

基于景观安全格局理论的寿城自然保护区人类活动用地评价

张丽芳^{1,2}, 廖雨^{1,2}, 杨存建^{1,2}, 冉丹阳^{1,2}

(1. 四川师范大学 西南土地评价与监测教育部重点实验室, 四川 成都 610068; 2. 四川师范大学 地理与资源科学学院, 四川 成都 610068)

摘要: [目的] 探究生态安全用地格局对维持区域生态系统平衡的重要作用, 为广西壮族自治区寿城自然保护区的发展建设决策提供一定的依据。[方法] 基于景观安全格局理论与 MCR 模型, 借助 GIS 平台和 Fragstats 4.2 软件, 采用人机交互式遥感图像解译方法获取寿城自然保护区 2013 年、2017 年两期土地利用类型数据, 从景观格局演变、安全格局构建两方面对寿城自然保护区进行研究。[结果] 寿城自然保护区土地利用类型斑块空间分布上趋于分散, 斑块破碎化程度增加, 斑块边缘形状趋于复杂; 划分了 2013 年、2017 年人类活动的发展核心区、发展过渡区、发展调整区、发展限制区 4 种人类活动用地类型, 并针对不同类型的人类活动用地提出相应的建议与优化方案。[结论] 人类活动对寿城自然保护区的景观变化有重要影响, 人类活动用地面积在发展核心区、过渡区、优化区均有增加趋势, 在生态功能最强的限制区内有所下降。

关键词: 生态安全格局; MCR 模型; 人类活动用地; 寿城自然保护区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)03-0217-06

中图分类号: X171, U412.1⁺4

文献参数: 张丽芳, 廖雨, 杨存建, 等. 基于景观安全格局理论的寿城自然保护区人类活动用地评价[J]. 水土保持通报, 2019, 39(3): 217-222. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2019.03.036; Zhang Lifang, Liao Yu, Yang Cunjian, et al. Land evaluation for human activity in Shoucheng based on theory of reserve under landscape safety pattern [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(3): 217-222.

Land Evaluation for Human Activity in Shoucheng Nature Reserve Based on Theory of Landscape Safety Pattern

Zhang Lifang^{1,2}, Liao Yu^{1,2}, Yang Cunjian^{1,2}, Ran Danyang^{1,2}

(1. Key Laboratory of Land Resources Evaluation and Monitoring in Southwest, Ministry of Education, Sichuan Normal University, Chengdu, Sichuan 610068, China;

2. The Institute of Geography and Resources Science, Sichuan Normal University, Chengdu, Sichuan 610068, China)

Abstract: [Objective] The important role of ecological security land use pattern in maintaining regional ecosystem balance was explored in order to provide a basis for the development and decision-making of Shoucheng Nature Reserve in Guangxi Zhuang Autonomous region. [Methods] Based on the theory of landscape security pattern and MCR model, GIS platform and Fragstats 4.2 software was adopted, human-computer interactive remote sensing image interpretation method was used to obtain the land use type data of Shoucheng Nature Reserve in 2013 and 2017. The evolution of landscape pattern and the construction of security pattern were studied in Shoucheng Nature Reserve. [Results] The spatial distribution of land use patches in Shoucheng Nature Reserve tended to be scattered, the fragmentation of patches increased, and the shape of patch edge tended to be complex. Land use for human activities in 2013 and 2017 was divided into four types: development core area, development transition area, development adjustment area and development restricted area. Accordingly, the corresponding suggestions and optimization schemes for different types of human activity land were proposed. [Conclusion] Human activities have an important impact on the landscape change of Shoucheng Nature

收稿日期: 2018-11-13

修回日期: 2019-01-11

资助项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)“土地利用/土地覆盖变化时空格局、过程与效应研究”(2015CB452706); 国家自然科学基金项目“基于小班对象的森林资源数据库多源遥感更新研究”(40771144)

第一作者: 张丽芳(1993—), 女(汉族), 山东省菏泽市人, 硕士研究生, 研究方向为土地资源管理与生态景观评价。E-mail: 349520641@qq.com.

通讯作者: 杨存建(1967—), 男(汉族), 四川省成都市人, 博士, 教授, 研究员, 主要从事遥感和地理信息系统应用研究。E-mail: yangcj2008@126.com.

Reserve. The areas of human activities show an increasing trend in the development core area, the transition area and the optimization area, but a decreasing trend in the most ecologically functional restricted area.

Keywords: ecological security pattern; MCR model; human activity land; Shoucheng Nature Reserve

人类活动是导致土地利用类型发生变化的主要影响因子,对生态用地的安全性也构成一定的威胁。自然保护区作为生物多样性丰富、生态功能最强、水土涵养能力好、珍稀动植物的天然生存场所。如何协调人类活动用地与自然保护区健康可持续发展是当下面临的可持续发展的新挑战^[1-2]。

近几年来对生态安全的保护与关注度一直处于热点,构建生态安全格局备受中国学者的高度关注,俞孔坚^[3]在 Forman^[4]的理论基础上提出了景观安全格局概念,创建识别源地、建立阻力面、构建安全格局的模式。该模式被国内外学者广泛应用于区域案例的生态安全评价构建,并且取得了较好的效果,极大的推动了此方法的科学化、成熟化、应用化^[5-8]。针对自然保护区的景观生态安全评价国内也有所研究,胡艳等^[9]选取景观指数,分析了宽阔水自然保护区的景观格局演变。付梦娣等^[10]利用最小累计阻力模型对秦岭地区的自然保护区进行了网络构建与优化,确认出秦岭地区的生态源地面积,对后人规划与优化保护区提供了参考价值。目前,针对生态安全构建的方法多样^[11],研究取得了一定的成果,但基于景观生态安全理论针对自然保护区内的人类活动变化安全与评价的研究较少。

