

## 基于景观指数优化的东山岛绿色空间景观格局的动态变化

张亚丽<sup>1</sup>, 胡希军<sup>2\*</sup>

(1. 邵阳学院城乡建设学院, 湖南邵阳 422000; 2. 中南林业科技大学风景园林学院, 湖南长沙 410000)

**摘要** [目的]对东山岛绿色空间景观格局进行分析,为东山岛国土空间规划提供参考。[方法]通过 ArcGIS 10.5、ENVI 5.3、IBM SPSS Statistics 和 Fragstats 4.3 等软件,提取景观格局核心指数,根据相关性指数筛选后,从斑块类型水平、景观水平 2 个层次分析了研究区 7 年内土地利用景观格局的动态变化。[结果]岛内整体景观格局 2011—2017 年发生了较大变化,尤其是耕地、草地这两类绿色空间用地,四类评价指标(面积、密度、形状、聚散性)变化明显。岛内城镇建设扩张速度大于绿色空间的增长速度,斑块形状水平和破碎度均呈上涨趋势;岛内城镇建设以中心城区往耕地周边扩张,建设用地的聚集程度在不断增加。岛内景观多样性总体上呈现下降趋势,绿色空间斑块的连通度降低,生态阻力加大,给保护生态系统安全带来困难。[结论]东山岛在后期的国土空间规划中需注意对耕地和草地进行保护性开发,切实加强对于绿色空间优质廊道的保护和修复,在经济发展和生态保护上找到可靠平衡点。

**关键词** 绿色空间;景观格局;相关性分析;SPSS

中图分类号 TU984.18 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)09-0122-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.09.031

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Dynamic Changes of Green Space Landscape Pattern in Dongshan Island Based on the Optimization of Landscape Index**ZHANG Ya-li<sup>1</sup>, HU Xi-jun<sup>2</sup> (1. Urban and Rural Construction Institute, Shaoyang University, Shaoyang, Hunan 422000; 2. Landscape Architecture Institute, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410000)

**Abstract** [Objective] To analyze the landscape pattern of Dongshan Island green space, and provide references for the planning of Dongshan Island land space. [Method] The core index of landscape pattern was extracted by softwares such as Arcgis 10.5, ENVI 5.3, IBM SPSS Statistics and Fragstats 4.3, and the dynamic changes of land use landscape pattern in the study area was analyzed from two levels of patch type level and landscape level. [Result] The overall landscape pattern of the island changed greatly from 2011 to 2017, especially cultivated land and grassland were two kinds of green space land, and four kinds of evaluation indices (area, density, shape, dispersion) changed obviously. The expansion rate of urban construction in the island was larger than that of green space, and the patch shape level and fragmentation degree were both rising trend. The urban construction in the island expanded to the periphery of cultivated land with the central urban area, and the accumulation degree of construction land was increasing. The landscape diversity in the island generally showed a decreasing trend, the connectivity of green space patches was decreasing, and the ecological resistance was increasing, which brought difficulties to the protection of ecosystem security. [Conclusion] Dongshan Island should pay attentions to the protective development of cultivated land and grassland in later land and space planning, the protection and restoration should be strengthened to the green space high quality corridor, find the reliable balance point in the economic development and the ecological protection.

**Key words** Green space; Landscape pattern; Correlation analysis; SPSS

目前,绿色发展方式深入人心、渐成常态,生态建设潮流势不可挡。岛屿作为开发的“前哨站”,兼具科研价值和经济价值,如何在开发建设之前摸清底细、兜好底线,成功构筑生态防线成为生态建设中的重中之重。在城乡空间中,景观格局是实现景观功能的基础,且会因自然禀赋的差异而形成不同的景观功能<sup>[1]</sup>。它能够较准确地反映一定时期的地表景观表征状况,可为土地利用与开发提供有益参考。

