胜区生态安全评价[J]. *北华大学学报: 自然科学版*, 2009, 10(3): 253 - 257]
- [14] Hong Tao, Wang Yinzi, He Dongjin, et al. The comprehensive evaluation of ecotourism environment quality in Wuyishan Scenery District of World Nature and Culture Heritage[J]. *Areal Research and Development*, 2009, 28(2): 117 - 122 [洪滔, 王英姿, 何东进, 等. 武夷山风景名胜区生态旅游环境质量综合评价研究[J]. *地域研究与开发*, 2009, 28(2): 117 - 122]
- [15] Wang Yinzi, He Dongjin, Hong Wei, et al. Evaluation of forest ecosystem services of Wuyishan Scenery District[J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 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*, 2006, 28(3): 409 - 414]
- [16] 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. 武夷山风景名胜区景观生态评价[J]. *应用与环境生物学报*, 2004, 10(6): 729 - 734]
- [17] He Dongjin, Hong Wei, 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]
- [18] 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. 武夷山风景名胜区景观空间格局研究[J]. *林业科学*, 2004, 40(1): 174 - 179]
- [19] 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): 1602 - 1610 [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尺度效应分析[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(1): 21 - 25]
- [20] He Dongjin, Hong Wei, 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尺度效应分析[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(1): 21 - 25]
- [21] Wang Xizhi, Helge B, Michael R, et al. A quantitative analysis of the landscape pattern around Qira Oasis based on Remote Sensing Data[J]. *Acta Ecologica Sinica* 2002, 22(9): 1491 - 1499 [王兮之, Helge Bruelheide, Michael Runge, 等. 基于遥感数据的塔南策勒荒漠——绿洲景观格局分析. *生态学报*, 2002, 22(9): 1491 - 1499]
- [22] Li Yuecheng. Review on the driving force of the land use/cover changes[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2008, 15(3): 116 - 120 [李月臣. 土地利用/覆盖变化驱动力研究[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(3): 116 - 120]
- [23] Cheng Qian, Wu Xiuju Landscape pattern change and its driving forces in Xixi National Wetland Park since 1993[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(9): 1677 - 1682 [程乾, 吴秀菊. 杭州西溪国家湿地公园 1993 年以来景观演变及其驱动力分析[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(9): 1677 - 1682]
- [24] Liu Ming, Wang Kelin. Landscape pattern change and its driving forces in middle and upper reaches of Dongting Lake watershed. *Chinese Journal of Applied Ecology*[J], 2008, 19(6): 1317 - 1324 [刘明, 王克林. 洞庭湖流域中上游地区景观格局变化及其驱动力[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(6): 1317 - 1324]

Spatial Pattern and Driving Mechanism in Wuyishan Scenery District

YOU Weibin, HE Dongjin, Huang Dehua, HONG Wei, WU Liyun, WANG Yinzi,
CHEN Bingrong, YU Jianan, FAN Shengfeng

(1. Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 353001, China; 2. Fujian Geological Remote Sensing and Geographical Information Center, Fuzhou 353001, China; 3. College of Agronomy, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China
4. Administration Committee of the Wuyishan Scenery District, Wuyishan 354300, China)

Abstract: Based on 3S technology to perform landscape ecology classification for the World Natural and Cultural Heritage site—Wuyishan Scenery District, characteristics of landscape element and spatial pattern and its succession rules in 1986, 1997 and 2009 were done a comparative analysis. The change characteristics of landscape pattern during three different periods had been revealed, and the paper further discussed the driving mechanism causing the evolution of landscape. The results showed that: ①The area of tea garden and construction land presented an increasing trend whereas *Pinus massoniana* forest, farmland and bare land decrease. *Pinus massoniana* forest to tea garden, from farmland to construction land, from *Cunninghamia lanceolata* forest to tea garden were respectively 294.80 hm², 176.73 hm² and 152.68 hm² from 1986 to 1997. The tea garden increased by 577.93 hm² and construction land came second whereas *Cunninghamia lanceolata* forest decreased by 431.87 hm² most and farmland came the second decreasing one. It was showed that for this period tea garden was input landscape type and landscape changed in a wide range was attributed by the main role of human activity. ③The area diverted from *Cunninghamia lanceolata* forest to tea garden, from farmland to tea garden and from shrub to *Pinus massoniana* forest became the first three places were respectively 280.82 hm², 96.65 hm² and 76.15 hm² from 1997 to 2009. In this stage, tea garden showed the most rising trend with increasing 360.81 hm² whereas farmland reduced by 318.87 hm². The change amplitude for this period relatively increased was the impact of diminished human factors. ④In past 23 years, landscape type was characteristic of different trait and change. Fragmentation of farmland continued to increase. Construction land tends to a more ruler, and interference of tea garden was remarkable. The river has a most complex shape with the little interference. The landscape diversity was increased and landscape spacial distribution had a uniformity trend. ⑤The main reasons causing the landscape succession in Wuyishan Scenery District came from four aspects: the restrictive function of the natural environment, the behavior pattern change causing by the driving of economy profit, development construction causing by the tourism development and population growth, and the orientation function of laws and regulations and management.

