

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

蒋依依. 旅游地道路生态持续性评价——以云南省玉龙县为例. 生态学报, 2011, 31(21): 6328-6337.

Jiang Y Y. Evaluation of eco-sustainability of roads in a tourism area: a case study within Yulong County. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(21): 6328-6337.

旅游地道路生态持续性评价 ——以云南省玉龙县为例

蒋依依

(中国旅游研究院, 北京 100005)

摘要: 从生态效应与连通功能两个角度, 综合运用景观格局指数、总体变异系数、稳定性系数等方法, 以云南省玉龙县为例, 构建旅游地道路生态持续性评价体系, 定量评价全县主要旅游道路生态持续性状态及其空间分异。结果表明, 研究区道路的生态持续性状态总体良好, 有助于旅游业发展, 同时对生态系统影响有限; 受承载游客规模不同、沿线生态系统敏感性差异等因素影响, 玉龙县道路的生态持续性具有明显的空间差异; 旅游地道路生态持续性的影响因素主要包括道路所承载的旅游活动强度, 道路的坡度, 道路周边山体的地质构造, 道路所经过区域的生态系统敏感程度等。

关键词: 旅游地道路; 生态持续性评价; 滇西北山区

Evaluation of eco-sustainability of roads in a tourism area: a case study within Yulong County

JIANG Yiyi

China Tourism Academy, Beijing 100005, China

Abstract: In this research, a synthetic assessment system is developed in order to evaluate the eco-sustainability of roads and their spatial variability in a tourism area. A case study in Lijiang County, located in the northwest of Yunnan Province, is described. The tourism industry in this study area has developed rapidly in the past few years. The assessment employs tools such as landscape pattern metrics, total variation index, and stability coefficients. The study's results reveal that: (1) generally, the roads have helped to develop the tourism industry in Yulong County, and their impact on the environment is minimal; (2) there is significant spatial variability in eco-sustainability among roads; and (3) factors influencing road ecological sustainability include the intensity of tourist activities, the slope of the roads, the geological structure along the mountain roads, and the ecosystem sensitivity along the roads. The methodology has made major advances in five main areas. First, it considers both of the decisive factors of eco-sustainability in a tourism area—the development of a tourism industry, and its influence on ecosystems. These two form a coherent whole. Second, the methodology evaluates two aspects of road connectivity features: the internal rationale of road design and construction, and the external interference of geological hazards. The third highlight of this research is the establishment of a three-layer evaluation system of ecological effects, which includes the spheres of influence of an ecosystem, its pattern, and ecological factors. Fourth, the evaluation of road eco-sustainability in a tourism area would benefit by showing the spatial distinction of eco-sustainability of different roads. Fifth, the support vector machines model used in this paper could exclude the interference with the man-induced factor when defining weight for the category index. The keys to evaluate the eco-sustainability of the roads in a tourism area are the rational choice of indexes and the identification of thresholds. For instance, besides their tourism functions such as

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41001381); 国家社科基金资助项目(10zd&051)

收稿日期: 2011-01-09; **修订日期:** 2011-08-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yyjiang@cmta.gov.cn

communication, they also perform many social and economic functions. In addition, the impacts of ecological factors such as the weather, soil, water, and creatures surrounding the roads should be considered as much as possible in the evaluation. But since some factors are difficult to quantify or statistics difficult to obtain, future research will focus on improving the evaluation indexes further. To this end, we should carry out experimental studies in order to identify more reasonable ecological thresholds. The ultimate purpose of our research is to provide references for road construction in the tourism area and for the protection of ecological integrity. Therefore, in constructing roads in the tourism area, we should first plan and design road levels in light of the development plan and trend of the tourist area and the tourist capacity of its roads. Next, in road planning and designing, we should consider the slope-elevation relationship and try to circumvent areas where geological disasters are likely to occur, thus improving road safety and comfort. Finally, we should follow the principle of giving priority to conservation and try not to let the roads run across ecologically sensitive areas. Meanwhile, we must consider restoring the disabled ecological functions and improving the habitat quality on the sides of existing roads, and propose measures for ecological restoration.

Key Words: Roads in tourism area; eco-sustainability evaluation; mountainous areas in the northwestern region of Yunnan Province

道路对旅游地的发展演化发挥着至关重要的作用。道路是线状的旅游活动空间,是游客在旅游地内部集聚与分散的重要载体,其连通功能是旅游地内旅游活动发生与发展的重要保障^[1]。道路的等级、长度、空间密度与结构都是影响游客空间分布合理与否的重要因素,从而在旅游地的演变中发挥着重要作用。适合的道路甚至能使已经衰退或消亡的旅游地重新焕发生机与活力,是旅游地发展及其向下一个阶段演进的关键^[2]。

同时,随着现代工程技术的发展,道路建设受自然地形及地质条件的约束越来越小,随着道路以线状或网络状广泛而迅速地延伸,密度和交通量不断增加,道路对旅游地生态系统的格局与过程的直接或间接负面影响正不断加剧,具体表现为:①分割效应。道路的建设分割了旅游地自然生境的完整性,往往造成生态系统格局的破碎化^[3-8],导致自然生境质量的下降;②屏障效应。道路的屏障效应增加了野生动物空间扩散的阻力,或直接导致野生动物穿越道路时的车祸死亡^[9-13];③边缘效应。道路所产生的污染、噪声以及所集中的无序人类活动等侵扰着道路两侧的水文、小气候、土壤与植被^[14-21];④消耗效应。道路的建设需要占用土地资源,道路所承载的交通工具对能源资源的消耗往往成为旅游地能源消耗中的重要构成部分^[22-24]。

