

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第21期 Vol.31 No.21 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 21 期

2011 年 11 月 (半月刊)

目 次

基于景观格局理论和理想风水模式的藏族乡土聚落景观空间解析——以甘肃省迭部县扎尕那村落为例·····	史利莎,严力蛟,黄璐,等 (6305)
武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律·····	游巍斌,何东进,巫丽芸,等 (6317)
旅游地道路生态持续性评价——以云南省玉龙县为例·····	蒋依依 (6328)
城市空间形态紧凑度模型构建方法研究·····	赵景柱,宋瑜,石龙宇,等 (6338)
丹顶鹤多尺度生境选择机制——以黄河三角洲自然保护区为例·····	曹铭昌,刘高焕,徐海根 (6344)
西南喀斯特区域水土流失敏感性评价及其空间分异特征·····	凡非得,王克林,熊鹰,等 (6353)
流域尺度海量生态环境数据建库关键技术——以塔里木河流域为例·····	高凡,闫正龙,黄强 (6363)
雌雄异株植物鼠李的生殖分配·····	王娟,张春雨,赵秀海,等 (6371)
长白山北坡不同年龄红松年表及其对气候的响应·····	王晓明,赵秀海,高露双,等 (6378)
不同高寒退化草地阿尔泰针茅种群的小尺度点格局·····	赵成章,任珩,盛亚萍,等 (6388)
残存银杏群落的结构及种群更新特征·····	杨永川,穆建平, TANG Cindy Q, 等 (6396)
濒危植物安徽羽叶报春两种花型的繁育特性及其适应进化·····	邵剑文,张文娟,张小平 (6410)
神农架海拔梯度上 4 种典型森林的乔木叶片功能性状特征·····	罗璐,申国珍,谢宗强,等 (6420)
不同植被恢复模式下煤矸石山复垦土壤性质及煤矸石风化物的变化特征·····	王丽艳,韩有志,张成梁,等 (6429)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林分的影响·····	张喜,崔迎春,朱军,等 (6442)
内蒙古高原锦鸡儿属植物的形态和生理生态适应性·····	马成仓,高玉葆,李清芳,等 (6451)
古尔班通古特沙漠西部梭梭种群退化原因的对比分析·····	司朗明,刘彤,刘斌,等 (6460)
白石砬子国家级自然保护区天然林的自然稀疏·····	周永斌,殷有,殷鸣放,等 (6469)
黑龙江省东完达山地区东北虎猎物种群现状及动态趋势·····	张常智,张明海 (6481)
基于 GIS 的马铃薯甲虫扩散与河流关系研究——以新疆沙湾县为例·····	李超,张智,郭文超,等 (6488)
2010 年广西兴安地区稻纵卷叶螟发生动态及迁飞轨迹分析·····	蒋春先,齐会会,孙明阳,等 (6495)
B 型烟粉虱对寄主转换的适应性·····	周福才,李传明,顾爱祥,等 (6505)
利用 PCR-DGGE 方法分析不同鸡群的盲肠微生物菌群结构变化·····	李永洙, Yongquan Cui (6513)
鸡粪改良铜尾矿对 3 种豆科植物生长及基质微生物量和酶活性的影响·····	张宏,沈章军,阳贵德,等 (6522)
铜绿微囊藻对紫外辐射的生理代谢响应·····	汪燕,李珊珊,李建宏,等 (6532)
10 种常见甲藻细胞体积与细胞碳、氮含量的关系·····	王燕,李瑞香,董双林,等 (6540)
冬季太湖表层底泥产毒蓝藻群落结构和种群丰度·····	李大命,孔繁翔,于洋,等 (6551)
城市机动车道颗粒物扩散对绿化隔离带空间结构的响应·····	蔺银鼎,武小刚,郝兴宇,等 (6561)
新疆城镇化与土地资源产出效益的空间分异及其协调性·····	杨宇,刘毅,董雯,等 (6568)
山东潍坊地下水硝酸盐污染现状及 $\delta^{15}\text{N}$ 溯源·····	徐春英,李玉中,李巧珍,等 (6579)
增温对宁夏引黄灌区春小麦生产的影响·····	肖国举,张强,张峰举,等 (6588)
一种估测小麦冠层氮含量的新高光谱指数·····	梁亮,杨敏华,邓凯东,等 (6594)
黄河上游灌区稻田 N_2O 排放特征·····	张惠,杨正礼,罗良国,等 (6606)
专论与综述	
植物源挥发性有机物对氮沉降响应研究展望·····	黄娟,莫江明,孔国辉,等 (6616)
植物种群更新限制——从种子生产到幼树建成·····	李宁,白冰,鲁长虎 (6624)
研究简报	
遮荫对两个基因型玉米叶片解剖结构及光合特性的影响·····	杜成凤,李潮海,刘天学,等 (6633)
学术信息与动态	
科学、系统与可持续性——第六届工业生态学国际大会述评·····	石海佳,梁赛,王震,等 (6641)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 340 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 37 * 2011-11	



封面图说: 鹤立——丹顶鹤是世界 15 种鹤数量极小的一种,主要栖息在沼泽、浅滩、芦苇塘等湿地,以捕食小鱼虾、昆虫、蛙蚺、软体动物为主,也吃植物的根茎、种子、嫩芽。善于奔驰飞翔,喜欢结群生活。丹顶鹤属迁徙鸟类,主要在我国的黑龙江、吉林、俄罗斯西伯利亚东部、朝鲜北部以及日本等地繁殖。在长江下游一带越冬。在中国文化中有“仙鹤”之说。被列为中国国家一级重点保护野生动物名录,濒危野生动植物种国际贸易公约绝对保护的 CITES 附录一物种名录。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

游巍斌,何东进,巫丽芸,洪伟,詹仕华,覃德华,游惠明. 武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律. 生态学报, 2011, 31(21): 6317-6327.
You W B, He D J, Wu L Y, Hong W, Zhan S H, Qin D H, You H M. Temporal-spatial differentiation and its change in the landscape ecological security of Wuyishan Scenery District. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(21): 6317-6327.

武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律

游巍斌¹, 何东进^{1,*}, 巫丽芸¹, 洪伟¹, 詹仕华¹, 覃德华², 游惠明¹

(1. 福建农林大学, 福建福州 350002; 2. 河南科技大学农学院, 河南洛阳 471003)

摘要:以世界文化和自然遗产地武夷山中受自然和人类生态过程作用最为强烈和频繁的风景区为研究对象,通过景观干扰度指数和景观脆弱度指数构建景观生态安全度指数,并借助空间统计学方法对武夷山风景名胜区景观生态安全度的空间分布特征和变异规律进行探讨。结果表明:①1986—2009 年武夷山风景名胜区景观生态安全度总体上呈递增趋势;②1986—2009 年风景区景观生态安全度 Morans's *I* 表现为一定程度的正相关,1986—1997 年间正相关关系明显增强,且景观生态安全度全局自相关存在尺度响应;③1997 年和 2009 年风景区景观生态安全度局域自相关格局较一致,而景观生态安全度的集群结构及显著水平在 1986—1997 年间发生明显改变;④风景区各时期景观生态安全度所表现出较强的空间相关性是结构性因素和非结构性因素综合作用的结果,地形地貌、土壤类型等结构因素对风景区景观生态安全度的空间分布起决定性作用,而非结构因素(旅游开发建设、毁林种茶、弃农种茶等人类活动)对景观生态安全度的演变有重要影响。

关键词:武夷山风景名胜区;尺度;生态安全度;空间统计分析;时空分异

Temporal-spatial differentiation and its change in the landscape ecological security of Wuyishan Scenery District

YOU Weibin¹, HE Dongjin^{1,*}, WU Liyun¹, HONG Wei¹, ZHAN Shihua¹, QIN Dehua², YOU Huiming¹

¹ Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

² College of Agronomy, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China

Abstract: Located in the northwestern part of Fujian Province, Wuyi Mountain is the most outstanding area for biodiversity conservation in southeast China and a refuge for a large number of ancient, relict species, many of them endemic to China. In December 1999, Wuyi Mountain was included on the World Natural and Cultural Heritage List by the 23rd Session of the World Heritage Committee of UNESCO and described as “a natural landscape so unique, rare and marvelous, [it] is the beauty of nature and embodiment of the harmonious relations between human being and environment”. Wuyi Mountain is now the largest of China's World Heritage sites, which together cover 999.75 square kilometers. Wuyi Mountain is divided into four areas, the Biodiversity Preserve to the west, the Nine-twist Stream Ecological Preserve in the center, the Natural Beauty & Cultural Landscape Preserve to the east (i. e. Wuyishan Scenery District), and the ancient Chencun Minyue Relics to the southeast.