Key word: Wuyishan Scenery District; 3S technology; landscape pattern; succession; driving

作者: [游巍斌](#), [何东进](#), [黄德华](#), [洪伟](#), [詹仕华](#), [巫丽芸](#), [覃德华](#), [陈炳容](#), [俞建安](#), [蒋鑫](#), [YOU Weibin](#), [HE Dongjin](#), [Huang Dehua](#), [HONG Wei](#), [ZHAN Shihua](#), [WU Liyun](#), [TAN Dehua](#), [CHEN Bingrong](#), [YU Jianan](#), [JIANG Xin](#)

作者单位: [游巍斌,何东进,洪伟,詹仕华,巫丽芸,蒋鑫,YOU Weibin,HE Dongjin,HONG Wei,ZHAN Shihua,WU Liyun,JIANG Xin\(福建农林大学,福建福州,350002\)](#), [黄德华,Huang Dehua\(福建省地质遥感与地理信息中心,福建福州,353001\)](#), [覃德华,TAN Dehua\(河南科技大学农学院,河南洛阳,471003\)](#), [陈炳容,俞建安,CHEN Bingrong,YU Jianan\(武夷山风景名胜区管理委员会,福建武夷山,354300\)](#)

刊名: [山地学报](#) **ISTIC PKU**

英文刊名: [Journal of Mountain Science](#)

年,卷(期): 2011,29(6)

被引用次数: 1次

参考文献(24条)

- 傅伯杰;吕一河;陈利顶 [国际景观生态学研究新进展](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2008(02)
- Saura S;Martinez-Millan J [Landscape patterns simulation with a modified random clusters method](#)[外文期刊] 2000(07)
- Herold M;Couclelis H;Clarke K C [The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change](#) [外文期刊] 2005(04)
- 王继夏;孙虎;李俊霖 [秦岭中山区山地景观格局变化及驱动力分析--以宁陕县长安河流域为例](#)[期刊论文]-[山地学报](#) 2008(05)
- Schrder B;Seppelt R [Analysis of pattern-process interactions based on landscape models:Overview,general concepts,and method logical issues](#)[外文期刊] 2006(04)
- Abdullah S A;Nakagoshi N [Changes in landscape spatial pattern in the highly developing state of Selangor,peninsular Malaysia](#)[外文期刊] 2006(03)
- 何东进;洪滔;胡海清 [武夷山风景名胜区不同森林景观物种多样性特征研究](#)[期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2007(02)
- 游巍斌;刘勇生;何东进 [武夷山风景名胜区不同天然林凋落物分解特征](#)[期刊论文]-[四川农业大学学报](#) 2010(02)
- 苏炳霖;何东进;洪伟 [武夷山风景名胜区天然林乔木层主要种群的种间联结性研究](#)[期刊论文]-[植物资源与环境学报](#) 2007(03)
- 宋萍;卞羽;洪伟 [武夷山风景名胜区游客区域分布的空间自相关分析](#)[期刊论文]-[热带地理](#) 2008(03)
- 王英姿;洪伟;吴承祯 [武夷山双遗产地旅游风景区系统等级结构的分形分析](#)[期刊论文]-[山地学报](#) 2008(01)
- 刘勇生;洪滔;何东进 [武夷山风景名胜区生态安全分析](#)[期刊论文]-[安全与环境学报](#) 2006(06)
- 覃德华;何东进;吴承祯 [基于生态足迹分析的武夷山风景名胜区生态安全评价](#)[期刊论文]-[北华大学学报\(自然科学版\)](#) 2009(03)
- 洪滔;王英姿;何东进 [武夷山风景名胜区生态旅游环境质量综合评价研究](#)[期刊论文]-[地域研究与开发](#) 2009(02)
- 王英姿;何东进;洪伟 [武夷山风景名胜区森林生态系统公共服务功能评估](#)[期刊论文]-[江西农业大学学报](#) 2006(03)
- 何东进;洪伟;胡海清 [武夷山风景名胜区景观生态评价](#)[期刊论文]-[应用与环境生物学报](#) 2004(06)
- 何东进;洪伟;胡海清 [武夷山风景名胜区景观要素斑块特征分析](#)[期刊论文]-[应用与环境生物学报](#) 2003(06)
- 何东进;洪伟;胡海清 [武夷山风景名胜区景观空间格局研究](#)[期刊论文]-[林业科学](#) 2004(01)
- 何东进;洪伟;胡海清 [武夷山景区主要景观类型斑块大小分布规律及其等级尺度效应分析](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2004(01)
- 何东进;洪伟;胡海清 [武夷山景区主要景观类型斑块大小分布规律及其等级尺度效应分析](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2004(01)
- 王兮之;Helge Bruelheide;Michael Runge [基于遥感数据的塔南策勒荒漠——绿洲景观格局分析](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2002(09)
- 李月臣 [土地利用/覆盖变化驱动力研究](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2008(03)
- 程乾;吴秀菊 [杭州西溪国家湿地公园1993年以来景观演变及其驱动力分析](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2006(09)
- 刘明;王克林 [洞庭湖流域中上游地区景观格局变化及其驱动力](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2008(06)

引证文献(3条)

- 胡静;游巍斌;何东进;俞建安;陈炳容;王磊;郑晓燕;颜欢欢 [武夷山风景名胜区摩崖石刻时空分布特征研究](#)[期刊论文]-[福建农林大学学报\(哲学社会科学版\)](#) 2014(2)

2. [游巍斌](#), [何东进](#), [黄德华](#), [巫丽芸](#), [洪伟](#), [詹仕华](#), [林巧香](#), [覃德华](#), [游惠明](#) [武夷山风景名胜区景观格局与环境因子的多尺度响应研究](#) [期刊论文]-[热带亚热带植物学报](#) 2012(2)
3. [李丽娟](#), [覃林](#), [谢云珍](#), [谭玲](#) [南宁市青秀山风景区景观空间格局分析](#) [期刊论文]-[福建林业科技](#) 2013(4)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201106006.aspx