国内外关于景观格局的研究历经多年技术更迭,目前主要研究集中在以下方面:①城市景观格局的特征研究。李伟等<sup>[2]</sup>对北京市景观格局特征与功能效用的关系进行了研究,发现主要景观斑块分布不宜过分集中。马克明等<sup>[3]</sup>对北京东灵山地区景观格局及破碎化进行评价,证实了各组分在景观格局中存在差异。②城市景观格局的尺度研究。Turnerm 等<sup>[4]</sup>和 Luck 等<sup>[5]</sup>对美国亚利桑那州凤凰城进行研究,发现城市景观格局与空间幅度存在一定的联系,景观指数随空间

幅度和粒度的变化而变化。③城市景观格局的动态变化及其演变动力机制研究。Romero-Calcerrada 等<sup>[6]</sup>以遥感影像为数据源,研究了西班牙 Encinares 城市景观格局的变化,并尝试探寻其原因。傅伯杰等<sup>[7]</sup>尝试将造成景观格局变化的驱动因子归纳为自然因子与人文因子两类。景观格局分析模型和景观动态格局模型<sup>[8]</sup>以及景观格局驱动力分析研究日益成熟,但现有景观格局指数已经发展到数量多、类型少、生态学意义模糊的程度,若采用前人所选的固定景观指数,对实际景观指数的有效性欠缺考虑,则会产生大量信息重复<sup>[9-10]</sup>,甚至出现本末倒置。笔者采用指数相关性分析,从斑块多样性和类型多样性 2 个层次的景观指数中筛选出最具代表性的景观格局指数,能够更好地分析东山岛绿地景观格局的动态变化,为东山岛城乡发展提供重要的科学参考。

**1 研究区概况**

东山岛作为福建省面积第二的大岛、中国第六大岛,是闽南三角经济开发区的地区旅游开发对象,其地理坐标为 117°17′~117°35′E,23°33′~23°47′N,属于南亚热带海洋性季风气候。该岛四面环海,整体地势西北高、东南低,年均降雨量相对较少,水源补给均为水库(湖泊),淡水资源缺乏。全岛由东山主岛和周围 67 个小岛组成,陆地总面积为 247.24 km<sup>2</sup>,主要为低丘台地地区和滨海平原,抵御自然灾

**基金项目** 湖南省教育厅科学研究项目(13CJ1135);国家林业局“十三五”重点学科(风景园林学)项目(林人发[2016]21号);中南林业科技大学高等学校“十三五”专业综合改革试点项目(城乡规划学)。

**作者简介** 张亚丽(1995—),女,江西赣州人,助教,硕士,从事景观生态规划、风景园林规划与设计等研究。\*通信作者,教授,博士,博士生导师,从事景观生态规划、城乡规划、风景园林规划与设计等研究。

**收稿日期** 2020-07-08

害能力较弱。全县森林植被覆盖率维持在 32.7% 左右, 高等植物较多, 有 352 余种。近年来, 东山岛按照“一岛一城市, 一岛一景区”的思路进行城乡一体化建设, 积极统筹全岛各类要素配置, 确定了建设国家全域旅游示范区、国际旅游海岛的目标。

## 2 数据来源及研究方法

### 2.1 数据来源

**2.1.1 遥感数据。**在地理空间数据云数据平台中, 下载 2011 年 8 月 6 日的 Landsat5 TM 和 2017 年 2 月 16 日 Landsat8 卫星影像图。

**2.1.2 其他数据。**东山县政府提供的数字地形测绘图、《东山城乡总体规划》《东山岛发展战略规划》和《东山县城乡绿地系统规划》资料。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 绿色空间划分。**以《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2017)、《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB 50137—2011)、《城市绿地分类标准》(CJJ/T 85—2017) 为依据, 在 GIS 平台中将研究区的景观类型分成绿色空间和灰色空间两大类, 其中绿色空间包括林地、草地、耕地和水域 4 种类型; 灰色空间包括建设用地和未利用地。该研究以灰色空间作为背景, 对绿色空间进行对比分析。

将两期(2011、2017 年)数据影像分别导入 ENVI 5.3 软件中进行多波段影像合成后, 采用监督分类法, 通过目视解译, 在 ENVI 中建立训练样本以及验证样本后, 提取出城乡绿色空间景观类型, 得到景观类型栅格文件(TIFF 格式)。2011 和 2017 年绿色空间类型分布如图 1、2 所示。