可见,道路一方面是旅游地旅游业发展的推动器,另一方面是影响旅游地自然环境的重要空间因素^[25-26]。因此,评价旅游地的道路生态持续性有助于揭示道路对于旅游地旅游业发展,以及对生态系统格局、过程和演化产生推进或阻碍作用的现象、机理与趋势,从而为旅游地可持续发展方案的制定奠定具有针对性与可操作性的分析基础。但纵观国内外的研究,尚未对该问题进行深入系统的探讨。鉴于此,本研究将以地处滇西北山区,自然环境脆弱,近年来旅游业发展迅速的玉龙县为例,构建旅游地道路生态持续性的综合评价指标体系,定量评价全县道路生态持续及其空间分异状态。

1 研究区概况

玉龙县(含古城区)地处云南省西北部(99°23'—100°32'E, 26°34'—27°46'N),辖24个乡镇,总面积7648 km²,均属滇西北金沙江高山峡谷的地貌类型,地势西北高而东南低,金沙江及其支系深切于崇山峻岭之间,地貌类型复杂。玉龙县虽处低纬地区,但海拔较高,加上地势北高南低,山川纵横交错,因而气候区域差异与垂直差异明显,兼有亚热、温、寒带3种气候。多样性的地貌特征和气候特征,形成植被垂直分布和地域分布的特点,拥有多种层级结构的动植物资源,生态保护意义重大。

由于玉龙县境内地形地貌复杂,多高山峡谷,在解放前交通条件较差,仅有以县城为中心,通往周边地区的人马驿道网。解放初期,先后修筑滇藏公路境内九河至巨甸至维西县境路段,白汉场至县城路段,县城至鸣

音路段,县城至中甸路段。1958—1959年,丽华公路境内路段、甲子铁厂等公路相继建成。近年来,随着旅游业的快速发展,玉龙县的道路网络也日趋完善,并正在形成以大研古镇为中心,向南与云南省大理市连接,向北连接玉龙雪山、花依岩画,向东延伸至云南省宁蒗县泸沽湖景区,向西沿金沙江连接金沙江与老君山各景区的旅游道路网络。道路的扩展对于玉龙县旅游业的发展发挥了重要的支撑作用,根据丽江地区交通行政管理处资料,玉龙县游客对道路的使用率达82.45%。但道路建设以及人类活动的集中对于玉龙县特定的自然生态也产生了明显干扰,道路的分割效应及其导致的土地利用变化,使得该地区生态系统退化日益严重^[27]。

2 指标体系与数据处理

2.1 评价指标体系

旅游地道路的生态持续性评价,是对道路满足旅游活动的发展需求与对自然环境干扰程度之间协调性的综合评价与定量表达。首先,道路是游客活动的通道,连通功能是道路的基本功能。道路的延伸和承载,使分布于不同区域的各类旅游要素有机组合,是决定着旅游地可进入性、游客空间分布格局与空间周转速度的关键,成为旅游地旅游产业发展的基础。相对游客需求,道路连接功能须稳定并不断优化。同时,生态效应是指道路的建设以及作为线性空间聚集的人类活动引起周边生态系统结构和功能的变化,是研究旅游地道路分割、干扰与破坏等生态影响的重要内容。从视角美学与生态完整性、多样性角度考虑,要求旅游地道路对周边生态影响尽可能减少,维持与提升道路两侧生态系统空间格局与生态过程的合理性与稳定性。

基于连通功能与生态效应两个目标,应用景观生态学与层次分析法原理,构建旅游地道路生态持续性指标体系(表1)。研究选择在以道路为载体的线状旅游活动与景观生态之间具有内在联系的代表性评价指标,并充分考虑研究区地处滇西北山区,生态系统相对封闭脆弱,地形破碎,地质构造活动相对频繁,道路两侧以自然景观为主要旅游吸引物等特征。

连通功能的评价着重游客需求的满足程度。评价指标包括道路合理程度与外部干扰空间概率。道路合理程度是指道路空间位置的合理性,以道路是否吻合所连接节点之间的最短道路,评价游客空间移动的时间成本以及道路的建设成本。外部干扰空间概率是指阻碍道路连通功能的外部因素发生空间概率,在滇西北山区,外部因素主要包括崩塌滑坡、地震等影响道路交通安全的地质灾害。

道路生态效应的评价突出对周边生态系统格局和功能的影响。评价指标包括道路对周边生态系统的影响范围、对生态系统格局以及生态要素的影响程度。道路对周边生态系统的影响范围,是指道路两侧土地利用/覆被变化的强度与空间差异,能表征道路对生态系统格局与过程的综合影响。道路对生态格局的影响程度,是利用景观指数,评价道路对周边自然生境完整性的影响程度。道路对生态要素的影响程度,反映道路对植被、土壤与河流等要素的可能影响。

表1 旅游地道路生态持续性评价指标体系

Table 1 Assessment system of road eco-sustainability in tourism area

准则层 Rule hierarchy	指标层 Index hierarchy		指标含义 Signification of index
连通功能	合理程度		游客沿该道路的空间扩散是否最为快捷舒适
Connected function	外部干扰	崩塌滑坡	崩塌滑坡发生的空间概率越大,对道路连通功能的制约越大
	空间概率	地震	地震发生的空间概率越大,对道路连通功能的制约越大
生态效应	影响范围		道路对于生态系统格局与过程影响的综合测度
Ecological effect	对生态系统格局影响		道路对周边自然生境完整性的影响程度
	对生态要素影响		道路对植被、水质、地表水质等要素的影响程度

2.2 数据来源与处理

研究根据玉龙县旅游景区的空间分布状况,将连接主要景区的道路分为9个评价单元(图1a)。主要数据来源包括:(1)玉龙县数字高程模型(DEM);(2)1996年2月TM与2001年4月玉龙县ETM影像,参照玉龙县2000年土地利用图(1:100000),以及实地调查和社会经济相关资料,应用ERDAS8.4对遥感图像进行解