本研究拟以寿城自然保护区 2013 年 0.5 m 空间分辨率的有人机航摄影像和 2017 年 2 m 空间分辨率的高分一号遥感影像为数据源,采用人机交互式判读方法提取寿城自然保护区两期土地利用分类图层,借助 GIS 平台和 Fragstat 4.2 软件,从景观尺度、生态安全格局构建的角度出发,分析寿城自然保护区的景观空间分布特征,并对不同安全水平下的人类活动用地进行评价与优化。以期寿城自然保护区的生态功能的最优化、景观多样性与人类活动的区域和谐发展而服务,并为寿城自然保护区合理保护生态用地、维护自然保护区安全、维系生物多样性、合理规划建设用地提供决策建议。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

寿城省级自然保护区位于广西壮族自治区的永福县北部和临桂县西北部,于 1982 年经广西壮族自治区人民政府批准建立的,经 2017 年遥感解译统计保护区面积范围为 70 139.59 hm²。地理坐标为东经 109°38′17″—109°53′36″,北纬 25°02′16″—25°29′36″,

最高海拔 1 498 m;最低海拔 179 m,年均温为 17.2 ℃,年平均降水量约为 2 500 mm^[12]。

保护区内沟壑纵横,土地利用类型多样,土地分类标准依据《自然保护区人类活动遥感监测技术指南(试行)》的通知环办〔2014〕12 号文件,自然保护区土地分类一级分类为耕地、居民点、工矿用地、采石场、能源设施、旅游设施、交通设施、养殖场、道路、其他人工设施(为无法划分到其余 9 类的设施用地)等 10 种一级土地分类,下分 41 种二级分类,本文按照实际需求,按照一级人类活动分类标准并叠加林地、未利用地、河流进行划分土地利用类型,其中一级分类共计 7 种,并叠加林地、未利用地、河流 3 种土地利用类型。

1.2 数据来源

寿城自然保护区 2013,2017 年土地利用类型研究数据来源于广西省保护区遥感监测项目。数据基于 GIS 软件平台,采用了 2013 年 0.5 m 空间分辨率的有人机航摄影像、2017 年 2 m 空间分辨率的高分一号影像,经过图像预处理以及人工目视解译后获得。全球数字高程数据下载于地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn/>),数据经过拼接、裁剪得到寿城自然保护区 30 m 分辨率的 DEM 数据,运用 GIS 软件计算出坡度并进行重分类处理;此外,寿城自然保护区行政边界、自然保护区边界等数据来源于广西省自然保护区遥感监测项目。

2 研究方法

研究根据寿城自然保护区的地理特征,首先选取景观指数对保护区内的土地利用类型进行景观格局演变分析。然后以景观安全格局为理论背景,以 MCR 模型为依托,识别源地,选取距居民点距离、距河流距离、距道路距离、海拔、坡度等 5 个阻力因子创建阻力面,利用最小阻力模型得出保护区的不同生态安全水平下的等级最小累积阻力面,与人类活动用地叠加,以此来对保护区内的人类活动用地进行评价与优化。

2.1 景观格局指数选取

景观指数是景观生态学研究的最重要内容,选取高度浓缩景观格局信息、反映其结构组成和空间配置某些方面特征的景观指标^[13-15],来研究景观结构组成特征和空间配置关系,是景观生态学研究中使用广泛且较为成熟的定量研究方法。研究结合前人经验与自然保护区的区域特点,坚持常用、全面、系统等原

则,选取了斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、聚集度(AI)、边缘密度(ED)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)这 8 个景观指标,从土地利用景观斑块个数及密度、斑块形状、斑块空间结构等方面来描述寿城自然保护区土地利用景观格局变化特征^[16-17]。景观指数的计算运用 GIS 软件平台,将寿城自然保护区土地利用类型数据转换为 TIF 格式,并将数据加载至 Fragstats4.2 软件,得出寿城自然保护区各年各景观格局指数。

2.2 生态安全格局构建

2.2.1 保护区源地确定

生态源地是指作为区域生态功能最佳、能量与物质流通性好、水源涵养功能强的区域^[18-19],是景观生态安全质量最佳的核心地带。本研究是基于生态安全格局下对保护区人类活动进行的评价优化。因此,保护区源地的确定优先选取生态服务功能最佳、生态质量较好、受人类活动影响较小的林地与水域。

2.2.2 阻力面构建

生态源地间生物水平方向的空间运动与生态竞争演变过程,主要是克服人类活动与自然环境的各个阻力实现的,阻力面反映了生态用地克服阻力的空间连通性^[19]。研究利用地理学中的表面模型——最小累积阻力(MCR)模型建立最小累积阻力面,它反映了从源地出发到达空间的某一个点所克服的最小阻力、成本耗费最小的距离^[7]。其公式如下:

$$MCR = f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_j) \quad (1)$$

式中: f ——区域中任意一点的最小阻力与其到所有源地的距离和景观特征的正相关关系^[8,20]; D_{ij} ——从空间中的某一景观 i 到源地 j 的距离; R_j ——景观 i 的阻力值。最小累积阻力模型是根据 Knaapen 等人提出的模型和 GIS 中的成本距离发展得来的^[21-23]。该模型主要利用 GIS 软件中成本距离工具分析完成。