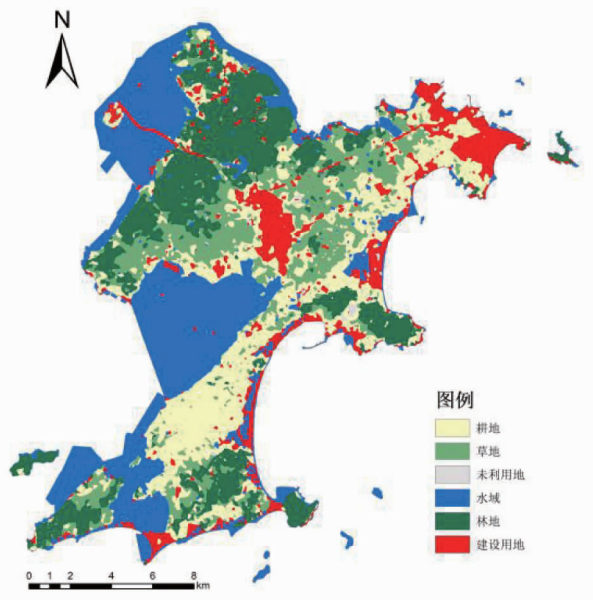


图 1 2011 年东山岛绿色空间现状

Fig. 1 Green space status of Dongshan Island in 2011

**2.2.2 景观指数的相关性分析。**该研究主要从斑块类型水平和景观类型水平 2 个尺度进行动态分析。为了准确了解东山岛绿色空间格局的现状, 在 Fragstats 产出能够表达面积与密度、形状、聚散性的景观指数后, 使用 SPSS 统计软件进

行自相关分析, 根据统计结果, 并结合景观生态学方面的考量, 得出适宜的景观指数。

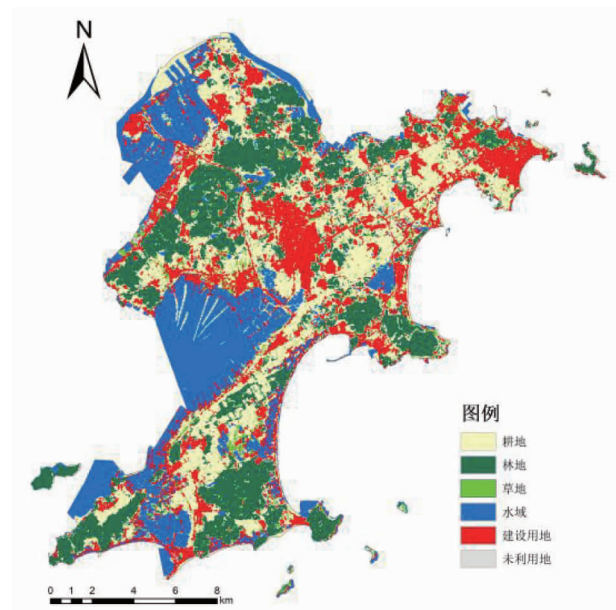


图 2 2017 年东山岛绿色空间现状

Fig. 2 Green space status of Dongshan Island in 2017

**2.2.2.1 面积与密度间相关性分析。**采用因子分析对 2011 和 2017 年研究区斑块面积(CA)、斑块所占景观面积比例(PLAND)、斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块占景观面积比例(LPI)、总边缘长度(TE)、边缘密度(ED)进行相关性分析, 筛选出 Pearson 相关系数的绝对值在 0.75 以下的指数, 确定评价指标, 如表 1 所示。评价依据如下: 以景观指数间相关系数 0.75 为界限,  $r > 0.75$  则认定为相关性较高, 不考虑选取, 反之则选取; 若有同类相关系数较多的情况, 以景观生态学基础性指数为准。

表 1 东山岛面积与密度间相关性分析

Table 1 Correlation analysis between the area and density of Dongshan Island

指标 Index	CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED
CA	1	1.000**	0.020	0.020	0.770	0.809	0.809
PLAND		1	0.020	0.020	0.777	0.809	0.809
NP			1	1.000**	0.176	0.428	0.428
PD				1	0.176	0.428	0.428
LPI					1	0.781	0.781
TE						1	1.000**
ED							1