Landscape patterns embody both landscape heterogeneity and the accumulation of ecological processes. Changes in landscape patterns and their distributions are comprehensive reflections of the ecological environment, which is impacted by both natural disturbance and human intervention. Where human activities dominate landscapes, the impacts of our different uses and usage intensities in different landscape types ultimately reflect ecosystem or landscape structures and patterns. Changes of large-scale structure and pattern can change landscape ecological security in time and space. Therefore, the

基金项目: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资助项目(20103515110005);福建省自然科学基金资助项目(2008J0116)

收稿日期:2011-05-31; 修订日期:2011-08-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fjhdj1009@126.com

landscape level is an appropriate scale at which to study the impacts of human activities on the environment.

Although all four of the Wuyi Mountain regions have been well protected in accordance with the strict management criteria for a world heritage site, the Wuyishan Scenery District has been more severely disturbed than the other three regions. In this study, the degree of landscape ecological security was established based on landscape disturbance and fragility indices. Spatial statistics were used to evaluate the temporal-spatial differentiation and patterns of change of ecological security in 1986, 1997 and 2009. The results show that between 1986 and 2009, the ecological security degree gradually increased in Wuyishan Scenery District. Moran's I showed positive spatial autocorrelation, and this correlation was most apparent between 1986 and 1997. The general autocorrelation of landscape ecological security degree had a scaled response. Between 1997 and 2009, the local autocorrelation pattern was consistent. However, the cluster structure and significance level of ecological security degree obviously changed between 1986 and 1997. The strong spatial correlation of ecological security degree resulted from the combined influences of structural and non-structural factors. Structural factors such as topography, landform and agrotype had significant impacts on spatial distribution. Non-structural factors, including tourism, development and construction, reclaiming forest land, and shifting farmland to tea plantations, strongly influenced changes in spatial distribution.

Key Words: Wuyishan Scenery District; scale; ecological security degree; spatial statistics analysis; spatial-temporal differentiation

1989 年,国际应用系统分析研究所(IASA)在建立全球生态安全监测系统时首次提出了生态安全的概念,随后生态安全研究备受关注^[1-2]。简言之,生态安全是生态系统健康和完整状况的表征,是生态风险的反函数^[3]。其研究内容主要包括生态安全评价^[4-8]、格局与过程对生态安全的影响^[9-10]、模拟预测和预警^[11-13]、调控和维护管理^[14-16]等内容。景观既是自然社会资源又是人类开发利用的对象,人类经济开发活动主要也是在景观层次上进行,因而景观尺度被认为是研究人类活动对环境影响的适宜尺度^[4]。如土地利用生态安全、农业生态安全、水资源生态安全、自然保护区生态安全、旅游区生态安全等研究^[17-21]着眼的正是生态系统、景观、区域、流域等景观生态学中关注的尺度。而且,景观生态学原理与方法能发挥景观结构组分特征易于保存信息的优势,同时由于景观与区域、流域在组织尺度上是连续的,它能使从景观尺度转换到区域尺度过程中的信息损失程度较小^[22-23],有利于在尺度推绎上维持研究结果的准确性,因此,运用景观生态学的理论与方法能够更为科学的认识并解释大中尺度上生态安全的实质。

景观空间格局既是景观异质性的体现,又是多种生态过程作用的积累结果。景观格局及变化是自然与人为多种因素或生态过程作用在某尺度上的生态环境体系的综合反映^[24],特别是在人为活动占主导的景观内,不同景观类型利用方式和强度产生的生态过程影响具有区域性和累积性的特征,并且直观地反映在生态系统的结构和组成上,从而影响生态安全。目前生态安全分异研究主要从景观角度和系统评价角度两方面构建指数^[25]。系统评价角度研究生态安全时空分异较为复杂且对数据要求高,而从景观角度的研究因其简单明了、数据易获取,广受采用^[23-24]。景观生态安全时空分异研究对于了解研究区生态安全的历史演变、现状,识别出危险区域,并以此为基础开展生态安全模拟预警,进而为实现生态经济社会的可持续提供指导方面具有重要意义。武夷山风景名胜区是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区域^[25-26]。一定时期内风景区发展规划方案、游客旅游活动、区内居民生产生活方式都对景观生态安全格局产生作用。通过研究武夷山风景名胜区 1986 年、1997 年和 2009 年 3 个时期(1986 年《武夷山风景名胜区总体规划方案》获批准、1997 年武夷山开始申报世界遗产、2009 年为获取的最新一期数据)的景观生态安全时空分异特征能更好地理解风景区内各生态学过程与作用机制以及人类活动对风景区内景观结构和功能的累积性结果,发现武夷山风景名胜区内景观类型的生态状况及时空演变特征,揭示景观生态安全格局和过程的作用规律,可为武夷山风景名胜区的科学管理和发展规划等提供参考。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

武夷山世界文化与自然遗产地位于我国福建省北部,117°24'12"—118°02'50"E,27°32'36"—27°55'15"N,总面积 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四个保护区,平均海拔 1200 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 1482—2150 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。1999 年 12 月被列入《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。研究区其他概况详见课题组前期的研究文献^[5-6,26-28]。

1.2 研究方法

景观生态安全是从景观尺度上反映人类活动和自然胁迫对生态安全的响应状况。通过景观类型干扰度指数和脆弱度指数构建景观生态安全度指数^[21],借助空间统计学方法分析武夷山风景名胜区景观生态安全度的空间分布特征和时空变异规律。

1.2.1 景观生态安全度构建

(1) 景观干扰度指数

景观格局的特征可以通过格局指数进行定量描述。以景观的破碎度、分离度和优势度为基础构建景观干扰度指数,公式为:

$$E_i = aC_i + bS_i + cD_i \quad (1)$$

式中, E_i 为景观干扰度指数, C_i 为类型斑块破碎度, S_i 为类型斑块分离度, D_i 为类型斑块优势度, a 、 b 、 c 分别为破碎度、分离度和优势度的权重。

①类型斑块破碎度(C_i) 景观破碎化程度的度量,公式为:

$$C_i = N_i/A \quad (2)$$

②类型斑块分离度(S_i) 类型斑块分离度指某景观类型中斑块间的分离程度,公式为:

$$S_i = \sqrt{C_i}/2p_i \quad (3)$$

③类型斑块优势度(D_i) 类型斑块优势度是度量某斑块在景观中重要程度的指标,其值大小直接反映了斑块对景观格局形成和变化的影响程度,公式为:

$$D_i = (Q_i + M_i + P_i)/3 \quad (4)$$

式中, C_i 为景观类型 i 的破碎度, N_i 为景观类型 i 的斑块数, A 为景观的总面积, S_i 为某一景观的分离度, P_i 为某一景观的面积占区域景观面积的比例。频度 Q_i = 斑块 i 出现的样方数/总样方数;密度 M_i = 斑块 i 的数目/斑块的总数目;面积比例 P_i = 斑块 i 的面积/样方的总面积。最后,依据景观指数的重要性对破碎度、分离度和优势度分别赋以权重为 0.5、0.3 和 0.2^[20],对量纲不同的指数进行归一化处理。

