

昌江海尾湿地景观格局动态变化及其影响因子

Dynamic Changes and Influencing Factors of Landscape Pattern in Changjiang Haiwei Wetland

孙静馨 宋希强 申益春 杨泽秀*

SUN Jingxin, SONG Xiqiang, SHEN Yichun, YANG Zexiu*

基金项目: 昌江黎族自治县海尾国家湿地公园湿地修复(一期)及生态环境监测勘察设计项目(编号: HNZZ-2023-034)

摘要

为明晰昌江海尾湿地景观格局特征,探究湿地景观格局的影响因素,更好地保护和利用该湿地,通过土地利用动态变化分析、景观格局指数分析以及现场调查的方法,对昌江海尾湿地 2014—2024 年的景观格局进行分析,并结合自然、人文等因素探究湿地景观格局特征的驱动因素。研究表明,近 10 年来昌江海尾湿地内湿地植物、建设用地、裸土地和道路面积减少,以建设用地的降幅最大,林地、草地和水域面积增加;在类型层次上,昌江海尾湿地的优势景观类型为林地,景观趋于破碎化,各斑块形状趋于复杂化,聚集度整体呈下降趋势,湿地植物的聚集度显著下降;影响昌江海尾湿地景观格局演变的主要因素为社会经济因素,包括人口数量和第三产业等,环境因素也有一定的作用。建议合理规划区域道路景观,重视景观的整体性保护,加强对沼泽湿地和珍稀濒危植物的保护。

Abstract

In order to clarify the landscape pattern characteristics of Changjiang Haiwei Wetland, explore its influencing factors and better protect and utilize this wetland, the landscape pattern of Changjiang Haiwei Wetland from 2014 to 2024 is analyzed through the analysis of the dynamic change of land use, the analysis of the landscape pattern index as well as the on-site survey, and the driving factors of wetland landscape pattern characteristics are explored with the combination of the natural, humanistic and other factors. The results of the study show that the areas of wetland plants, construction land, bare land and roads in Changjiang Haiwei Wetland have decreased over the past decade, with construction land showing the most significant decline, while woodland, grassland, and water areas have increased. At the typological level, the dominant landscape type in the Changjiang Haiwei Wetland is woodland. The landscape is becoming increasingly fragmented, with the shapes of various patches tending to become more complex, and the overall aggregation degree is on a downward trend, with a significant decrease in the aggregation degree of wetland plants. The main factors influencing the evolution of the landscape pattern in the Changjiang Haiwei Wetland are socio-economic factors, including population size and the tertiary industry, while environmental factors also play a certain role. Based on these findings, it is recommended to rationally plan the regional road landscape, emphasize the overall protection of the landscapes, enhance the protection of marshy wetlands as well as rare and endangered plants species.

关键词

土地利用; 景观格局; 景观破碎化;
湿地保护; 生物多样性

Keywords

Land use; Landscape pattern;
Landscape fragmentation;
Wetland protection; Biodiversity

收稿日期: 2024-09-03

修回日期: 2024-12-06

文章亮点

1) 利用 Fragstats 软件分析多年湿地景观格局指数动态变化, 探究湿地景观格局演变特征; 2) 运用 spss 软件探究环境和人为因素与景观格局指数变化的关联程度; 3) 针对景观特征显现的问题提出建议对策。

湿地生态系统具有独特的功能和效益, 由多年或季节性内涝或湿度过大的土地, 以及生长和栖息的生物种群组成。湿地作为自然界中极为丰富多样的生态系统, 是重要的自然资源, 也是人类最重要的栖息地之一^[1]。

随着人类活动的增加, 我国湿地的面积正面临缩减的趋势。景观生态学是一门介于生态学和环境科学的重要学科, 其原则和相关方法被广泛用于湿地研究^[2-3]。景观生态学中关于格局、过程与尺度的理论和方法的引入, 使湿地景观格局的动态变化逐渐成为湿地生态学的研究热点^[4-7]。其中, 景观格局是由自然或人为形成的一系列大小、形状各异, 排列不同的景观要素共同作用的结果^[8-11]; 湿地景观格局是自然演替与人为干扰共同作用的结果, 反映湿地生态系统的景观结构及其空间格局关系^[12-15]。景观格局指数法是研究景观格局动态变化的主要方法。景观格局指数是一系列能够量化景观格局的空间特征关系的测度指标, 其能够以数字计算的形式反映景观空间格局的一系列信息^[16-19]。

海南岛的湿地研究主要集中在海口和三亚 2 个城市, 故关于岛上北部和南部湿地特征的研究较多。而昌江海尾湿地中的海南昌江海尾国家湿地公园(试点)是海南岛西部唯一的国家湿地公园, 故对昌江海尾湿地开展研究, 不仅能在地理位置上丰富海南岛湿地研究内容, 还具有独特性。同时, 昌江海尾湿地是海南岛重要的越冬水鸟栖息地, 也是海南省内罕见的保护良好的滨海内陆淡水沼泽湿地。通过生态修复、园区整治和巡护等措施, 昌江海尾湿地的保护成效显著, 生态系统逐步完善, 生物多样性不断增加, 这对研究湿地景观格局的动态变化及其影响因素具有重要价值。因此, 本文选取昌江海尾湿地作为研究对象, 选择 2014 年、2019 年和 2024 年 3 期土地利用数据, 运用景观空间格局指数法计算图像指标和分析数值样本, 分析其景观格局的动态变化特征及影响因素, 旨在为昌江海尾湿地环境资源的合理利用与保