译与校正处理,结合 2007 年颁布的《土地利用现状分类》国家标准以及本项研究的目的,将研究区的土地利用/覆被类型划分为:冰雪区、林地、灌丛草地、耕地、水域、城建用地、未利用地;(3)数字化玉龙县地震烈度分布图。

3 计算与分析

3.1 生态效应

(1)道路影响范围:道路对于生态系统的影响遵循距离衰减率^[28-30]。道路影响范围可以看作道路对于生态系统格局与过程影响的综合测度指数,范围的大小往往与道路对生态系统的影响程度成正比^[31-32],影响范围越大,表明道路周边生态系统受人类活动干扰的程度越高。结合玉龙县遥感影像解译结果与总体变异系数方法判断道路影响范围。利用总体变异系数建立道路周边的土地利用/土地覆被结构变异距离衰减曲线。总体变异系数不再发生显著减少的对应区域即为道路影响范围。总体变异系数计算公式参照相关文献^[33-34]。研究表明,以丽江古城向四周发散的的道路,是当地居民生产生活的主要交通道路,以及游客往返昆明-丽江、丽江古城与泸沽湖、玉龙雪山以及长江第一湾的重要通道,道路等级较高,路面较为宽敞,来往车辆频繁,因此对于道路两侧土地利用/覆被结构影响范围较大。而金沙江沿岸以及老君山地区道路两侧虽然受地质、地貌与植被条件影响,生态系统更为脆弱,但由于包括当地居民与游客在内的人类活动相对较少,因此道路两侧生态系统受人类活动干扰的范围较小。

(2)生态系统破碎化:道路的产生和发展致使与旅游相关的人类活动向道路集聚,其边缘效应可导致周边生态系统的破碎化。生态系统的破碎化程度通常与人类活动干扰强度成正比。研究选取道路影响范围内平均斑块面积定量表征道路对于生态系统及其生境破碎化的影响^[35-36]。

(3)对生态要素的影响:滇西北山区游客活动对地表水质的影响显著^[37]。对地表水质的影响方式包括侵蚀土壤,影响矿物养分流动,形成直接污染源等^[38-39]。因此,研究选择以河流水系为切入点分析道路对生态要素的影响。研究假定,当道路影响范围内存在连续的河流水系,则河流水系所受影响最大。道路对河流水系的影响程度可用公式表示如下:

$$SI_3 = WL/RL \quad (1)$$

式中, SI_3 为道路对河流水系的影响程度值, WL 为道路影响范围内的水系长度, RL 为道路长度。

3.2 连通功能

(1)空间位置的合理性

研究假定,两个节点之间必然存在一条理想道路,游客沿该道路的空间扩散行为最为快捷。根据该思路,将两个节点之间的最小累计阻力道路作为理想道路,研究根据实际道路与最小累计阻力道路之间的偏离程度,判断实际道路的合理性。最小累计阻力道路的计算原理为:游客在空间的扩散需要克服空间阻力,阻力的决定性因素包括地形要素和土地利用/覆被类型,在两个节点之间的无数条道路中,游客沿每条道路扩散所克服的累计阻力并不相同,但必然有一条道路的累计阻力值最小,游客沿该道路的空间扩散最为快捷。研究结合相关研究成果^[40-43],玉龙县坡度、高程等地貌特征,以及 1996—2001 年土地利用/覆被类型之间转换的概率,构建玉龙县道路空间分布的阻力面(表 2)。基于 Arcgis9.0 中 Cost Back Link 与 Cost Path 模块,以每个道路研究单元的两个端点为源,生成玉龙县各景区之间的理想道路。在此基础上比较实际道路与理想道路的吻合程度,实际道路与理想道路的吻合程度越高,道路合理性越高。道路合理性用 1—5 之间分值来表示,当吻合程度大于 80% 时,道路合理性为 5 分,以此类推。研究结果表明,除金沙江沿岸,以及丽江古城至玉龙雪山的实际道路与理想道路的吻合程度较高外,其他实际道路与理想道路之间都存在一定程度的偏差,其中老君山地区的实际道路与理想道路偏差程度较大。

(2)地质灾害空间概率

①崩塌滑坡空间概率 滇西北山区地貌类型复杂多样,褶皱断层发育,地层松散破碎,为崩塌滑坡等地质灾害的形成提供了地质地貌基础。崩塌滑坡对道路的影响主要表现在崩积物、落石砸伤人与车辆,堆积物侵

表 2 玉龙县道路空间分布阻力值
Table 2 Resistance of corridor distribution in Yulong County

阻力面 Resistance surface								权重值 Weight
阻力面一:土地利用/土地覆被 Land use/cover	冰雪区 snow-ice cover	林地 Forest land	灌丛草地 Shrub Grassland	耕地 farmland	水域 Water	城建用地 Built-up Area	未利用地 Unutilized Land	0.10
阻力值 Resistance value	10	9	7	6	10	1	9	
阻力面二:坡度 Slope/(°)	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	>60	0.60
阻力值 Resistance value	1	3	5	7	8	9	10	
阻力面三:高程/m Elevation/m	1300— 1800	1800— 2300	2300— 2800	2800— 3300	3300— 3800	3800— 4300	4300— 4800	0.30
阻力值 Resistance value	5	3	1	7	8	9	10	

占路面,埋没边沟等造成交通安全危害或直接阻断交通^[44]。崩塌滑坡发生的概率越大,道路连通功能越受制约。崩塌滑坡空间概率的计算可通过坡面稳定性系数进行推断(表3)。稳定性强,则发生崩塌滑坡的概率低,反之亦然。利用玉龙县 DEM 以及 Arcview3.2a 扩展程序 SINMAP,进而根据公式(2)计算各道路影响范围内每个像元的坡面稳定性指数:

$$SI_1 = \sum_{i=1}^n (W_{1i}P_{1i}) \tag{2}$$

式中, SI_1 为各道路影响范围的坡面稳定性系数所对应的稳定指数; P_{1i} 为某等级像元坡面稳定性系数所对应的稳定指数; W_{1i} 为该等级像元占道路影响范围内总像元的比例; n 为坡面稳定性程度的等级。研究结果表明,金沙江沿岸因为河流深度切割,地表较为破碎,因此道路两侧发生崩塌滑坡的空间概率最高,玉龙雪山与老君山区域的道路次之,丽江古城周边因地势相对平坦,道路两侧发生崩塌滑坡的概率相对较小。