(2) 景观脆弱度指数

不同的景观类型抵抗外界干扰能力及对外界敏感程度存在差别。景观的这种抵御干扰的属性越弱,该景观类型就越脆弱,越易受损,反之亦然。景观类型的脆弱程度与景观自然演替过程所处阶段,景观类型结构与功能的完整性,外界干扰的性质、强度等多方面均存在密切关系,要准确确定某类景观类型的脆弱程度存在困难,因此,武夷山风景名胜区景观类型脆弱度(F_i)的赋值更多强调的是风景区内不同景观类型之间相对的脆弱程度。参考前人研究基础^[29-30]并结合风景区景观类型特点,对各景观类型脆弱度进行赋值如下:裸地为 9、农田为 8、水体为 7、灌草为 6、杉木为 5、马尾松为 4、阔叶林为 3、竹林为 3、经济林为 2、茶园为 2、建设用地为 1。其中,建设用地最稳定,裸地最为敏感;阔叶林与竹林在风景区内均为人类不易到达的天然林分,研究中认为它们脆弱度相近,均赋值为 3;茶园和经济林均同属人工种植经营的景观类型,研究中认为它们脆弱度相近,均赋值为 2。最后赋值进行归一化处理。

(3) 区域景观生态安全度构建

根据何东进等人研究结果^[22,31],200 m 的粒度能较为真实合理地表征武夷山风景名胜区景观格局变化特征。故以 200 m×200 m 尺度的等间距采样法对景观格局进行空间网格化,并计算每一个网格样点的综合生态安全度。公式^[29]如下:

$$ES_k = \sum_{i=1}^m \frac{A_{ki}}{A_k} (1 - 10 \times E_i \times F_i) \quad (5)$$

式中, ES_k 为第 k 网格景观生态安全度指数, m 为区域景观总样方数, A_{ki} 为网格内景观类型 i 面积, A_k 为评价单元 k 区的面积, E_i 和 F_i 含义同上。 ES_k 越大景观生态安全程度越高,反之生态安全程度越低。

1.2.2 空间统计学方法

(1) 空间自相关分析方法

地理与生态现象常常表现出空间相关效应。空间自相关分析方法为解释事物属性或现象的空间依赖关系提供了途径。空间自相关性的指标可分为全局指标和局部指标两种:全局指标用于验证整个研究区域某一要素的空间相关关系,而局部指标则用于反映整个大区域中的一个局部小区域单元上的某种地理现象或某一属性与相邻局部小区域单元上同一现象或属性的相关程度^[24]。本研究中运用全局空间自相关指标 Morans's I 和局部空间自相关指标 LISA (Local Indicators of Spatial Association, LISA) 来分析武夷山风景名胜区景观生态安全度的空间特征。Morans's I 和 LISA 指标的计算公式如下^[32-34]:

$$\text{Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij} (x_i - \bar{x}) (x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij}} \quad (6)$$

式中, $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$, $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, x_i 表示第 i 地区的观测值, n 为栅格数, W_{ij} 为二进制的邻接空间权值矩阵,表示空间对象的相互邻接关系。 $i=1,2,\dots,n$; $j=1,2,\dots,m$;当区域 i 和区域 j 相邻时, $w_{ij}=1$;当区域 i 和区域 j 不相邻时, $w_{ij}=0$ 。Moran's I 值介于-1 到 1 之间,大于 0 为正相关,小于 0 为负相关,绝对值越大表示空间分布的关联性越大,即空间上有强聚集性或强相异性。反之,绝对值越小表示空间分布关联性小,当值趋于 0 时,即代表此时空间分布呈随机性。

局部空间自相关 Local Moran's I (Anselin 将其称为 LISA^[33]) 是将 Moran's I 分解到各个空间单元。对于某一个空间单元 i ,LISA 计算公式为:

$$\text{Moran's } I_i = \left(\frac{x_i - \bar{x}}{m} \right) \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (7)$$

式中, $m = (\sum_{j=1, j \neq i}^n x_j^2) / (n-1) - \bar{x}^2$,正的 I_i 值表示该区域单元周围相似值(高值或低值)的空间集群,负的 I_i 值则表示非相似值之间的空间集群。再根据下式计算出 LISA 的检验统计量,对有意义的局域空间关联进行显著性检验。

$$Z(\text{Moran's } I_i) = \frac{\text{Moran's } I_i - E(\text{Moran's } I_i)}{\sqrt{\text{Var}(\text{Moran's } I_i)}} \quad (8)$$

(2) 地统计学分析方法

地统计学分析不仅可以解释属性或现象的空间相关,而且通过半变异函数可以模拟和估计空间上的未知变量^[23]。景观生态安全度作为一种典型的区域属性,它在空间上的异质性规律,可以用半方差函数来分析。公式如下:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (9)$$

式中, $\gamma(h)$ 为半变异函数,揭示了整个尺度上的空间变异格局; $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i+h)$ 分别为空间位置 x_i 和 x_i+h

上的观测值。 h 为两样本点的空间分隔距离; $n(h)$ 为分隔距离为 h 时的像元对总数。

2 结果与分析

2.1 景观生态安全度时空演变总体分析

从表 1 中可知,1986—2009 年期间,武夷山风景名胜区景观生态安全度均在 0.84 以上,平均水平从 0.9026 上升至 0.9232。1997 年和 2009 年平均生态安全度较 1986 年高,且它们的变异系数较 1986 年大,这可能是由于后两个时期的景观类型受到的人为作用明显加大,使空间上的生态安全度异质性增加。从图 1 可以看出,1986 年基质景观马尾松所在区域生态安全度从较高的浅绿色变为了 1997 年和 2009 年的黄色,表明马尾松生态安全度有所降低;风景区东部的溪东旅游服务区从较多红色变为成片蓝色,表明此区域生态安全度有所提高,东北部生态安全度也有较大提高;而且这两种变化都在 1986—1997 年期间特别突出。总体上,1986—1997 年期间风景区生态安全度格局变化比 1997—2009 年期间明显,可见 1986—1997 年期间是风景区格局变化关键时段。生态安全度空间趋势面分析显示(图 2):在南北方向上,3 个时期均呈凸型曲线,1986 年的南北趋势线较平缓;在东西方向上,则发生趋势线分异,1986 年东西方向上趋势线为缓凸型,而 1997 年和 2009 年却呈凹型曲线。这主要是因为 1986—1997 年间,武夷山市政府鼓励扶持茶产业发展,同时风景区按照规划进行溪东旅游服务区的开发建设,部分马尾松林转化为茶园和建设用地。茶园和建设用地景观从较无序状态到较有序状态方向演变,系统内自稳定性和生态安全度因而提高;而作为基质景观的马尾松林面积减少、破碎度增加,生态安全度下降。