注: \*\* 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关

Note: \*\* indicated significant correlation at the 0.01 level(bilateral)

通过相关性分析可知, CA 与 PLAND、NP 与 PD、ED 与 TE 之间均呈显著相关, 且相关系数达到最大值(1)。CA 与 LPI、TE、ED 呈现显著相关, PD 与 CA、PLAND、LPI、TE、ED 之间相关性较弱, 结合 CA 作为其他指数(如 LPI、TE 等)的基础数据源这一基本前提, 因此最终确定 CA 和 PD 作为这一类型景观格局指数的主要评价指标。

**2.2.2.2 形状指数间相关性分析。**由表 2 可知, 面积加权平均形状指数(AWMSI)与面积加权平均分维数(FRAC-

AM), FRAC-AM 与平均分维数 (FARC-MN)、平均周长面积比 (PARA-MN)、面积加权平均周长面积比 (PARA-AM), PARA-MN 与 PARA-AM 呈显著相关, 景观形状指数 (LSI) 与其他指数间相关性较弱。从生态学意义来看, LSI 与 AWMSI 均表示斑块形状偏离正方形的程度, 因此选择 LSI 作为形状指数相关性的典型代表指数。

**2.2.2.3 聚散性指数相关性。**由表 3 可知, 斑块分离度 (DIVISION) 与有效网络面积 (MESH)、类相邻百分比 (PLANDJ) 与聚集度指数 (AI) 呈高度相关性, 其相关系数绝对

值达到 1。分割指数 (SPLIT) 与 PLANDJ, AI, PLANDJ 与斑块结合度 (COHESION) 呈显著相关。分散与并列指数 (LJI) 与其他指标间相关性较弱, 因此选择 LJI, COHESION, MESH, SPLIT 作为聚散性指数的评价指标。

### 3 结果与分析

**3.1 斑块类型水平上景观指数动态分析** 经过因子分析法的筛选, 最终确定 CA, PD, LSI, 聚散度指数 LJI, COHESION, MESH, SPLIT 作为东山岛斑块类型景观格局的评价指标, 得到图 3~8。

表 2 东山岛形状指数相关性分析

Table 2 Shape index correlation analysis of Dongshan Island

指标 Index	LSI	MSI (平均形状指数)	AWMSI	FRAC-MN	FRAC-AM	PARA-MN	PARA-AM
LSI	1	-0.639	0.580	0.198	0.380	-0.055	0.188
MSI		1	-0.791	-0.807	-0.838	0.104	0.079
AWMSI			1	0.581	0.889*	-0.310	-0.413
FRAC-MN				1	0.883*	-0.951**	-0.856*
FRAC-AM					1	-0.696	-0.737
PARA-MN						1	0.842*
PARA-AM							1

注: \* 表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关; \*\* 表示在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关

Note: \* indicated significant correlation at 0.05 level (bilateral); \*\* indicated significant correlation at 0.01 level (bilateral)

表 3 东山岛聚散性相关性分析

Table 3 Clustering and dispersion correlation analysis of Dongshan Island

指标 Index	DIVISION	SPLIT	MESH	LJI	PLANDJ	AI	COHESION
DIVISION	1	0.494	-1.000**	-0.430	-0.403	-0.398	-0.521
SPLIT		1	-0.493	-0.461	-0.785	-0.772	-0.760
MESH			1	0.431	0.402	0.397	0.520
LJI				1	-0.054	-0.071	0.021
PLANDJ					1	1.000**	0.970**
AI						1	0.971**
COHESION							1

注: \*\* 在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关

Note: \*\* indicated significant correlation at the 0.01 level (bilateral)