表 3 坡面稳定性分级^[44]
Table 3 Classification of slope stability

稳定性系数范围 The range of stability coefficient	稳定性程度 Degree of stability	稳定指数 Stability index
$SI>1.5$	稳定区	5
$1.5>SI>1.25$	中度稳定区	4
$1.25>SI>1.0$	半稳定区	3
$1.0>SI>0.5$	滑坡区下限	2
$0.5>SI>0.0$	滑坡区上限	1
$0.0>SI$	保护区	1

②地震空间概率 滇西北山区地质构造复杂,地壳运动剧烈,是地震频繁地区。地震活动破坏了地表岩土体的结构,加速了各类地质灾害的发育进程,为崩塌滑坡等灾害的发生提供了动力条件^[45],也可能直接造成道路的断裂,中断交通。地震发生的空间概率越高,越制约道路连通功能的发挥。地震空间概率的计算方法基于相关资料^[46],并根据各像元地震空间概率,进而由公式(3)评定丽江县各道路的地震烈度值:

$$SI_2 = \sum_{i=1}^n (W_{2i}P_{2i}) \tag{3}$$

式中, SI_2 为各道路的地震烈度值; P_{2i} 道路影响范围内某行政单元的地震烈度值; W_{2i} 为该行政单元面积占道路影响范围总面积的比例; n 为该道路影响范围内行政单元的数目。从玉龙县地震烈度空间分布图可以知道,丽江古城与玉龙雪山是玉龙县地震烈度最高的地区。以这两个地区为中心,地震烈度向四周梯次降低。

3.3 结果分类

针对道路生态持续性评价中小样本高维数的特点,研究采用支持向量机模型(Support Vector Machine,

SVM),对评价指标体系中具有不同量纲,代表不同类型和物理含义,可能相互联系相互影响的指标进行归一化,并最大程度地区别不同级别之间的差异,同时尽可能排除人为因素的干扰。

分类步骤包括:

(1)模型选择 研究选用 LIBSVM^①。

(2)数据处理 为增大训练样本量,研究进行随机数据插值,获得约 2000 个训练数据。利用 SVMSCALE 模块,对输入的样本数据进行归一化处理,以消除各评价因子由于量纲和单位不同的影响。

(3)数据训练 利用 SVMTRAIN 模块,进行数据训练,以计算出特征空间中各类别特征样本与其它特征样本的分类超平面。

(4)测试与检验 训练完成之后,进行测试与检验,调整相关参数,以最大限度减少误差,提高模型的分类能力。利用 GRID. PY 模块进行不同的 c 、 g 参数的实验,发现 $c=1$, $g=0.00390625$ 时,分类的准确率最高,达 98%。

(5)分类 利用 c 、 g 值,基于 SVM PREDICT 模块,对各道路生态安全评价价值进行分类。

鉴于道路生态持续性评价尚缺乏通用的评价标准,研究对评价结果的划分采用五级标准,按照等距划分方法,进行评价结果的相对比较。五类分类标准分别为:较差、相对较差、一般、相对良好与良好。

3.4 总体状况

研究区各评价单元的评价指标值与评价结果见表 4 与图 1。评价结果表明,总体而言,玉龙县旅游道路的生态持续状态较好。9 条道路当中,3 条道路生态持续状态良好,2 条道路状态相对良好,其余 4 条状态一般。结果说明旅游道路的建设较为合理,游客能快捷并舒适地往返于各旅游景区,同时,以道路为载体的旅游活动对周边生态系统的影响基本未超过生态系统的承载能力。

表 4 玉龙县各道路生态分布安全评价价值

Table 4 Criteria for assessing the ecological security of corridor

	道路 1 Road 1	道路 2 Road 2	道路 3 Road 3	道路 4 Road 4	道路 5 Road 5	道路 6 Road 6	道路 7 Road 7	道路 8 Road 8	道路 9 Road 9
合理性 Rationality	5.0	0	1.5	4.5	3.5	2.5	3.5	4.5	3.5
稳定指数 Stability index	3.410	2.988	3.525	4.290	3.984	4.442	3.600	4.032	3.446
地震烈度(级) Earthquake intensity(M)	6.218	6.000	5.306	8.499	8.329	7.733	7.733	9.000	7.981
影响域/m Influence domain	2500	1500	3500	6000	4000	3500	2500	6000	4000
斑块面积差/m ² difference of patch area	3.719	-0.433	-27.336	-8.710	4.197	-6.541	-9.073	-1.115	1.869
水系影响 Influence of water system	3.516	3.493	4.788	6.305	4.599	3.193	2.462	4.797	2.611
评价结果 Evaluation results	相对良好	良好	一般	良好	一般	一般	相对良好	良好	一般

3.5 区域差异

各条道路的地质条件与两侧的地形地貌,道路的等级以及所承载的游客规模,以及道路两侧的生态要素等均存在明显的空间分异。各种因素的综合作用,使道路生态持续状态具有明显的空间差异。

生态持续性状态良好的道路为道路 2、道路 4 与道路 8。道路 2 是老君山丹霞地貌景区与外界连接的主要道路,道路 4 是游客从昆明、大理中转进入丽江最主要的道路,道路 8 是连接玉龙县最重要的两个景区——世界文化遗产丽江古城与世界自然遗产玉龙雪山的旅游道路。老君山丹霞地貌景区森林覆盖率达 91.7%,