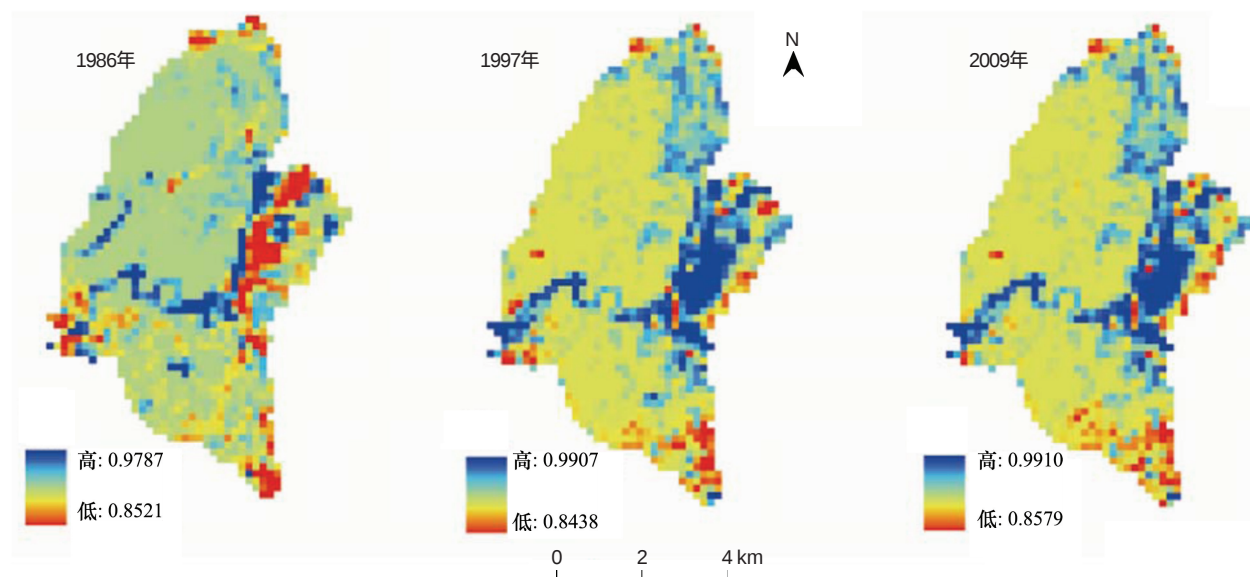


图 1 武夷山风景名胜区 3 个时期生态安全度空间分布

Fig. 1 The space distribution of landscape ecological security degree in Wuyishan Scenery District in 1986, 1997 and 2009

2.2 景观生态安全度空间相关性分析

2.2.1 景观生态安全度全局自相关分析及其尺度响应

借助 1986 年、1997 年和 2009 年景观生态安全度空间分布数据与空间自相关模型以及空间领域矩阵计算得到 1986 年、1997 年和 2009 年武夷山风景名胜区景观生态安全度的全局 Moran's I 值(表 1)。结果表明, Moran's I 从 1986 年的 0.5342 上升至 1997 年的 0.6732,接着又略微下降至 2009 年的 0.6537,风景区景观生态安全度在整体空间上存在渐增的正相关关系,景观生态安全度的空间分布并不是随机的,存在一定内在联系,即景观生态安全度在空间上存在趋于集群的现象。总体格局上,景观生态安全度高的区域倾向于与其他景观生态安全度高的区域相毗邻,而景观生态安全度较低的区域倾向于与其他景观生态安全度较低的区域相毗邻。这 20 多年来,风景区景观生态安全度的全局空间自相关程度整体逐渐增强,并且 1986—1997 年间特

别明显。

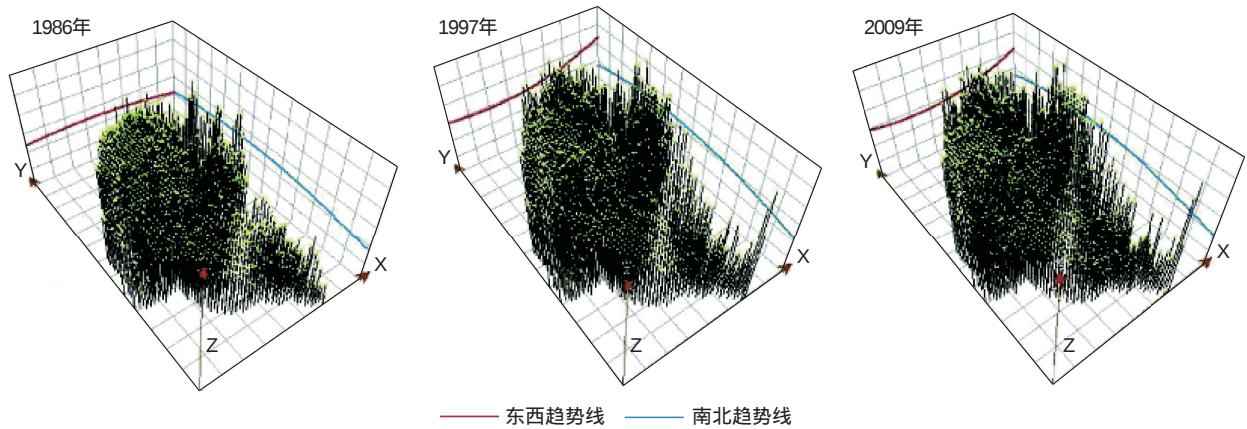


图2 武夷山风景名胜区3个时期生态安全度趋势面

Fig. 2 The trend surface of landscape ecological security degree in Wuyishan Scenery District in 1986, 1997 and 2009

表1 武夷山风景名胜区不同时期的景观生态安全度

Table 1 Landscape ecological security degree in Wuyishan Scenery District in 1986, 1997 and 2009

时期 Period	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Mean	方差 Variance	变异系数 CV	Moran's I
1986	0.8520	0.9786	0.9026	0.0154	0.0170	0.5342
1997	0.8437	0.9907	0.9210	0.0243	0.0264	0.6732
2009	0.8570	0.9910	0.9232	0.0231	0.0250	0.6537

全局空间自相关性存在明显的尺度效应(图3)。风景区3个时期的全局空间自相关指标 Moran's I 随着尺度的增大呈现急剧减小的趋势,但均表现出正的全局自相关;在距离小于 1000 m 时, Moran's I 下降速度较快, 1000 m 之后下降速度减缓。1986 年的 Moran's I 系数整体上低于 1997 年和 2009 年, 1997 年和 2009 年的 Moran's I 系数在各尺度上很接近, 只是 2009 年在 2600 m 处出现差异, 这表明 2009 年比 1997 年的全局自相关区域有所减少。

2.2.2 景观生态安全度局部空间自相关分析

全域空间自相关指标可以检验整个区域某一要素的空间分布模式,但全局 Moran's I 不能用来测度相邻区域之间要素或属性的空间关联模式,也没有反映出景观生态安全局域显著性水平的具体数值^[24],因此有必要通过局域指标来反映在整个区域中某一地理要素或属性与相邻局部小区域单元上同一要素或属性的相关程度,进而深入探讨和研究要素或属性的空间格局及其可能成因。为此,对风景区景观生态安全进行了空间自相关空间关联局域指标分析,并侧重考察显著性水平较高的局部空间集群指标,用于反映 1986—2009 年风景区景观生态安全度在局部空间上的集群格局。

武夷山风景名胜区 1986 年、1997 年和 2009 年 3 个时期景观生态安全度的局部空间自相关 LISA 分析结果见图 4、图 5。风景区 1997 年和 2009 年景观生态安全度局域自相关格局较为一致,与 1986 年相比则有较大的格局变化。1986 年高值-高值区主要分布在风景区中部,同时有较大面积成片的低值-高值区分布于风景

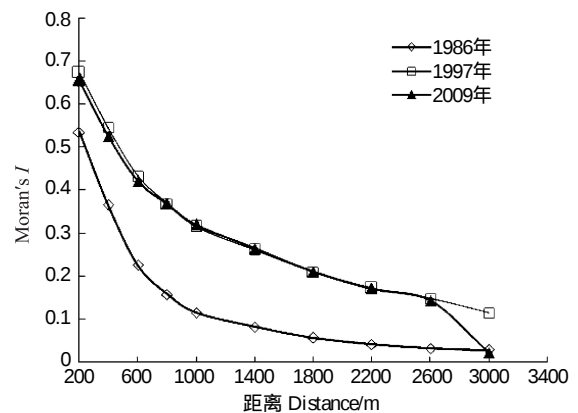


图3 武夷山风景名胜区景观生态安全度空间自相关性的尺度响应

Fig. 3 The spatial autocorrelation change by scales of landscape ecological security degree in Wuyishan Scenery District