2.2.3 安全格局构建下的人类活动识别

本研究根据各阻力面与源地进行成本距离分析,划分出不同等级的生态安全水平用地。然后,将生态安全格局水平图层与人类活动用地(耕地、道路、居民点、养殖场、采石场、能源用地、其他人工设施用地)斑块图层叠加,得出不同安全水平的人类活动景观安全格局,并对人类活动的发展建设提出相应的优化建议。

3 结果与分析

3.1 景观指数动态变化

3.1.1 土地利用景观格局总体变化

通过计算寿城

自然保护区 2013 年和 2017 年包括斑块个数、斑块边缘密度、聚集度指数、香农多样性指数、香农均匀性指数等 5 个景观指数,来把握寿城自然保护区土地利用景观格局总体变化特征,计算结果如表 1 所示。

表 1 寿城自然保护区景观多样性指数

年份	斑块个数 (NP)	边缘密度 (ED)/ ($m \cdot hm^{-2}$)	聚集度指数 (AI)	香农多样性指数 (SHDI)	香农均匀度指数 (SHEI)
2013 年	6 733	30.951	95.247	0.388	0.169
2017 年	6 816	31.256	95.202	0.392	0.171

从表 1 中可以看出寿城自然保护区土地利用斑块个数和斑块边缘密度均呈上升的趋势,与 2013 年相比,2017 年寿城自然保护区土地利用斑块个数增加了 83 个,斑块边缘密度增加了 $0.304 5 m/hm^2$,表明寿城自然保护区土地利用斑块形状趋于复杂,斑块破碎化程度越来越高。此外,斑块聚集度指数呈下降的趋势,表明寿城自然保护区土地利用斑块在空间分布上趋于分散。寿城自然保护区土地利用景观香农多样性指数和香农均匀性指数均呈上升趋势,说明寿城自然保护区土地利用景观复杂程度和均匀程度均有所增加。

3.1.2 不同土地利用类型景观格局变化

为进一步探讨寿城自然保护区土地利用景观格局动态变化趋势,计算了 2013 年—2017 年寿城自然保护区各土地利用景观类型斑块数量及密度、最大斑块指数、斑块边缘密度、斑块形状指数、斑块聚集度等 6 个指标用于研究保护区的景观动态变化特征(表 2)。

从表 2 中可以看出,寿城自然保护区道路、居民点、水域等土地利用类型斑块个数最多,耕地和林地次之,其余地类斑块个数较少,与 2013 年相比,2017 年寿城自然保护区居民点斑块大幅度增加,其次为道路、其他人工设施。从斑块密度变化幅度来看,居民点的斑块密度增长最为明显(0.08),道路斑块次之(0.02)。从最大斑块指数来看,林地的最大斑块指数最大,而其余地类最大斑块指数均不足 3,表明林地在寿城自然保护区土地利用类型中占据绝对优势。从斑块形状变化来看,各地类斑块边缘密度和除道路外的各地类景观形状指数均有所增加,其中居民点斑块边缘密度和景观形状指数变化最大,分别增加了 0.25 和 1.12,道路的景观形状指数下降了 0.16,表明道路的通达性有所增强。寿城自然保护区各土地利用类型聚集度指数均呈下降趋势,表明各土地利用类型斑块空间分布上趋于分散,斑块破碎化程度增加。

表 2 寿城自然保护区不同用地类型的景观指数

景观指数	年份	耕地	林地	养殖场	水域	居民点	未利用地	采石场	道路	其他人工设施
NP	2013 年	633	248	1	1234	1295	2	1	3 300	19
	2017 年	631	249	1	1231	1356	5	2	3 314	27
PD	2013 年	0.90	0.35	0	1.76	1.85	0	0	4.70	0.03
	2017 年	0.90	0.36	0	1.76	1.93	0.01	0	4.72	0.04
LPI	2013 年	2.71	89.86	0	0.10	0.11	0	0	0	0
	2017 年	2.70	89.80	0	0.11	0.11	0	0	0	0.01
ED	2013 年	17.54	25.09	0	7.04	5.13	0.01	0.01	6.96	0.11
	2017 年	17.62	25.23	0	7.04	5.38	0.03	0.02	6.99	0.20
LSI	2013 年	44.06	19.71	1.25	47.54	38.70	1.56	1.27	61.30	5.33
	2017 年	44.24	19.82	1.25	47.56	39.82	2.38	1.54	61.14	6.76
AI	2013 年	81.47	97.77	50	45.48	50.28	82.76	93.62	7.93	60.31
	2017 年	81.37	97.76	50	45.52	49.88	70.49	89.55	7.94	62.45

注:NP 为斑块数量;PD 为斑块密度;LPI 为最大斑块指数;LSI 为景观形状指数;AI 为聚集度;ED 为边缘密度;SHDI 为香农多样性指数;SHEI 为香农均匀度指数。

总之,寿城自然保护区受人类活动的影响较为强烈,主要表现为道路、居民点、其他人工设施等人工景观的破碎化程度增加,空间规模在扩大,而林地、水域等自然景观趋于萎缩,斑块个数减少。各土地利用类型空间分布趋于分散,斑块形状更加复杂,景观多样性和景观均匀性均有所提高。