① <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>

植被类型丰富且保存相对完整,是滇西北地区保存比较完整的地段之一,目前景区每年接待的游客规模只有数千人,加之当地居民人类活动较少,道路等级较低,因此道路对周边生态系统影响较小,生态持续状况良好。以道路4与道路8为载体的人类活动最为集中,道路两侧以耕地与建设用地为主,且建设用地增长速度较快。每年约200万人次的游客依托这两条道路往返,相较而言,这两条道路对玉龙县旅游业发展的支持作用最为显著。虽然其对周边生态系统的影响范围在诸道路中最大,但由于这两条道路穿越玉龙雪山以南的山间盆地,地形起伏不大,道路两侧发生崩塌滑坡的概率较小,道路的合理程度较高,与其他道路相较连通功能最为完善,综合而言,生态持续状况良好。

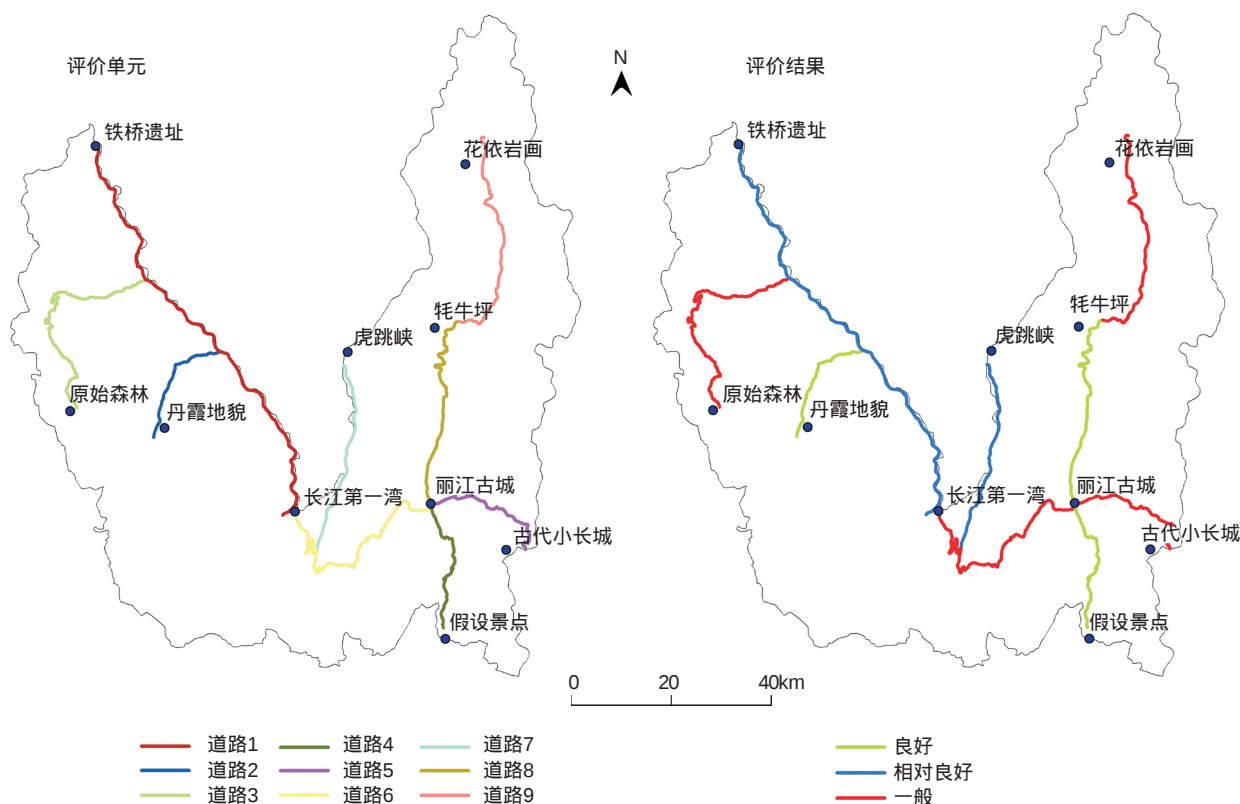


图1 玉龙县道路生态持续性评价

Fig. 1 Evaluation of road eco-sustainability in Yulong County

生态持续性状态相对良好的道路为道路1与道路7。其中道路1连接长江第一湾与铁桥遗址,道路7是虎跳峡与长江第一湾之间的必经之路。这两条道路共同的特点是依金沙江而建,坡度起伏相对平缓,道路合理程度较好。道路沿线为海拔1700—2000 m之间的宽谷区,谷地开阔且历来为稻谷主产区,道路对周边土地利用/覆被的影响不显著。但江边陡峭的地形使得崩塌滑坡等现象时有发生,极大地影响了道路连通功能的发挥。同时,道路沿江延伸,对河流域的影响相对明显。

生态持续性状态一般的道路为道路3、道路5、道路6与道路9。道路3为老君山原始森林景区向外联系的道路,道路5是连接丽江古城与古代小长城景区的道路,道路6为长江第一湾与丽江古城连接的道路,道路9是玉龙雪山与花依岩画景区连接的道路。道路3所连接的老君山原始森林虽然年游客规模仅为数千人,但作为我国3个种子植物特有中心之一,其生物多样性地位在我国乃至全世界极为特殊和重要,人类活动进入对原本封闭脆弱的生态系统造成了一定程度的干扰,具体体现在道路两侧生态系统破碎化程度较为明显。道路5所连接的古代小长城年游客规模较少,但该道路是玉龙县与泸沽湖、香格里拉等景区联系的主要通道,每年上百万规模游客借道于此,因此道路对周边生态系统的影响显著,具体表现在影响范围较大,生态系统破碎化较严重,对河流域的影响较大。道路6是丽江古城到长江第一湾以及老君山各景区的必经之路,每年承