区的中部和西北部。1986—1997 年间风景区景观生态安全度集群结构发生了明显变化,高值-高值区向风景区东部的溪东旅游服务区、西南部的星村镇区以及部分溪南景区扩散,而低值-高值区分布面积急剧萎缩,逐渐被低值-低值区所代替;风景区南部大部分面积从随机分布格局转变为集群分布格局。2009 年的分布格局与 1997 年的相近,变化程度小。从局域空间自相关显著水平上看。1986 年景观生态安全低值-高值区分布区域绝大部分达到了 0.01 显著水平,风景区南部和东部多数区域均不显著。1997 和 2009 年景观生态安全低值-高值区不仅分布面积缩小,而且显著水平下降,风景区中部地区显著性消失较多。同时,景观生态安全度高值-高值区分布面积增加,显著水平提高,一般达到 0.01 显著水平,有些地区达到 0.001 显著水平。1997 年和 2009 年达到显著水平的面积明显大于 1986 年的面积,这种差异主要发生在风景区的东部、南部和西南部。

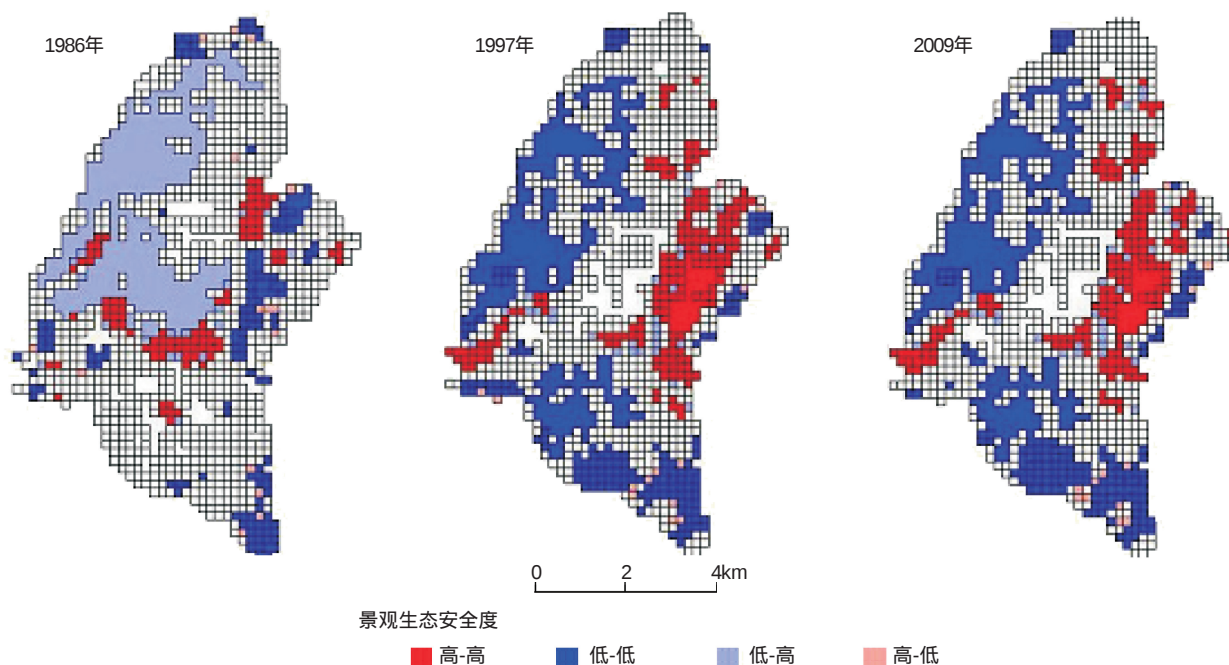


图4 武夷山风景名胜区3个时期生态安全度局域空间自相关 LISA 集群图

Fig. 4 The LISA cluster graph of local spatial autocorrelation in Wuyishan Scenery District in 1986, 1997 and 2009

可见,近 20 多年来武夷山风景名胜区景观生态安全度格局不仅在空间分布上发生了明显变化,而且空间集群分布的显著水平也发生了明显的改变。

2.2.3 景观生态安全度空间分异分析

运用地统计学方法对武夷山风景名胜区景观生态安全度格局进行空间分异研究,各模型拟合结果见表 2。1986 年景观生态安全度指数模型拟合效果最好,复相关系数 R^2 为 0.796,而 1997 年和 2009 年均球形模型拟合效果最佳,复相关系数分别为 0.924 和 0.913,1986 年相关系数较其他两个时期低,空间随机性程度高,这与全局与局域自相关研究结果吻合。

空间异质性主要由随机性和自相关性两部分组成。块金值反映的是随机部分的空间异质性,若块金值较大表明此时较小尺度上的某种过程不可忽视。 $C_0/(C+C_0)$ 的大小反映了自相关部分和随机部分对地理要素空间分异的影响程度,该比值越小,非结构性因素影响越大。这里结构性因素(内因)包括气候、地形地貌、土壤类型、植被类型等主导区域景观生态安全度的空间分布的因素;而非结构因素或称随机因素(外因)包括各种自然灾害以及人为活动导致景观变化的因素。变程值大小反映了研究区某一特征空间自相关的尺度状况,当取样此尺度小于该值时各要素的空间分布存在自相关,说明此时研究区主要的生态学过程、格局及功能都与该尺度有关,而当取样尺度大于该值时则要素呈随机性。

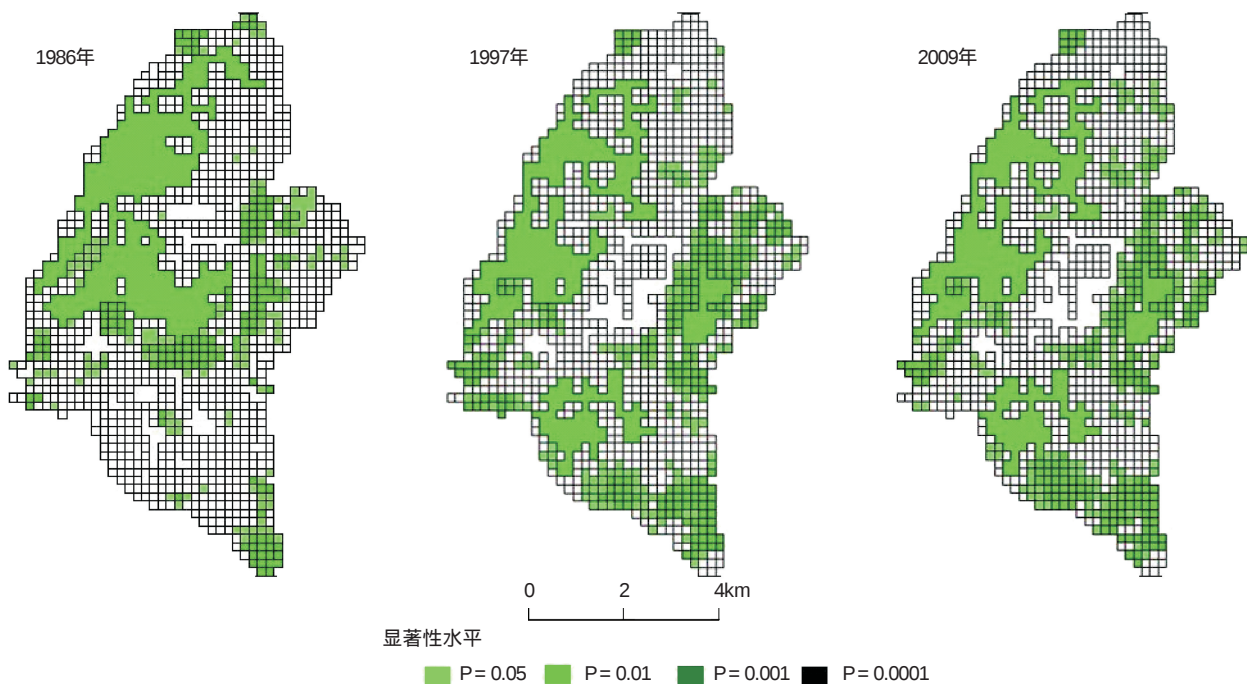


图5 武夷山风景名胜区3个时期生态安全度局域空间自相关LISA显著性水平

Fig.5 The LISA significance level graph of local spatial autocorrelation in Wuyishan Scenery District in 1986, 1997 and 2009