3.2 生态安全格局构建

3.2.1 保护区源地识别 本研究根据 2017 年寿城自然保护区的各个地类的实际分布情况,将坡度分为 $0^{\circ}\sim 5^{\circ}$, $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$, $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$, $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$, $>25^{\circ}$ 等 5 个级别,筛选出保护区内分布在坡度 $>25^{\circ}$ 较为连续的林地与水域作为保护区源地。用 GIS 软件提取相应图层,源地面积为 $29\ 046.53\ \text{hm}^2$,占保护区总面积的 41.41%,因其

独特的自然保护区地理特性,生态源地所占比例较大。

3.2.2 阻力面构建研究 基于 2017 年数据,选取到居民点距离、到道路距离、海拔、坡度、到河流距离 5 项阻力因子构建综合阻力面。在参照前人相关研究的基础上^[19-20,24],结合专家经验将各阻力因子的相对阻力值划分为 5 个等级,并赋予阻力系数。各个因子的相对阻力值系数与权重通过专家打分并结合实际情况获得(见表 3),其中阻力值越大、对生态用地产生的阻力越大,反之,阻力值越小,对生态用地产生的阻力越小。最后,依据表 3 所建立各阻力因子权重与指标体系,运用空间分析工具对不同要素的阻力值进行加权叠加分析,最终得到寿城自然保护区综合阻力分布图(附图 1)。

表 3 寿城自然保护区各阻力面体系、权重及阻力系数

阻力因子	阻力系数					权重
	5 级	4 级	3 级	2 级	1 级	
居民点距离/m	0~500	500~1 000	1 000~1 500	1 500~2 000	$>2\ 000$	0.25
道路距离/m	0~200	200~400	400~600	600~800	>800	0.20
海拔/m	179~354	354~498	498~651	651~846	846~1 393	0.20
坡度/ $^{\circ}$	5~10	10~15	15~20	20~25	>20	0.25
距河流距离/m	$>2\ 000$	1 500~2 000	1 000~1 500	500~1 000	0~500	0.10

3.2.3 不同安全水平的人类活动用地评价 根据阻力面构建模型所述的阻力模型构建方法,利用 GIS 软件将源地、综合阻力面添加至成本距离工具进行分析,得到综合阻力面中每个像元到源地的最小累计成本距离,即寿城自然保护区的最小累积阻力面。将最小累积阻力面根据自然断点法重分类为 4 个不同安全水平,从而得到寿城自然保护区生态安全优化布局

图(附图 2)。其中,生态安全水平为 1 级的表示生态安全水平质量最高,为保护区生态功能价值最高的地带,应该作为保护区的生态核心地带,优先加强管理与保护。

提取 2003 年与 2017 年两期的耕地、居民点、养殖场、采石场、能源设施、道路、其他人工设施等人类活动矢量斑块与重分类后的最小累计阻力面进行叠

加分析,划分出4个基于生态安全的不同安全水平的人类活动等级:发展核心区、发展缓冲区、发展优化区、发展限制区(如附图3所示)。其中生态安全等级为1级的为生态安全用地较好的区域,不适宜人类活动景观的分布与建设,为人类活动用地的发展限制区;生态安全级别为4的表示生态用地影响较弱,可以优先进行人类活动建设,为发展核心区。

根据图1可知,2013年—2017年保护区内的人类活动总面积主要呈现增加趋势,2013年发展限制区面积为232.84 hm²,发展优化区面积为758.10 hm²,发展过渡区为1 203.06 hm²,发展核心区为3 652.66 hm²;2017年发展限制区面积为232.75 hm²,发展优化区面积为763.35 hm²,发展过渡区为1 212.21 hm²,发展核心区为3 670.14 hm²。总体来看,2013—2017年,除发展限制区人类活动面积减少

外,其余等级区域的人类活动面积均有增加。为进一步分析2013—2017年的不同安全等级的人类活动用地的具体情况,现对4个级别的人类活动用地进行了统计分析(如表4所示)。

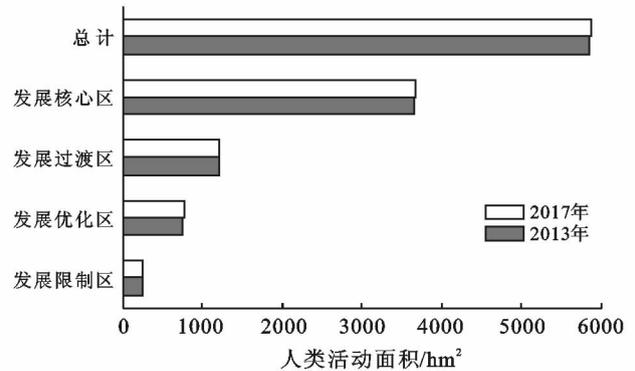


图1 寿城自然保护区各等级下的人类活动用地面积特征

表4 寿城自然保护区各等级下的不同人类活动用地面积分布情况

区域等级	年份	耕地	养殖场	居民点	采石场	道路	能源设施	其他人工设施	总面积
发展核心区	2013年	3114.36	0	349.02	2.37	179.48	0.08	7.34	3 652.66
	2017年	3106.38	0	361.55	3.14	179.99	0.08	18.98	3 670.14
发展过渡区	2013年	1018.06	0.24	83.81	0	98.34	0	2.61	1 203.06
	2017年	1022.18	0.24	88.32	0.06	98.66	0	2.76	1 212.21
发展优化区	2013年	613.68	0	87.89	0	54.92	0	1.62	758.10
	2017年	613.92	0	92.55	0	54.92	0	1.96	763.35
发展限制区	2013年	157.41	0	15.38	0	58.87	0	1.16	232.84
	2017年	155.72	0	15.74	0	60.13	0	1.17	232.75