载几十万的游客量,道路对周边生态系统的影响也较为显著。道路9所连接的花依岩画景区年接待游客规模较小,但由于道路穿越玉龙雪山省级自然保护区北侧,以高山植被、濒危动植物等为保护对象的保护区生态脆弱性较高,道路对周边生态系统的影响相对明显,同时地形起伏较大的玉龙雪山北麓对道路连通功能的发挥有一定制约作用,因此道路的生态持续性状态一般。

4 结论与讨论

对云南省玉龙县的案例研究表明,构建的评价指标体系是可行的。研究表明:第一,玉龙县道路生态持续性状态总体良好,能发挥较好的连通功能促进旅游业发展,同时对生态系统的影响不明显;其次,玉龙县道路生态持续性具有比较明显的空间差异性;第三,旅游地道路生态持续性的影响因素主要包括道路所承载的旅游活动强度,道路的坡度,道路周边山体的地质构造,道路所经过区域的生态系统敏感程度等。

旅游地道路生态持续性评价综合运用景观格局指数、总体变异系数等多种研究方法,构建了包含道路连通功能与生态效应的评价指标体系,在以下几方面取得了比较重要的进展:首先,兼顾了旅游业持续发展,以及对生态系统影响最小化这两个旅游地生态持续性的两个决定性因素,与旅游业持续发展内涵相吻合;第二,从道路内在设计建设合理性以及外部地质灾害干扰两方面全面评价道路连通功能;第三,探索建立了涵盖生态系统影响范围、格局与生态要素3个层次的生态效应评价指标;第四,旅游地道路生态持续性评价能够反映不同道路生态持续性的空间差别;第五,支持向量机模型应用能够在确定分类指标的权重时尽可能排除人为因素的干扰。

合理的指标选择与阈值确定是旅游地道路生态持续性评价的关键。如旅游地道路除连通等旅游功能外,还具备多种社会经济功能,再如在评价中应尽可能涵盖道路周边气候、土壤、水文、生物等生态要素的影响评价,但由于部分因素较难量化或统计数据较难获取,使得进一步完善评价指标将是今后研究的重点。评价指标生态阈值的确定是判断指标乃至道路生态持续状态的重要参数。科学、合理的阈值一般应通过控制性实验研究确定而非参照国内外的相关规划值、目标值^[47],在难以开展实验研究的前提下,判断生态持续性相对状态及空间差异成为评价的主要目的。在未来研究中需开展相关实验研究,确定更为科学、合理的生态阈值。

研究的最终目的是为旅游地道路的建设与生态系统的完整性保护提供参考依据。旅游地道路的建设,首先需要根据旅游地旅游业的发展规划与趋势,从道路运载游客规模多少上进行道路等级的规划设计,其次道路规划设计应考虑与坡度、高程的关系,并避开存在严重地质灾害可能性的区域,以提高道路的安全性舒适度,第三道路规划设计应遵循自然优先的原则,尽量避免穿越生态敏感区,同时必须对现有道路两侧应围绕恢复丧失地段生态功能和提高生境质量提出相应的生态恢复与补偿对策。

References:

- [1] Martín-Cejas R R, Sánchez P P R. Ecological footprint analysis of road transport related to tourism activity: the case for Lanzarote Island. *Tourism Management*, 2010, 31(1): 98-103.
- [2] Prideaux B. The resort development spectrum: a new approach to modeling resort development. *Tourism Management*, 2000, 21(3): 225-240.
- [3] Hou C R, Song B, Wang C. A study on ecological landscape pattern and its optimization of tourism resorts. *Shandong Environment*, 2000, (6): 21-22.
- [4] Wang Y H, Chen B G. Spatial correlation among vegetation landscape in Baiyunshan Scenic Spot, Guangzhou. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(4): 416-421.
- [5] Li S C, Xu Y Q, Zhou Q F, Wang L. Statistical analysis on the relationship between road network and ecosystem fragmentation in China. *Progress in Geography*, 2004, 23(5): 78-86.
- [6] Shi P J, Chen J, Pan Y Z. Landuse change mechanism in Shenzhen City. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(2): 151-160.
- [7] Zhang Y L, Yan J Z, Liu L S, Bai W Q, Li S C, Zheng D. Impact of Qinghai-Xizang Highway on land use and landscape pattern change: from Golmud to Tanggula Pass. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57(3): 253-266.
- [8] Liu S L, Cui B S, Yang Z F, Dong S K. Driving effect analysis of road networks on regional land use change in Lancangjiang river valley. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2006, 26(1): 162-167.
- [9] Mader H J. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation*, 1984, 29(1): 81-96.
- [10] Qiu L, Feng Z J. Effects of traffic during daytime and other human activities on the migration of Tibetan Antelope along the Qinghai-Tibet highway, Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Zoologica Sinica*, 2004, 50(4): 669-674.