表2 武夷山风景名胜区景观生态安全度理论变异函数

Table 2 The variogram of landscape ecological security degree in Wuyishan Scenery District							
时期 Period	模型 Model	C_0	C_0+C	A_0	$C_0/(C_0+C)$	R^2	RSS
1986	球形 Sphere	0.000019	0.000258	750.00	0.074	0.754	2.872×10^{-9}
	指数 Exponent	0.000037	0.000260	1020.00	0.142	0.796	2.31×10^{-9}
	线性 Linear	0.000234	0.000266	6474.83	0.880	0.119	9.95×10^{-9}
	高斯 Gauss	0.000046	0.000257	588.90	0.179	0.756	2.777×10^{-9}
1997	球形 Sphere	0.000262	0.000675	4870.00	0.388	0.924	1.985×10^{-8}
	指数 Exponent	0.000189	0.000696	5460.00	0.272	0.901	2.591×10^{-8}
	线性 Linear	0.000367	0.000747	6474.83	0.491	0.731	7.038×10^{-8}
	高斯 Gauss	0.000315	0.000675	4070.32	0.467	0.901	2.588×10^{-8}
2009	球形 Sphere	0.000251	0.000627	4400.00	0.400	0.913	1.833×10^{-8}
	指数 Exponent	0.000170	0.000637	4500.00	0.267	0.894	2.228×10^{-8}
	线性 Linear	0.000368	0.000692	6474.83	0.532	0.659	7.161×10^{-8}
	高斯 Gauss	0.000298	0.000625	3602.67	0.477	0.892	2.279×10^{-8}

C_0 为块金值、 C 为偏基台值、 C_0+C 为基台值、 A_0 为变程度、 R^2 为复相关系数、RSS为残差

1986—2009年风景区景观生态安全度的块金效应整体上增强,从1986的0.00037增加到2009年0.000251,但1997年的块金值最大,为0.000262,表明研究区非结构因素作用渐强,不可忽视。 $C_0/(C+C_0)$ 在1986年、1997年和2009年分别为14.2%、38.8%和40.0%, $C_0/(C+C_0)$ 值逐渐增大充分表明非结构性因素对风景区景观生态安全空间分布影响效应在增强,这与风景区近20多年来旅游开发、人为活动频繁而强烈的实际情况相符。1986年、1997年和2009年研究区景观生态安全度空间分异的变程在1020—4870 m之间,其中1986年变程最小(1020 m),这表明1986—2009年间风景区景观生态安全度的相关性范围在扩张。总之,风景区景观生态安全度具有较强的空间相关性是结构性因素和非结构性因素综合作用的结果,其中地形地貌、土壤类型等结构因素对风景区景观生态安全度的空间分布起决定性作用,而旅游开发建设、历史早期毁

林种茶、弃农种茶等非结构因素(武夷岩茶是中国十大名茶之一,也是受原产地域产品保护制度保护的名茶,在国内外享有极高的知名度和名誉度,市场竞争力强。在岩茶产业的经济利益驱动下,风景区发展历史上存在农民放弃种田改种茶叶,特别 20 世纪 90 年代还存在林地被开垦为茶园的情况)对其演变产生重要影响。

3 结论与讨论

采用景观干扰指数和景观脆弱度指数构建景观生态安全度对武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异特征进行分析,能够较好地反映研究区的景观生态安全时空状况,结果表明:1986—2009 年间风景区景观生态安全度整体呈逐渐增加的趋势。风景区景观生态安全度呈正的全局空间自相关,且总体相关程度增强,尤其 1986—1997 年间特别明显;风景区全局空间自相关性存在明显的尺度效应。景观生态安全度的集群结构在 1986—1997 年间发生了明显变化:高值-高值区向东部的溪东旅游服务区、西南部的星村镇区及溪南景区扩散,而低值-高值区分布面积急剧萎缩,逐渐被低值-低值区所代替;南部大部分面积从随机分布格局转变为集群分布格局。景观生态安全度格局分布及集群分布的显著水平均发生了明显改变。地形地貌、土壤类型等结构因素对风景区景观生态安全度的空间分布起着决定性作用,而非结构因素(旅游开发建设、毁林种茶、弃农种茶等人为活动)对生态安全度的演变产生重要影响。

景观中普遍存在着非线性动力学过程,是一种耗散结构系统。当生态系统从外环境中不断吸取能量与物质时,外界环境连续不断的负熵流使系统的总熵减小、有序性增大,最终形成远离平衡态的稳定结构^[35]。研究区 1986—2009 年间因景区规划和旅游发展的需要,规划范围内建设用地成片开发,人类环境不断向建设用地输入负熵流使得建设用地具有高的景观生态安全度。1986—1997 年间在武夷山市政府大力扶持茶产业发展的促进下,茶园面积增加,系统外不断输入的负熵维持了茶园的稳定性,提高了茶园的生态安全度。然而,建设用地、茶园生态安全度得以提高的同时,导致被它们占用的景观类型破碎度增加,尤其是基质景观马尾松林面积的大量减少,马尾松林的生态安全度下降。这表明生态安全度反映了景观类型或空间粒度上自身的安全性和稳定性。某景观类型或空间网格的生态安全度可能受区域内与其生态过程密切联系的其他景观类型的制约,一种景观类型生态安全度的提高可能导致其他景观类型生态安全度的降低。

景观生态安全度可以从空间上直观反映出区域内生态安全状况^[23],但对研究区生态安全有重要作用的某些关键生态过程往往解释不足。通过干扰度、优势度、分离度、脆弱度等构建的生态安全度对生态安全的解释能力有待探讨。另外,受研究者经验和知识水平等主观因素限制,景观生态安全度中脆弱度的赋值更多是反映研究区内景观类型间的相对脆弱程度,景观生态分类上的差异也导致脆弱度赋值的普遍适用性较低。因此,如何提高脆弱度指数赋值的准确性或构建新的脆弱度指标,采用更加科学的研究方法研究景观生态安全度等有待进一步完善。

References:

- [1] Rogers K S. Ecological Security and Multinational Corporations. Environmental Change and Security Project (ECSP) Report. The Woodrow Wilson Center, 1997, (3): 29-36.
- [2] Rapport D J, Costanza R, McMichael A J. Assessing ecosystem health. Trends in Ecology and Evolution, 1998, 13(10): 397-402.
- [3] Cui S H, Hong H S, Huang Y S, Xue X Z. Progress of the ecological security research. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(4): 861-868.
- [4] Xiao D N, Chen W B, Guo F L. On the basic concepts and contents of ecological security. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(3): 354-358.
- [5] Liu Y S, Hong T, He D J, Hu H Q, Bian L L, Chen X L. Analysis on situation of ecological security in Wuyishan Scenery District. Journal of Safety and Environment, 2006, 6(6): 78-81.
- [6] He D J, Hong W, Hu H Q, Wu C Z, Chen B R, Yu J A. Ecological evaluation of the landscape in the Wuyishan Scenery District. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2004, 10(6): 729-734.
- [7] Sun X, Zhu X D, Li Y F. Landscape ecological security assessment in rapidly urbanizing bay area: a case study of Xiamen City, China. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(8): 3563-3573.
- [8] Kline J D, Moses A, Alig R J. Integrating urbanization into landscape level ecological assessments. Ecosystems, 2001, 4(1): 3-18.