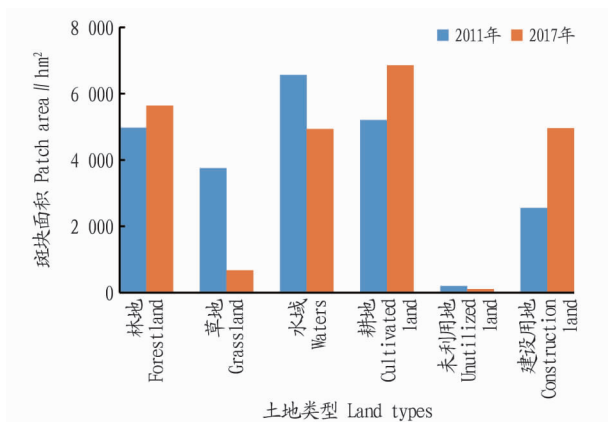


图 3 2011 和 2017 年斑块面积 (CA) 的变化

Fig. 3 The changes of patch area in 2011 and 2017

从林地各类指数变化来看, 斑块总面积增加 13.45%, PD 值也有较大提高, 表明林地斑块数量也在增加, 林地斑块异质性增强, 有利于林地景观资源的充分利用。LSI 值上升, 林地斑块不规则形状变化呈上升趋势, 但总体上变化幅度较小。结合聚散性指数分析, 近 6 年林地斑块间的连通性和斑块分布格局不平衡, 与其他类型斑块相邻度越来越低, 这一结果与 MESH 值的大幅度降低及 SPLIT 值的急剧上升相符

合, 林地斑块的分布范围正逐渐变小, 并被分割成较小的斑块。

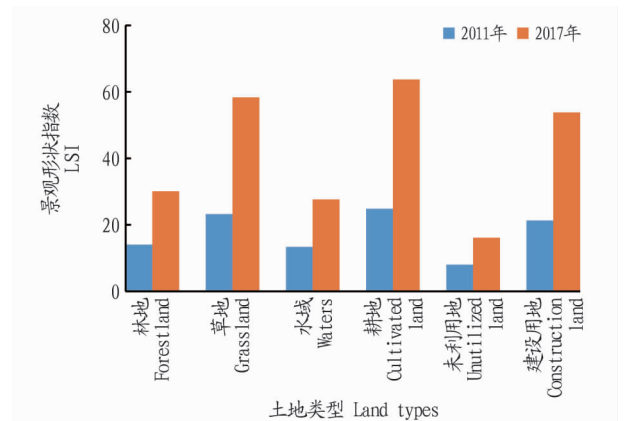


图 4 2011 和 2017 年景观形状指数 (LSI) 的变化

Fig. 4 The changes of landscape shape index in 2011 and 2017

从草地各类指数变化来看, 斑块总面积降低了 82%, PD 值上升较明显。LSI 值上升了 151.4%, 草地斑块的形状复杂程度剧增。LJI 值上升 13.3%, COHESION 值下降 43.5%, 表明草地斑块与较多的其他类型斑块相邻接, 而草地所占比例降低且破碎度变大。MESH 值与 SPLIT 值呈负相关, 表明该

类景观类型的分布范围越小,斑块数量越少,破碎化现象明显。从草地各类指数变化来看,斑块总面积降低了82%,PD值上升较为明显。LSI升高了151.4%,草地斑块的形状复杂程度剧增。LJI值升高13.3%,COHESION值下降43.5%,表明草地斑块与较多的其他类型斑块相邻接,而草地所占比例降低且破碎度变大。MESH值与SPLIT值呈负相关,表明该类景观类型的分布范围越小,斑块数量越少,破碎化现象明显。