- [11] Goosem M. Internal fragmentation: the effects of roads, highways and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates // Bierregaard J R O, Laurance W F, eds. *Tropical Forest Remnants: Ecology and Conservation of Fragmented Communities*. Chicago: University of Chicago Press, 1997: 241-255.
- [12] Jaarsma C F, Willems G P A. Reducing habitat fragmentation by minor rural roads through traffic calming. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 58(2/4): 125-135.
- [13] Wang Y H, Miao W Y. Research on the scenic reserve tourism path planning based on the landscape ecology. *Journal of Guilin Institute of Tourism*, 2005, 16(4): 74-77.
- [14] Kolka R K, Smidt M F. Effects of forest road amelioration techniques on soil bulk density, surface runoff, sediment transport, soil moisture and seedling growth. *Forest Ecology and Management*, 2004, 202(1/3): 313-323.
- [15] Jones J A, Swanson F J, Wemple B C, Snyder K U. Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks. *Conservation Biology*, 2000, 14(1): 76-85.
- [16] Liu H Y, Zhang J H. Effects of recreational disturbance on the *Pinus coggyria* var. *cinerea* forest in Xiangshan Mountain, Beijing. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 1997, 21(2): 191-196.
- [17] Cheng Z H, Zhang J T, Shangguang T L, Zhang F. Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve I. Quality analysis of vegetation environment. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(10): 1765-1773.
- [18] Cheng Z H, Zhang J T. Difference between tourism vegetation landscapes of different distance. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(6): 647-652.
- [19] Cheng Z H, Zhang J T, Shangguang T L. Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve: tourism influencing index and some indices analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(4): 703-711.
- [20] Shi Q, Zhong L S, Wang X F. Effects of recreation on plants in Zhangjiajie National Forest Park. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(1): 107-113.
- [21] Wang Z J, Cai J, Zhang Q X. Impact of recreation activities on landscape and visual environment in Yumengshan National Forest Park. *The Journal of Hebei Forestry Science and Technology*, 2004, (1): 32-35.
- [22] Gössling S, Peeters P, Ceron J P, Dubois G, Patterson T, Richardson R B. The eco-efficiency of tourism. *Ecological Economics* 2005, 54(4): 417-434.
- [23] Li P, Yang G H. The ecological footprint study of tourism itinerary production in Shangri-La, Yunnan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(7): 2954-2963.
- [24] Trista M P, Niccolucci V, Bastianoni S. Beyond "more is better": ecological footprint accounting for tourism and consumption in Val di Merse, Italy. *Ecological Economics*, 2007, 62(3/4): 747-756.
- [25] Blanco E, Lozano J, Rey-Maqueira J. A dynamic approach to voluntary environmental contributions in tourism. *Ecological Economics*, 2009, 69(1): 104-114.
- [26] Lacitignola D, Petrosillo I, Cataldi M, Zurlini G. Modelling socio-ecological tourism-based systems for sustainability. *Ecological Modelling*, 2007, 206(1/2): 191-204.
- [27] Zheng J, Li X W, Cui B S, Li C, Song X W, Zhang L N. The multi-scale effect of road network on the ecosystem in Longitudinal Range-Gorge region of Yunnan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(8): 4267-4277.
- [28] Mao J X, Yan X P. Corridor effects of the urban transport artery on land use: a case study of the Guangzhou Avenue. *Geography and Geo-Information Science*, 2004, 20(5): 58-61.
- [29] Forman R T T, Alexander L E. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1998, 29(1): 207-231.
- [30] Forman R T T. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology*, 2000, 14(1): 31-35.
- [31] Zong Y G, Zhou S Y, Peng P. Perspective of road ecology development. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2396-2405.
- [32] Wang Z S, Liu Y F, Wei J B, Zeng H. The impacts of road pattern on land uses in rapidly urbanizing regions. *Research of Environmental Sciences*, 2008, 21(2): 180-185.
- [33] Kong N N, Zeng H, Li S J. A study of the spatial distribution characteristics of human landscape impact in Wolong National Natural Reserve, Sichuan Province. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2002, 38(3): 393-399.
- [34] Zeng H, Kong N N, Li S J. Human impacts on landscape structure in Wolong Natural Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(12): 1995-2001.
- [35] Li S C, Xu Y Q, Zhou Q F, Wang L. Statistical analysis on the relationship between road network and ecosystem fragmentation in China. *Progress in Geography*, 2004, 23(5): 77-85.
- [36] Liu S L, Wen M X, Cui B S, Dong S K. Effects of road networks on regional ecosystems in Southwest mountain area: a case study in Jinzhong of Longitudinal Range-Gorge Region. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(9): 3018-3024.
- [37] Hong Y S, He S Q. Water environment survey and study on Lijiang. *Yunnan Environmental Science*, 2001, 20(Z1): 143-145.
- [38] Burak S, Döğün E, Gazioglu C. Impact of urbanization and tourism on coastal environment. *Ocean and Coastal Management*, 2004, 47(9/10): 515-527.
- [39] Liu Q L, Guang D S. Non-polluted ecological impact of tourist activities in natural scenic area. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(4): 443-447.
- [40] Yu K J, Duan T W, Li D H, Peng J F. Landscape accessibility as a measurement of the function of urban green system. *City Planning Review*, 1999, 23(8): 8-13.
- [41] Yu K J, Li W, Li D H, Li C B, Hunag G, Liu H L. Suitability analysis of heritage corridor in rapidly urbanizing region: a case study of Taizhou

- City. *Geographical Research*, 2005, 24(1): 69-76.
- [42] Shi P J, Jiang Y, Wang J A, Liang J S, Li X B, Chen J, Chen Y H, He C Y. *Land Use/Cover Change and Ecosystem Security*. Beijing: Science Press, 2004.
- [43] Zeng H, Guo Q H, Yu H. Spatial analysis of artificial landscape transform in Fenggang Town, Dongguan City. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(3): 10-15.
- [44] Chen H, Li S C, Zheng D. Ecological risk assessment of regions alongside Qinghai-Xizang Highway and Railway based on Artificial Neural Network. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2005, 41(4): 586-593.
- [45] Ma D T, Cui P, Yang K, Wang Z J. Road hazards of the segment of Xinjiang-Tibet Highway in Xinjiang and their primary cause analysis. *Journal of Natural Disasters*, 2003, 12(3): 93-98.
- [46] Han X M, Zhou R Q. Intensity distribution of the M7.0 Lijiang earthquake. *Journal of Seismological Research*, 1997, 20(1): 35-46.
- [47] Peng J, Wang Y L, Zhang Y, Jiang Y Y, Ye M T. Research on the evaluation and analysis of land use sustainability dynamics in mountain areas of northwest of Yunnan Province, China: a case study of Yongsheng County. *Geographical Research*, 2006, 25(3): 406-414.