(1) 发展核心区。2013年发展核心区内人类活动总面积为3 652.66 hm²,占当年寿城自然保护区人类活动总面积的62.43%。其中人类活动用地主要以耕地、居民点用地和道路用地为主,其他人类活动用地面积较小。与2013年相比,2017年发展核心区内人类活动总面积增加了17.48 hm²,居民点用地和其他人工设施用地分别增加了12.53,11.64 hm²,耕地减少了7.98 hm²,表明核心区内人类活动用地变化主要以新建房屋和增加人工设施为主,居民点和其他人工设施的扩张占用耕地的现象明显。发展核心区主要分布在寿城自然保护区南部以及北部和中部沿河流两岸,该地区地势相对平坦、人类活动较为成熟,主要表现为耕地面积广,人口分布集中,对生态用地影响较小,可在此区域优先进行居民点与工矿用地等人类活动用地建设,作为人类活动重点发展的区域,不建议进行生态功能服务的规划投入。

(2) 发展过渡区。2013年发展过渡区内人类活动总面积为1 203.06 hm²,占当年寿城自然保护区人

类活动总面积的20.58%。其中人类活动主要为耕地、道路、居民点、其他能源设施、养殖场。与2013年相比,2017年发展过渡区总面积增加了9.15 hm²,耕地和居民用地面积增长明显,分别为4.12,4.71 hm²,可以看出,发展过渡区人类活动用地变化主要以耕地和居民点的扩张为主,人口向过渡区转移明显。发展过渡区主要分布在发展核心区边缘,是人类活动的过渡地带,同时也是生态源地恢复、扩展的缓冲地带,应做好生态修复与环境保护等工作,对于离生态用地较近的采石场、养殖场进行监测与管理,避免人类活动对生态用地产生污染,该区域作为发展优化区域与发展限制区域的搬迁安置点,应合理开发、构建生态屏障、保障人类活动的合理与生态用地的安全。

(3) 发展优化区。2013年发展优化区人类活动总面积为758 hm²,占当年寿城自然保护区人类活动总面积的12.97%。主要有耕地、居民点用地、道路用地、其他能源设施用地。与2013年相比,2017年发展优化区人类活动总面积增加了5.24 hm²,主要

是由居民点用地面积增加造成,表明发展优化区内人类活动有所增强,人口规模呈逐渐扩大的趋势。发展优化区主要分布在发展核心区和过渡区的外围,作为人类活动的发展优化地带,是生态源地恢复、扩展的缓冲地带,该区域建议适当调整优化人类活动用地,禁止耕地的过度开垦,避免因人类的干扰与破坏造成的水土流失、石漠化等问题,在不影响生态用地稳定性的情况下,适当优化土地资源配。

(4) 发展限制区。2013 年发展限制区人类活动总面积为 232.84 hm²,占当年寿城自然保护区人类活动总面积的 3.98%,主要为耕地、道路、居民点用地。2017 年发展限制区人类活动总面积为 232.75 hm²,较 2013 年减少 0.08 hm²,可以看出发展限制区人类活动占地面积变化幅度较小,总体上呈略微下降的趋势。发展限制区零散分布在自然保护区内,远离其他发展区,人口较为稀少,该区受人类活动的影响相对较弱,经济发展方式单一,主要以农业耕作为主。发展限制区作为人类活动的限制地带,适宜作为动植物的栖息地,是生态源地重点保护的地带,该区域建议禁止人类活动的开发与建设,对于该区域的耕地等人类活动用地,应做好土地规划,向发展优化区进行土地转移,营造该区域优质的生态环境。

4 结论

(1) 寿城自然保护区 2013—2017 年受人类活动的影响景观的破碎化程度增加,景观类型空间分布趋于分散,景观多样性和景观均匀性均有所提高。人类活动用地面积在发展核心区、过渡区、优化区均有增加趋势,仅在生态功能最强的限制区内有所下降。总体来看,人类活动限制区内控制的较好,但仍有不足之处,应当继续加强监管与规划,对优化区、过渡区的人类活动进行适当的优化与调整,避免人类活动用地对生态用地与自然保护区的可持续发展带来干扰与不利影响。

(2) 由于寿城自然保护区自然环境面积范围较小,从而选取的各个阻力因子受到了一定的限制。但本文利用了两期较高分辨率的遥感影像,解译的土地利用数据精度较为精准,研究对保护区进行了景观指数演变分析,同时借助 MCR 模型与景观安全格局理论对自然保护区的人类活动进行了较为合理的布局评价优化,可为其他自然保护区的人类活动评价提供科学的参考。

(3) 本文指标创建的过程中,阻力系数与生态系统服务价值指标的确定基本是参考前人的研究经验与专家打分法^[25-27]。该方法虽然在某种程度上可以

得到较为科学、准确的结果,但主观性强。因此,在今后的研究中要综合考虑更加科学的赋值模型与数学方法来完善指标的创建。

[参 考 文 献]