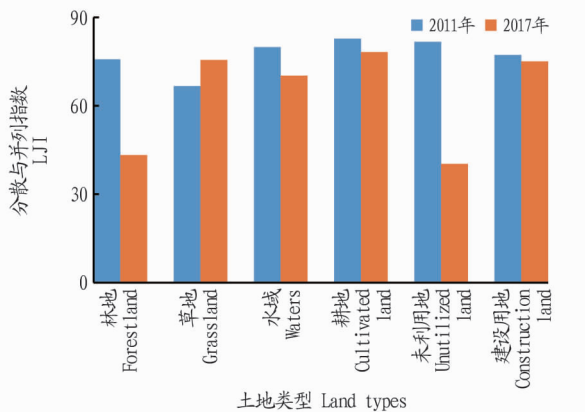


图5 2011和2017年分散与并列指数(LJI)的变化

Fig. 5 The changes of dispersion and exponential index in 2011 and 2017

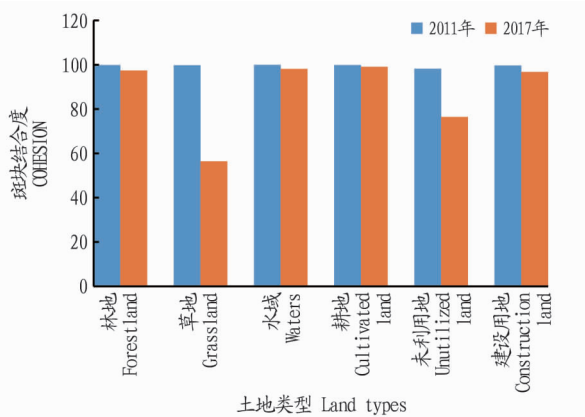


图6 2011和2017年斑块结合度(COHESION)的变化

Fig. 6 The changes of patch aggregation index in 2011 and 2017

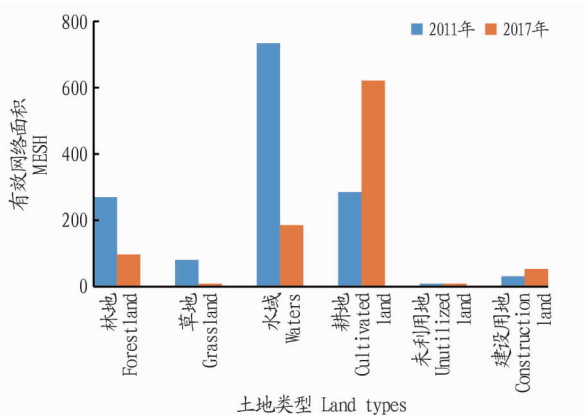


图7 2011和2017年有效网络面积(MESH)的变化

Fig. 7 The changes of effective network area in 2011 and 2017

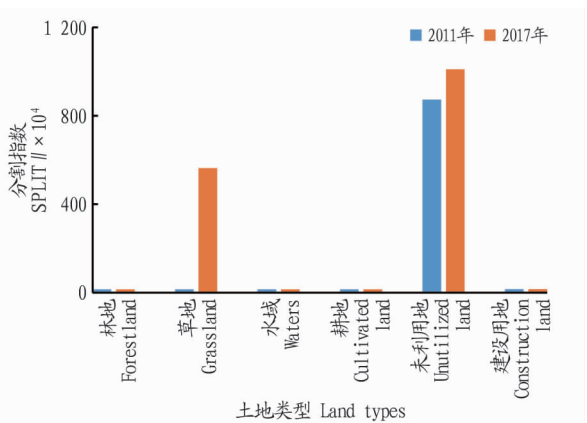


图8 2011和2017年分割指数(SPLIT)的变化

Fig. 8 The changes of segmentation index in 2011 and 2017

从水域各类指数来看,斑块总面积下降33%,形状指数上升,聚散性指数大多出现下降,说明水域斑块经历被分割、用地性质转换等过程,斑块破碎化程度同样也在上升。

从耕地各类指数来看,耕地面积和密度的增幅分别为31%和400%,同时聚散性指数MESH、SPLIT也出现增长,均反映出斑块总面积和分布数增大的趋势,但快速增长必然会导致斑块水平层次不齐,LJI值的降低印证了这一点。LSI值反映出耕地和草地、林地和建设用地出现复杂化趋势,这意味着东山岛斑块相互交错,整体上越来越复杂,保护工作迎来严峻挑战。

从建设用地各类指数来看,面积增加了近1倍,复杂化程度上升,但由于LJI值和COHESION值变化不大,因而破碎度保持稳定,这在一定程度上表明城镇绿色空间建设有所缺乏。从MESH值和SPLT值来看,分布位置在不断增加,说明城镇建设活动继续增多,给其他景观斑块带来生态压力。未利用地因为未能明确使用性质,暂不讨论。

**3.2 景观水平上景观指数动态分析** 景观空间格局是由多个层次的体系组成的,在不同的空间尺度下其结构形态和功能之间具有不同的表现形式和相互依存关系。因此,在对斑块类型分析之后,还需要对整体景观水平作出识别判断。利用蔓延度指数(CONTAG)、聚合度指数(AI)、Shannon-Wiener多样性指数(SHDI)、均匀度指数(SHEI)对2011和2017年整体景观水平进行比较,结果见表4。