- [9] Guo M, Xiao D N, Li X. Changes of landscape pattern between 1986 and 2000 in Jiuquan oasis, Heihe River basin. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(2): 457-466.
- [10] Yu K J. Landscape ecological security patterns in biological conservation. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(1): 8-15.
- [11] Mohanty S K, Bhatta K S, Mohanty R K, Mishra S, Mohapatra A, Pattnaik A K. Eco-restoration impact on fishery biodiversity and population structure in Chilika Lake//Mohanty P K, ed. *Monitoring and Modelling Lakes and Coastal Environments*. Berlin: Springer, 2008: 1-21
- [12] Li H, Cai Y L. The threshold of eco-security based on system dynamics and application: a case study of Chongming Island. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(13): 3654-3664.
- [13] Zhao H X, Wu S H, Jiang R G. Review on recent advances in ecological threshold research. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 338-345.
- [14] Zhao Y Z, Zou X Y, Cheng H, Jia H K, Wu Y Q, Wang G Y, Zhang C L, Gao S Y. Assessing the ecological security of the Tibetan plateau: methodology and a case study for Lhaze County. *Journal of Environmental Management*, 2006, 80(2): 120-131.
- [15] Chen X, Zou C H. Review of the studies on ecological security. *Progress in Geography*, 2005, 24(6): 8-20.
- [16] DiMento J F C. From resource scarcity to ecological security: exploring new limits to growth, by Dennis Pirages and Ken Cousins, the MIT Press, 2005, ISBN-10: 0-262-66189-6. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 2007, 7(1): 99-103.
- [17] Ye H, Ma Y, Dong L M. Land ecological security assessment for Bai Autonomous Prefecture of Dali based using PSR model — with data in 2009 as case. *Energy Procedia*, 2011, 5: 2172-2177.
- [18] Xu L F, Wang K L, Liu X P, Li X Q, Zhou S Y. Evaluation on agricultural eco-security in Dongting Lake Area. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(2): 183-187.
- [19] Yu F, Li X B, Wang H, Yu H J. Land use change and eco-security assessment of Huangfuchuan Watershed. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(6): 645-653.
- [20] Li X Y, Zhang S W. Analysis on the dynamic trend of ecological security in the west part of Jilin Province, China based on the landscape structure. *Arid Zone Research*, 2005, 22(1): 57-62.
- [21] Liu X L, Yang Z P, Di F, Chen X G. Evaluation on tourism ecological security in nature heritage sites — case of Kanas nature reserve of Xinjiang, China. *Chinese Geographical Science*, 2009, 19(3): 265-273.
- [22] He D J, Hong W, Hu H Q, Wu C Z. Patch size distribution pattern and its hierarchical effect of main landscape types in the Wuyishan Scenery District. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(1): 21-25.
- [23] Wang J, Cui B S, Yao H R, Liu S L. The temporal and spatial characteristic of landscape ecological security at Lancang River Watershed of longitudinal range gorge region in Southwest China. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(4): 1681-1690.
- [24] Xie H L. Regional eco-risk analysis of based on landscape structure and spatial statistics. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(10): 5020-5026.
- [25] Yang J, Li X M, Zhang Y, Sun C Z, Xu H M, Ji B C. Assessment on urban ecological security spatial differences based on causal network: a case of Dalian City. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(6): 2774-2783.
- [26] He D J, Hong W, Hu H Q, Wu C Z, Chen X Z. Modeling landscape pattern dynamics and their effects under different disturbances in Wuyishan Scenery District. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(8): 1602-1610.
- [27] He D J, Hong W, Hu H Q, Chen B R, Wang G L. Study on the spatial pattern of the Wuyishan Scenery District. *Scientia Silvae Sinicae*, 2004, 40(1): 174-179.
- [28] You W B, Liu Y S, He D J, Wu C Z, Hong W, Zheng K J, Wang Q B, Li X J, Luo S M. Characteristics of decomposition of litter from different natural forests in Wuyishan Scenery District. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2010, 28(2): 141-147.
- [29] Li Y C. The dynamic changes of ecological security in northern China. *Geographical Research*, 2008, 27(5): 1150-1161.
- [30] Guo L, Xue D Y, Yu S X, Cai L. Assessment and dynamic analysis of landscape ecological security of Taishan Mountain. *Journal of Mountain Science*, 2008, 26(3): 331-338.
- [31] He D J, Hong W, Hu H Q, Chen B R, Yu J A. A preliminary study on the spatial relationships of landscape types and their scale analyses in the Scenery District of Wuyi Mountain. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2004, 12(3): 19-23.
- [32] Wu Y M, Li J X. A local spatial econometric study on relationship between electricity consumption and economic growth of Chinese provinces. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(1): 30-35.
- [33] Anselin L. Local Indicators of Spatial Association — LISA. *Geographical Analysis*, 1995, 27(2): 93-115.
- [34] Getis A, Ord J K. Local spatial statistics: an overview//Lonley P, Batty M, eds. *Spatial Analysis: Modeling in A GIS Environment*. Cambridge: Geoinformation International, 1996.
- [35] Guo J P, Zhou Z X. *Landscape ecology*. Beijing: China Forestry Publishing House, 2007: 24-26.

参考文献:

- [3] 崔胜辉, 洪华生, 黄云凤, 薛雄志. 生态安全研究进展. *生态学报*, 2005, 25(4): 861-868.