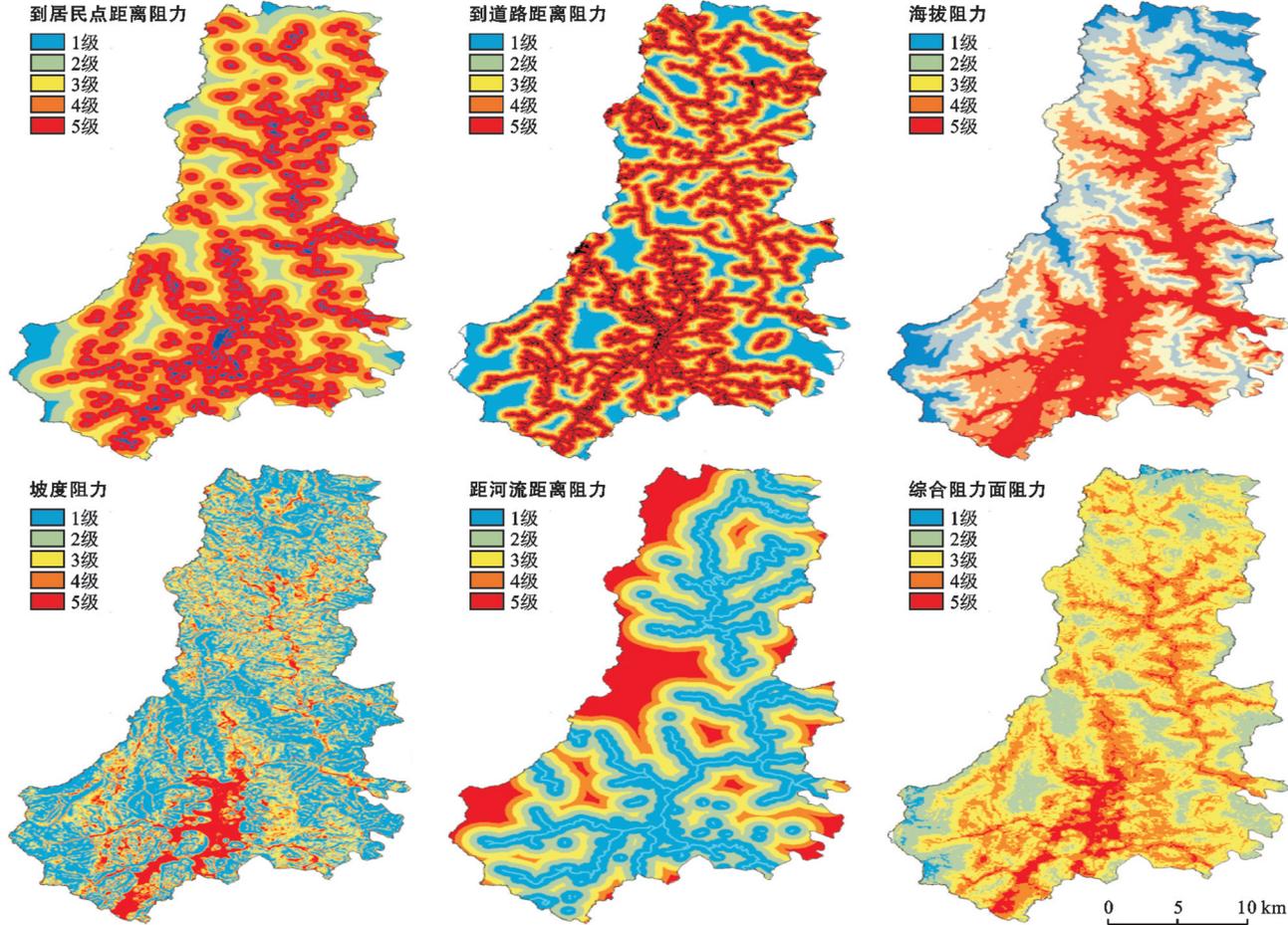
- [1] 肖笃宁,陈文波,郭福良.论生态安全的基本概念和研究内容[J].应用生态学报,2002,20(2):354-358.
- [2] Li Yangfan, Sun Xiang, Zhu Xiaodong, et al. An early warning method of landscape ecological security in rapid urbanizing coastal areas and its application in Xiamen, China[J]. Ecoical Modelling, 2010, 221(19): 2251-2260.
- [3] 俞孔坚.生物保护的景观生态安全格局[J].生态学报, 1999, 19(1): 10-17.
- [4] Forman R T. Land mosaics: The Ecology of Landscape and Region[M]. London: Cambridge University Press, 1995: 35-38.
- [5] 彭建,谢盼,刘焱序,等.低丘缓坡建设开发综合生态风险评价及发展权衡:以大理白族自治州为例[J].地理学报, 2015, 70(11): 1747-1761.
- [6] 蒙吉军,王雅,王晓东,等.基于最小累积阻力模型的贵阳市景观生态安全格局构建[J].长江流域资源与环境, 2016, 25(7): 1052-1061.
- [7] 王旭熙,彭立,苏春江,等.基于景观生态安全格局的低丘缓坡土地资源开发利用:以四川省泸县为例[J].生态学报, 2016, 36(12): 3646-3654.
- [8] 俞孔坚,王思思,李迪华,等.北京市生态安全格局及城市增长前景[J].生态学报, 2009, 29(3): 1189-1204.
- [9] 胡艳,杨瑞.宽阔水自然保护区景观格局特征分析[J].生态科学, 2018, 37(3): 184-188.
- [10] 付梦娣,罗建武,田瑜,等.基于最小累积阻力模型的自然保护区网络构建与优化:以秦岭地区为例[J].生态学杂志, 2018, 37(4): 1135-1143.
- [11] 张蕾,危小建,周鹏.基于适宜性评价和最小累积阻力模型的生态安全格局构建:以营口市为例[J].生态学杂志, 2019, 38(01): 229-236.
- [12] 欧瑞仕,王磊,陈碧珍.广西寿城自然保护区植物资源调查[J].南方农业学报, 2015, 46(12): 2087-2092.
- [13] 何丙辉,徐霞,辜世贤.潼南县土地利用景观格局特征分析[J].水土保持研究, 2005, 12(5): 134-137.
- [14] 朱彬,马晓冬.苏北地区乡村聚落的格局特征与类型划分[J].人文地理, 2011, 26(4): 66-72.
- [15] 于磊,赵彦伟,张远,等.基于最佳分析粒度的大辽河流域湿地景观格局分析[J].环境科学学报. 2011, 31(4): 873-879.
- [16] 占昕,潘文斌,郑鹏,等.闽江河口湿地自然保护区及其周边区域景观自然性评价[J].生态学报, 2017, 37(20): 6895-6904.
- [17] 胡艳,杨瑞.宽阔水自然保护区景观格局特征分析[J].生态科学, 2018, 37(03): 184-188.