表4 2011和2017年整体景观水平的比较

Table 4 Comparison of overall landscape level between 2011 and 2017

年份 Year	CONTAG	AI	SHDI	SHEI
2011	46.29	92.59	1.58	0.88
2017	39.75	80.96	1.49	0.83

从这4类指数来看,蔓延度、聚合度、多样性以及均匀度指标均有下降。由景观类型成片分布到现状各类景观分布较散、破碎化状况,东山岛内的景观生态格局水平呈现逐渐下降的趋势。城市建设用地不断外扩,各类城镇也相继建设,用地的无序性与随意性造成了城乡绿色空间的连通度降低,生物间交流的生态阻力加大,对于维持生态系统的稳定

性和城市建设的可持续发展都极为不利<sup>[11]</sup>。因此,基于景观生态格局的分析结果,对东山岛的绿色空间网络及格局的构建迫在眉睫。

#### 4 结论与讨论

**4.1 结论** 该研究结果表明,岛内景观格局在6年内发生了较大变化。从斑块类型水平来看,林地、耕地面积在逐渐增加,草地、水域面积骤减;建设用地的面积比2011年增加了1倍,斑块形状水平和破碎度呈上升趋势,城市建设步伐加快;城市发展以中心城区往耕地周边扩张,建设用地的聚集程度不断增加。从景观水平来看,整体景观多样性有所下降,绿色空间的连通度降低,生物间交流的生态阻力加大,给未来国土空间规划带来难题。

针对以上问题,笔者建议从以下方面对东山岛绿色空间的保护与开发工作进行改善:一是优化城市绿化现状,以建设“公园城市”为目标导向,增加城乡绿化面积,尤其是公园绿地、生产绿地及防护绿地,这样有助于降低破碎度,扩大斑块间的连接度,使各类绿地斑块形成完整的生态体系和合理的空间布局。二是利用国土综合整治与生态修复的历史契机全面优化国土布局类型,为保护物种生存环境的原真性,促进动物运动、营养元素迁移活动的正常进行提供保障基础。三是在绿色空间中建立“绿色社区”<sup>[12]</sup>,建立生态和经济搭桥保障规则和经济生态绩效指数评价<sup>[13]</sup>,健全生态红线划分规范,强化人与自然的共生性,尽可能弱化为经济发展和生态发展的冲突。在县域国土空间规划中要更加注重对耕地和草地进行保护性开发,切实加强对绿色空间优质廊道的保护和修复,在经济发展和生态保护上找到可靠的平衡点。

**4.2 讨论** 景观指数分析是景观格局动态分析的基础,然而景观格局多在二维尺度上寻找图形分布的特性,如均匀、

聚合、线状、平行等,对外部影响因素的相关影响缺乏进一步探究,因而容易出现指数表达上的重复。该研究运用自相关分析对相关指数进行筛选,进而进行景观格局动态变化的研究,结果相对更为准确,为后续研究提供了良好支持。但是,鉴于研究区数据获取难度大,构建多准则、多方面的评价筛选体系依然是未来的研究难题,且更应该考虑外部因子对相关性的影响。