- [4] 肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容. 应用生态学报, 2002, 13(3): 354-358.
- [5] 刘勇生, 洪滔, 何东进, 胡海清, 卞莉莉, 陈笑玲. 武夷山风景名胜区生态安全分析. 安全与环境学报, 2006, 6(6): 78-81.
- [6] 何东进, 洪伟, 胡海清, 吴承祯, 陈炳容, 余建安. 武夷山风景名胜区景观生态评价. 应用与环境生物学报, 2004, 10(6): 729-734.
- [7] 孙翔, 朱晓东, 李杨帆. 港湾快速城市化地区景观生态安全评价——以厦门市为例. 生态学报, 2008, 28(8): 3563-3573.
- [9] 郭明, 肖笃宁, 李新. 黑河流域酒泉绿洲景观生态安全格局分析. 生态学报, 2006, 26(2): 457-466.
- [10] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. 生态学报, 1999, 19(1): 8-15.
- [12] 李华, 蔡永立. 基于 SD 的生态安全指标阈值的确定及应用——以上海崇明岛为例. 生态学报, 2010, 30(13): 3654-3664.
- [13] 赵慧霞, 吴绍洪, 姜鲁光. 生态阈值研究进展. 生态学报, 2007, 27(1): 338-345.
- [15] 陈星, 周成虎. 生态安全: 国内外研究综述. 地理科学进展, 2005, 24(6): 8-20.
- [18] 许联芳, 王克林, 刘新平, 李晚青, 周上游. 洞庭湖区农业生态安全评价. 水土保持学报, 2006, 20(2): 183-187.
- [19] 喻锋, 李晓兵, 王宏, 余弘婧. 皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价. 地理学报, 2006, 61(6): 645-653.
- [20] 李晓燕, 张树文. 基于景观结构的吉林西部生态安全动态分析. 干旱区研究, 2005, 22(1): 57-62.
- [22] 何东进, 洪伟, 胡海清, 吴承祯. 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. 应用生态学报, 2004, 15(1): 21-25.
- [23] 王娟, 崔保山, 姚华荣, 刘世梁. 纵向岭谷区澜沧江流域景观生态安全时空分异特征. 生态学报, 2008, 28(4): 1681-1690.
- [24] 谢花林. 基于景观结构和空间统计学的区域生态风险分析. 生态学报, 2008, 28(10): 5020-5026.
- [25] 杨俊, 李雪铭, 张云, 孙才志, 徐惠民, 冀保程. 基于因果网络模型的城市生态安全空间分异——以大连市为例. 生态学报, 2008, 28(6): 2774-2783.
- [26] 何东进, 洪伟, 胡海清, 吴承祯, 陈先珍. 武夷山风景名胜区景观空间格局变化及其干扰效应模拟. 生态学报, 2004, 24(8): 1602-1610.
- [27] 何东进, 洪伟, 胡海清, 陈炳荣, 王国礼. 武夷山风景名胜区景观空间格局研究. 林业科学, 2004, 40(1): 174-179.
- [28] 游巍斌, 刘勇生, 何东进, 吴承祯, 洪伟, 郑开基, 王其炳, 李晓景, 罗素梅. 武夷山风景名胜区不同天然林凋落物分解特征. 四川农业大学学报, 2010, 28(2): 141-147.
- [29] 李月臣. 中国北方 13 省市区生态安全动态变化分析. 地理研究, 2008, 27(5): 1150-1161.
- [30] 郭砾, 薛达元, 余世孝, 蔡亮. 泰山景观生态安全动态分析与评价. 山地学报, 2008, 26(3): 331-338.
- [31] 何东进, 洪伟, 胡海清, 陈炳容, 余建安. 武夷山风景名胜区景观类型空间关系及其尺度效应初探. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 19-23.
- [32] 吴玉鸣, 李建霞. 省域经济增长与电力消费的局域空间计量经济分析. 地理科学, 2009, 29(1): 30-35.
- [35] 郭晋平, 周志翔. 景观生态学. 北京: 中国林业出版社, 2007: 24-26.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 21 November, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Landscape spatial analysis of a traditional tibetan settlement based on landscape pattern theory and feng-shui theory; the case of Zhagana, Diebu, Gansu Province	SHI Lisha, YAN Lijiao, HUANG Lu, et al (6305)
Temporal-spatial differentiation and its change in the landscape ecological security of Wuyishan Scenery District	YOU Weibin, HE Dongjin, WU Liyun, et al (6317)
Evaluation of eco-sustainability of roads in a tourism area; a case study within Yulong County	JIANG Yiyi (6328)
Study on the compactness assessment model of urban spatial form	ZHAO Jingzhu, SONG Yu, SHI Longyu, et al (6338)
A multi-scale analysis of red-crowned crane's habitat selection at the Yellow River Delta Nature Reserve, Shandong, China	CAO Mingchang, LIU Gaohuan, XU Haigen (6344)
Assessment and spatial distribution of water and soil loss in karst regions, southwest China	FAN Feide, WANG Kelin, XIONG Ying, et al (6353)
Construction of an eco-environmental database for watershed-scale data; an example from the Tarim River Basin	GAO Fan, YAN Zhenglong, HUANG Qiang (6363)
Reproductive allocation in dioecious shrub, <i>Rhamnus davurica</i>	WANG Juan, ZHANG Chunyu, ZHAO Xiuhai, et al (6371)
Age-dependent growth responses of <i>Pinus koraiensis</i> to climate in the north slope of Changbai Mountain, North-Eastern China	WANG Xiaoming, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (6378)
Fine-scale spatial point patterns of <i>Stipa krylovii</i> population in different alpine degraded grasslands	ZHAO Chengzhang, REN Heng, SHENG Yaping, et al (6388)
Community structure and population regeneration in remnant <i>Ginkgo biloba</i> stands	YANG Yongchuan, MU Jianping, TANG Cindy Q., et al (6396)
Reproductive characteristics and adaptive evolution of pin and thrum flowers in endangered species, <i>Primula merrilliana</i>	SHAO Jianwen, ZHANG Wenjuan, ZHANG Xiaoping (6410)
Leaf functional traits of four typical forests along the altitudinal gradients in Mt. Shennongjia	LUO Lu, SHEN Guozhen, XIE Zongqiang, et al (6420)
Reclaimed soil properties and weathered gangue change characteristics under various vegetation types on gangue pile	WANG Liyan, HAN Youzhi, ZHANG Chengliang, et al (6429)
Influence of fire on stands of <i>Pinus massoniana</i> in a karst mountain area of central Guizhou province	ZHANG Xi, CHUI Yingchun, ZHU Jun, et al (6442)
Morphological and physiological adaptation of <i>Caragana</i> species in the Inner Mongolia Plateau	MA Chengcang, GAO Yubao, LI Qingfang, et al (6451)
A comparative study on reasons of degenerated of <i>Haloxylon ammodendron</i> population in the western part of Gurbantunggut desert	SI Langming, LIU Tong, LIU Bin, et al (6460)
Self-thinning of natural broadleaved forests in Baishilazi Nature Reserve ...	ZHOU Yongbin, YIN You, YIN Mingfang, et al (6469)
Population status and dynamic trends of Amur tiger's prey in Eastern Wandashan Mountain, Heilongjiang Province	ZHANG Changzhi, ZHANG Minghai (6481)
The relationship between the occurrence of Colorado Potato Beetle, <i>Leptinotarsa decemlineata</i> , and rivers based on GIS: a case study of Shawan Country	LI Chao, ZHANG Zhi, GUO Wenchao, et al (6488)
Occurrence dynamics and trajectory analysis of <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> Guenée in Xing'an Guangxi Municipality in 2010	JIANG Chunxian, QI Huihui, SUN Mingyang, et al (6495)
Adaptability of B-biotype <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) to Host Shift	ZHOU Fucui, LI Chuanming, GU Aixiang, et al (6505)
Structural change analysis of cecal bacterial flora in different poultry breeds using PCR-DGGE ...	LI Yongzhu, Yongquan Cui (6513)
Effect of chicken manure-amended copper mine tailings on growth of three leguminous species, soil microbial biomass and enzyme activities	ZHANG Hong, SHEN Zhangjun, YANG Guide, et al (6522)
Physiological response of <i>Microcystis</i> to solar UV radiation	WANG Yan, LI Shanshan, LI Jianhong, et al (6532)
Relationship between cell volume and cell carbon and cell nitrogen for ten common dinoflagellates	WANG Yan, LI Ruixiang, DONG Shuanglin, et al (6540)
The community structure and abundance of microcystin-producing cyanobacteria in surface sediment of Lake Taihu in winter	LI Daming, KONG Fanxiang, YU Yang, et al (6551)
Influence of green belt structure on the dispersion of particle pollutants in street canyons	LIN Yinding, WU Xiaogang, HAO Xingyu, et al (6561)
Spatio-temporal variation analysis of urbanization and land use benefit of oasis urban areas in Xinjiang	YANG Yu, LIU Yi, DONG Wen, et al (6568)
Nitrate contamination and source tracing from NO_3^- - $\delta^{15}\text{N}$ in groundwater in Weifang, Shandong Province	XU Chunying, LI Yuzhong, LI Qiaozhen, et al (6579)
The impact of rising temperature on spring wheat production in the Yellow River irrigation region of Ningxia	XIAO Guoju, ZHANG Qiang, ZHANG Fengju, et al (6588)
A new hyperspectral index for the estimation of nitrogen contents of wheat canopy	LIANG Liang, YANG Minhua, DENG Kaidong, et al (6594)
The feature of N_2O emission from a paddy field in irrigation area of the Yellow River	ZHANG Hui, YANG Zhengli, LUO Liangguo, et al (6606)
Review and Monograph	
Research perspective for the effects of nitrogen deposition on biogenic volatile organic compounds	HUANG Juan, MO Jiangming, KONG Guohui, et al (6616)
Recruitment limitation of plant population: from seed production to sapling establishment	LI Ning, BAI Bing, LU Changhu (6624)
Scientific Note	
Response of anatomical structure and photosynthetic characteristics to low light stress in leaves of different maize genotypes	DU Chengfeng, LI Chaohai, LIU Tianxue, et al (6633)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 21 期 (2011 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 21 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元