效与障碍因子的区域共性与差异性,探索土地利用绩效的时空演变及分布规律,有待今后进一步研究。

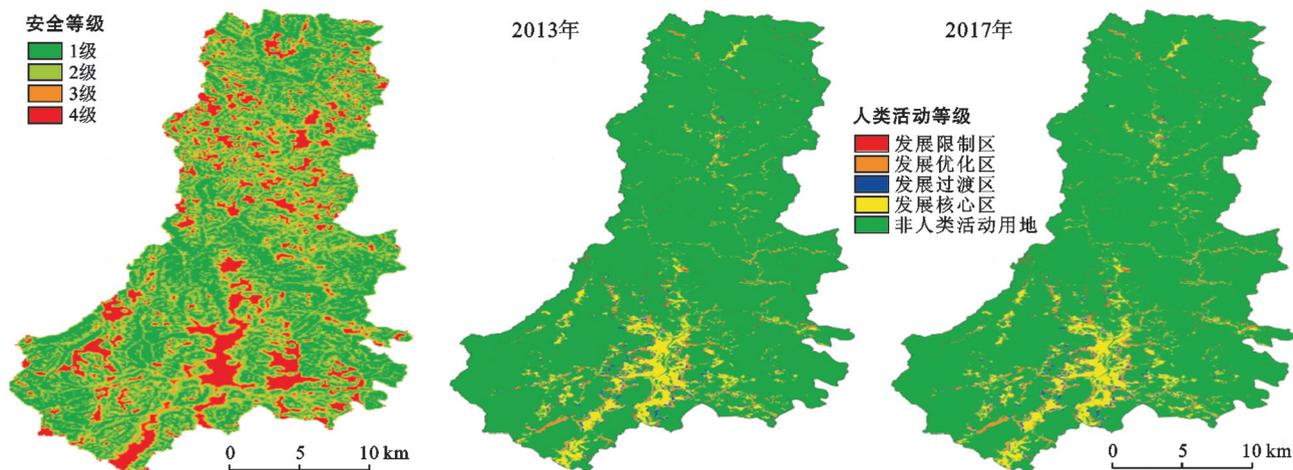
【参 考 文 献】

- [1] 吴得文,毛汉英,张小雷. 中国城市土地利用效率评价[J]. 地理学报, 2011, 66(8): 1111-1121.
- [2] 李春燕,南灵. 陕西省土地生态安全动态评价及障碍因子诊断[J]. 中国土地科学, 2015, 2(4): 72-81.
- [3] 邱艳超,张军,王红,等. 内蒙古中部城市土地利用绩效及其障碍因素[J]. 水土保持通报, 2017, 37(6): 269-276.
- [4] 桑翠翠,杨海娟,魏光文,等. 陕南地区县域土地利用绩效评价[J]. 水土保持通报, 2013, 33(3): 294-300.
- [5] 班茂盛,方创琳,刘晓丽,等. 北京高新技术产业区土地利用绩效综合评价[J]. 地理学报, 2008, 63(2): 175-184.
- [6] 韦亚平,赵民,汪劲柏. 紧凑城市发展与土地利用绩效的测度:“屠能—阿隆索”模型的扩展与应用[J]. 城市规划学刊, 2008, 33(3): 32-40.
- [7] 吴一洲,吴次芳,罗文斌. 浙江省县级单元建成区用地绩效评价及其地域差异研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(2): 330-340.
- [8] 鲁春阳,文枫,杨庆媛,等. 基于改进 TOPSIS 法的城市土地利用绩效评价及障碍因子诊断[J]. 资源科学, 2011, 33(3): 535-541.
- [9] 崔许锋,张光宏,徐成,等. 经济发达地区土地利用绩效评价及其改进路径探讨:以江苏省为例[J]. 农业经济问题, 2017, 38(12): 81-88.
- [10] 王莹,王慧敏. 基于熵权 TOPSIS 模型的城市建设用地供绩绩效评价及障碍度诊断[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(5): 110-118.
- [11] 任红玉,周旭,张迪,等. 快速城市化过程中喀斯特山区城镇生态风险变化:以贵阳市花溪区为例[J]. 贵州师范大学学报:自然科学版, 2018, 36(5): 16-23.
- [12] 钟太洋,黄贤金,赵赵泰,等. 地方政府土地管理绩效评价方法研究[J]. 中国土地科学, 2012, 26(9): 21-27.
- [13] 吴振华,黎响,王亚蓓. 动态视角下的工业用地集约利用评价研究:基于改进熵权 TOPSIS 法[J]. 生态经济, 2018, 34(7): 125-136.
- [14] 盛中华,董会忠,殷秀清,等. 基于熵权可拓模型的土地利用规划环境影响评价:以黄河三角洲高效生态经济区为例[J]. 资源开发与市场, 2017, 33(12): 1433-1438.
- [15] 李灿,张凤荣,朱泰峰,等. 基于熵权 TOPSIS 模型的土地利用绩效评价及关联分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(5): 217-227.
- [16] 吴顺辉,史金丽,李灿. 基于熵权 TOPSIS 模型的高新区土地利用绩效评价[J]. 科技通报, 2017, 33(4): 40-46.
- [17] 宋成舜,熊征,刘懿光. 城市土地集约利用效益障碍因子研究:以咸宁市为例[J]. 水土保持研究, 2016, 23(2): 327-332.
- [18] 陈彦,陈英,谢保鹏,等. 嘉峪关市土地利用绩效评价及障碍因子诊断[J]. 水土保持研究, 2018, 25(5): 226-233.