#### 参考文献

- [1] 余新晓,牛健植,关文彬,等.景观生态学[M].北京:高等教育出版社,2006:151-163,285-289.
  - [2] 李伟,贾宝全,王成,等.北京市景观格局特征分析[J].林业科学研究,2009,22(5):747-752.
  - [3] 马克明,傅伯杰.北京东灵山地区景观格局及破碎化评价[J].植物生态学报,2000,24(3):320-326.
  - [4] TURNER M G, O'NEILL R V, GARDNER R H, et al. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern[J]. Landscape ecology, 1989,3(3/4):153-162.
  - [5] LUCK M, WU J G. A gradient analysis of urban landscape pattern: A case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA[J]. Landscape ecology, 2002,17(4):327-339.
  - [6] ROMERO-CALCERRADA R, PERRY G L W. The role of land abandonment in landscape dynamics in the SPA 'Encinares del río Alberche y Cofio' Central Spain, 1984-1999[J]. Landscape and urban planning, 2004,66(4):217-232.
  - [7] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等.景观生态学原理及应用[M].北京:科学出版社,2001:33-67.
  - [8] 肖笃宁,李秀珍,高峻,等.景观生态学[M].北京:科学出版社,2003:134-200.
  - [9] 刘晓芬.平潭岛生态功能网络构建研究[D].福州:福建师范大学,2012:15-16.
  - [10] 布仁仓,胡运满,常禹,等.景观指数之间的相关分析[J].生态学报,2005,25(10):2764-2775.
  - [11] 张亚丽.东山岛绿色空间网络构建研究[D].长沙:中南林业科技大学,2019:34-35.
  - [12] 官玮.推动绿色社区建设的思考与建议[J].绿色建筑,2020(1):32-36.
  - [13] 张华,于淼,孙翠洋,等.辽宁省生态福利绩效与经济可持续发展关系研究(英文)[J]. Journal of resources and ecology, 2019,10(1):39-47.
- (上接第115页)
- [25] 姚亚男,李树华.基于公共健康的城市绿色空间相关研究现状[J].中国园林,2018,34(1):118-124.
  - [26] VICH G, MARQUET O, MIRALLES-GUASCH C. Green streetscape and walking: Exploring active mobility patterns in dense and compact cities[J]. Journal of transport & health, 2019,12:50-59.
  - [27] SARKAR C, WEBSTER C, PRYOR M, et al. Exploring associations between urban green, street design and walking: Results from the Greater London boroughs[J]. Landscape and urban planning, 2015,143:112-125.
  - [28] JIANG B, CHANG C Y, SULLIVAN W C. A dose of nature: Tree cover, stress reduction, and gender differences[J]. Landscape and urban planning, 2014,132:26-36.
  - [29] KONDO M C, FLUEHR J M, MCKEON T, et al. Urban green space and its impact on human health[J]. International journal of environmental research and public health, 2018,15(3):1-28.
  - [30] LU Y, SARKAR C, XIAO Y. The effect of street-level greenery on walking behavior: Evidence from Hong Kong[J]. Social science & medicine, 2018,208:41-49.
  - [31] DE VRIES S, VAN DILLEN S M E, GROENEWEGEN P P, et al. Streetscape greenery and health: Stress, social cohesion and physical activity as mediators[J]. Social science & medicine, 2013,94:26-33.
  - [32] VAN DILLEN S M E, DE VRIES S, GROENEWEGEN P P, et al. Greenspace in urban neighbourhoods and residents' health: Adding quality to quantity[J]. Journal of epidemiology and community health, 2012,66(6):1-10.
  - [33] LAFORTEZZA R, CARRUS G, SANESI G, et al. Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress[J]. Urban forestry & urban greening, 2009,8(2):97-108.
  - [34] GIDLÖF-GUNNARSSON A, ÖHRSTRÖM E. Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas[J]. Landscape and urban planning, 2007,83(2/3):115-126.
  - [35] 克里斯托弗·韦伯斯特,钱莫伊·沙卡,斯考特·杰宁斯·墨尔本,等.绿色等于健康 建立高密度健康城市研究的实证基础[J].景观设计学,2015,3(1):8-23.
  - [36] LEE I M, SHIROMA E J, LOBELO F, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy[J]. Lancet, 2012,380(9838):219-229.
  - [37] THOMPSON C J, BODDY K, STEIN K, et al. Does participating in physical activity in outdoor natural environments have a greater effect on physical and mental wellbeing than physical activity indoors A systematic review[J]. Environmental science & technology 2011,45(5):1761-1772.
  - [38] 叶宇,张灵珠,颜文涛,等.街道绿化品质的人本视角测度框架:基于百度街景数据和机器学习的大规模分析[J].风景园林,2018,25(8):24-29.
  - [39] NAWRATH M, KOWARIK I, FISCHER L K. The influence of green streets on cycling behavior in European cities[J/OL]. Landscape and urban planning, 2019,190[2020-04-25]. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103598.