参考文献:

- [3] 侯翠荣, 宋波, 王冲. 旅游度假区的景观生态格局分析及优化. *山东环境*, 2000, (6): 21-22.
- [4] 汪永华, 陈北光. 广州白云山风景区植被景观空间关联分析. *山地学报*, 2003, 21(4): 416-421.
- [5] 李双成, 许月卿, 周巧富, 王磊. 中国道路网与生态系统破碎化关系统计分析. *地理科学进展*, 2004, 23(5): 78-86.
- [6] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析. *地理学报*, 2000, 55(2): 151-160.
- [7] 张德铨, 阎建忠, 刘林山, 摆万奇, 李双成, 郑度. 青藏公路对区域土地利用和景观格局的影响——以格尔木至唐古拉山段为例. *地理学报*, 2002, 57(3): 253-266.
- [8] 刘世梁, 崔保山, 杨志峰, 董世魁. 道路网络对澜沧江流域典型区土地利用变化的驱动分析. *环境科学学报*, 2006, 26(1): 162-167.
- [10] 裘丽, 冯祚建. 青藏公路沿线白昼交通运输等人类活动对藏羚羊迁徙的影响. *动物学报*, 2004, 50(4): 669-674.
- [13] 王迎化, 苗维亚. 基于景观生态学的自然风景区道路规划方法研究. *桂林旅游高等专科学校学报*, 2005, 16(4): 74-77.
- [16] 刘鸿雁, 张金海. 旅游干扰对香山黄栌林的影响研究. *植物生态学报*, 1997, 21(2): 191-196.
- [17] 程占红, 张金屯, 上官铁梁, 张峰. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境的关系 I. 植被环境质量分析. *生态学报*, 2002, 22(10): 1765-1773.
- [18] 程占红, 张金屯. 不同距离带上旅游植被景观的特征差异. *山地学报*, 2003, 21(6): 647-652.
- [19] 程占红, 张金屯, 上官铁梁. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境关系——旅游影响系数及指标分析. *生态学报*, 2003, 23(4): 703-711.
- [20] 石强, 钟林生, 汪晓菲. 旅游活动对张家界国家森林公园植物的影响. *植物生态学报*, 2004, 28(1): 107-113.
- [21] 王忠君, 蔡君, 张启翔. 旅游活动对云蒙山国家森林公园景观及视觉的影响评价. *河北林业科技*, 2004, (1): 32-35.
- [23] 李鹏, 杨桂华. 云南香格里拉旅游线路产品生态足迹. *生态学报*, 2007, 27(7): 2954-2963.
- [27] 郑珏, 李晓文, 崔保山, 黎聪, 宋晓龙, 张黎娜. 云南纵向岭谷区道路网络对生态系统影响的尺度效应. *生态学报*, 2009, 29(8): 4267-4277.
- [28] 毛蒋兴, 阎小培. 城市交通干道对土地利用的廊道效应研究——以广州大道为例. *地理与地理信息科学*, 2004, 20(5): 58-61.
- [31] 宗跃光, 周尚意, 彭萍. 道路生态学研究进展. *生态学报*, 2003, 23(11): 2396-2405.
- [32] 汪自书, 刘语凡, 魏建兵, 曾辉. 快速城市化地区道路格局对土地利用的影响研究. *环境科学研究*, 2008, 21(2): 180-185.
- [33] 孔宁宁, 曾辉, 李书娟. 四川省卧龙自然保护区景观人为影响的空间分布特征研究. *北京大学学报(自然科学版)*, 2002, 38(3): 393-399.
- [34] 曾辉, 孔宁宁, 李书娟. 卧龙自然保护区人为活动对景观结构的影响. *生态学报*, 2001, 21(12): 1995-2001.
- [35] 李双成, 许月卿, 周巧富, 王磊. 中国道路网与生态系统破碎化关系统计分析. *地理科学进展*, 2004, 23(5): 77-85.
- [36] 刘世梁, 温敏霞, 崔保山, 董世魁. 道路网络扩展对区域生态系统的影响——以景洪市纵向岭谷区为例. *生态学报*, 2006, 26(9): 3018-3024.
- [37] 洪峪森, 和尚勤. 丽江城市水环境调查及研究. *云南环境科学*, 2001, 20(增刊): 143-145.
- [39] 刘巧玲, 管东生. 旅游活动对自然景区的非污染生态影响. *生态学杂志*, 2005, 24(4): 443-447.
- [40] 俞孔坚, 段铁武, 李迪华, 彭晋福. 景观可达性作为衡量城市绿地系统功能指标的评价方法与案例. *城市规划*, 1999, 23(8): 8-13.
- [41] 俞孔坚, 李伟, 李迪华, 李春波, 黄刚, 刘海龙. 快速城市化地区遗产廊道适宜性分析方法探讨——以台州市为例. *地理研究*, 2005, 24(1): 69-76.
- [42] 史培军, 江源, 王静爱, 梁进社, 李晓江, 陈晋, 陈云浩, 何春阳. *土地利用/覆盖变化与生态安全响应机制*. 北京: 科学出版社, 2004.
- [43] 曾辉, 郭庆华, 喻红. 东莞市凤岗镇景观人工改造活动的空间分析. *生态学报*, 1999, 19(3): 10-15.
- [44] 陈辉, 李双成, 郑度. 基于人工神经网络的青藏公路铁路沿线生态系统风险研究. *北京大学学报(自然科学版)*, 2005, 41(4): 586-593.
- [45] 马东涛, 崔鹏, 杨坤, 王掌军. 新藏公路(新疆段)沿线道路病害及成因初析. *自然灾害学报*, 2003, 12(3): 93-98.
- [46] 韩新民, 周瑞琦. 丽江7.0级地震的烈度分布. *地震研究*, 1997, 20(1): 35-46.
- [47] 彭建, 王仰麟, 张源, 蒋依依, 叶敏婷. 滇西北山区土地持续利用动态评价与分析——以云南省永胜县为例. *地理研究*, 2006, 25(3): 406-414.

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