- [19] 崔许锋,张光宏. 城镇用地“经济—社会—生态”绩效空间分析与障碍诊断[J]. 人文地理, 2016(1): 94-101.
- [20] 雷勋平, Qiu Robin, 刘勇. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域土地利用绩效评价及障碍因子诊断[J]. 农业工程学报, 2016, 32(13): 243-252.
- [21] 周忠发,田涟祎,殷超,等. 人为干预下喀斯特峰丛盆地区不同土地利用类型的土壤理化性质[J]. 贵州师范大学学报:自然科学版, 2017, 35(4): 1-6.
- [18] 陈妍,乔飞,江磊. 基于 InVEST 模型的土地利用格局变化对区域尺度生境质量的影响研究:以北京为例[J]. 北京大学学报:自然科学版, 2016, 52(3): 553-562.
- [19] 周锐,王新军,苏海龙,等. 平顶山新区生态用地的识别与安全格局构建[J]. 生态学报, 2015, 35(6): 2003-2012.
- [20] 李晖,易娜,姚文璟,等. 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划[J]. 生态学报, 2011, 31(20): 5928-5936.
- [21] Yu Kongoingjian. Security Patterns in Landscape Planning: With a Case InSouth China [D]. Cambridge: Harvard University, 1995.
- [22] ESRI. Cell-based Modeling with GRID[M]. RedLands: ESRI, 1991.
- [23] Knaapen J P, Scheffer M, Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning[J]. Landscape and Urban Planning, 1992, 23(1): 1-16.
- [24] 吴健生,张理卿,彭建,等. 深圳市景观生态安全格局源地综合识别[J]. 生态学报, 2013, 33(13): 4125-4133.
- [25] 李静,朱永明,张慧,等. 北戴河新区景观生态安全格局源地动态识别[J]. 水土保持研究, 2016, 23(6): 340-344.
- [26] 王钊,杨山,王玉娟,等. 基于最小阻力模型的城市空间扩展冷热点格局分析:以苏锡常地区为例[J]. 经济地理, 2016, 36(3): 57-64.
- [27] 邵新娟,张永福,陈文倩,等. 基于最小累计阻力的农村居民点整治优化研究[J]. 水土保持研究, 2016, 23(3): 309-313.

(上接第 222 页)

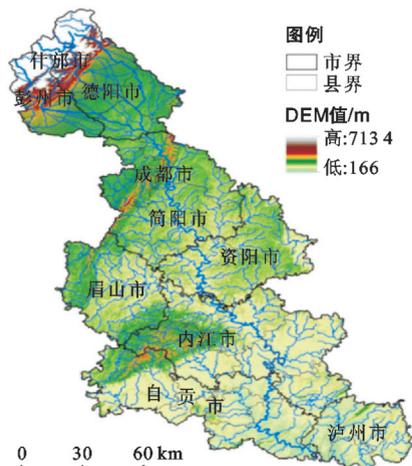


附图1 寿城自然保护区综合阻力等级分布(第220页)

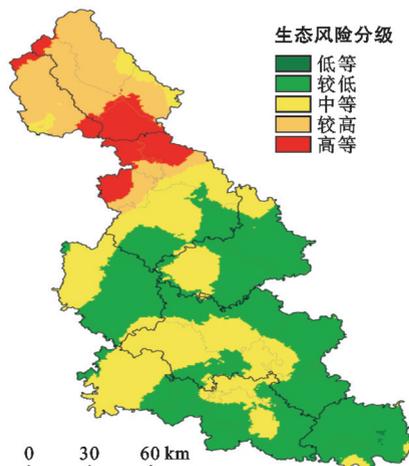


附图2 寿城自然保护区生态安全优化布局(第220页)

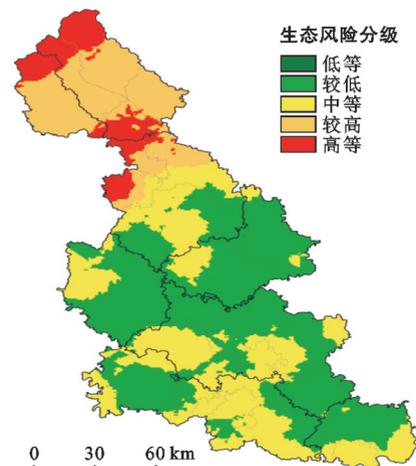
附图3 寿城自然保护区基于生态安全的人类活动等级分布(第221页)



附图4 沱江流域高程分布及行政区划(第224页)



附图5 2005年沱江流域生态风险等级分布(第228页)



附图6 2010年沱江流域生态风险等级分布(第228页)