护提供科学依据, 为海南岛西部湿地保护与建设提供参考。

1 研究区域概况

昌江海尾湿地(108°49'14"~108°52'27"E, 19°25'41"~19°27'33"N)位于海南省昌江黎族自治县海尾镇内, 地处海陆交界, 因其独特的湿地生态系统而被誉为当地天然的“城市之肾”, 也是保护完好的淡水沼泽湿地。本研究区属于热带季风气候, 全年无冬, 四季如夏, 日照充足。研究区拥有大片湿地、草地、滩地、红树林保育地、鸟类栖息地和海防林, 且生物资源丰富, 有国家二级保护植物水蕨 *Ceratopteris thalictroides*、降香 *Dalbergia odorifera* 等, 国家一级保护动物黑脸琵鹭 *Platalea minor* 以及二级保护动物豹猫 *Prionailurus bengalensis*、棉帛 *Nettapus coromandelianus* 等, 也是紫水鸡 *Porphyrio porphyrio* 在海南目前已知的繁殖点。此外, 研究区域中建设有海南昌江海尾国家湿地公园(试点), 共 336.9 hm²。

2 数据和研究方法

2.1 数据来源及处理

研究区矢量数据信息源为 2014 年、2019 年和 2024 年高清卫星遥感影像数据, 结合野外现场调查结果进行修正, 并依据国家标准《土地利用现状分类》(GB/T 2010-2017) 及研究对象的实际情况对研究区域景观进行分类, 生成土地利用类型图, 再将其输入 Arcmap 10.5 软件中转换为 20 m×20 m 的栅格文件, 最后利用 Fragstats 4.2.1 软件进行计算分析。

根据研究区域的土地利用现状以及湿地景观特征, 结合实地野外调查情况以及湿地景观要素^[20-21], 将昌江海尾湿地的土地利用类型划分成林地、草地、水域、湿地植物、建设用地、裸土地、道路 7 种(图 1)。

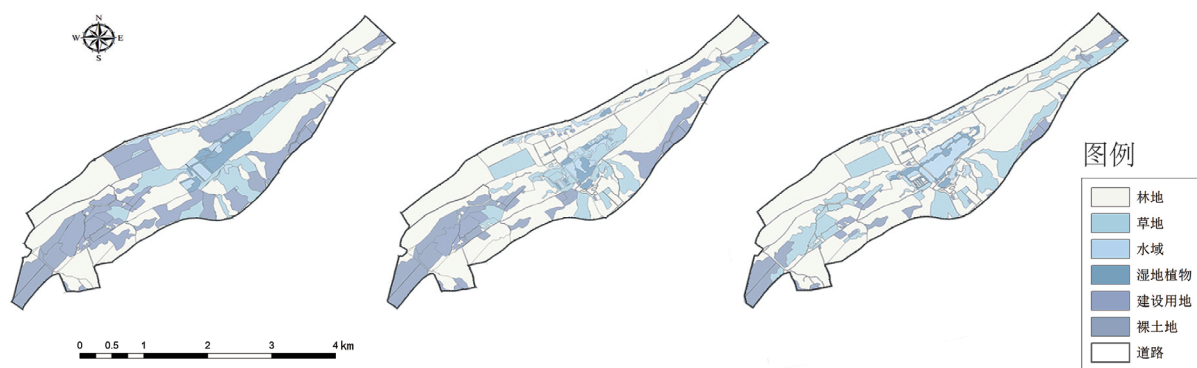


图 1 研究区域 2014、2019 和 2024 年土地利用状况

Fig.1 Land use of the study area in 2014, 2019, and 2024

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用类型年变化率分析

土地利用类型的年变化率 (K) 用于分析不同类型土地在一段时间内的变化程度^[22], 其计算公式如下:

$$K=\frac{S_a-S_b}{T}$$
 (1)

其中, S_a 为变化前面积, S_b 为变化后面积, T 为变化时间。

2.2.2 景观格局指数分析

景观格局指数可以量化计算景观格局, 根据计算结果描述景观格局的具体情况, 能够比较科学地研究景观格局的整体空间景观特征, 建立空间与生态的时空变化过程的联系。由此可以了解并解释研究对象的景观特性、景观功能、景观结构以及生态意义, 进而提出合理性的建议和措施。

本研究选取斑块类型水平和景观水平 2 个层次进行分析, 选取了 13 个景观格局指数^[23~24]来探究昌江海尾湿地的景观格局特征(表 1)。

2.2.3 现场调查

本研究利用最新的卫星遥感影像纹理特征, 建立译解标志, 开展遥感判读区划。结合区划判读结果数据进行野外实地调查, 调查时间为 2022 年 8 月, 对调查前的区划判读进行校正。使用 GPS、无人机等工具进行地理定位和数据采集, 对于确定的各土地类型范围进行实地勘测, 明确边界和实际用地类型, 辅助绘制土地利用类型图。

对于研究区域的生物多样性, 尤其是珍稀、野生动植物进行及时观察与记录; 重点关注研究区域周边特别是湿地水域范围的环境, 记录人为活动现象和干扰行为, 为后续景观格局变化的影响因素分析提供实际验证。

2.2.4 影响因素相关性分析

本研究在分析影响因素时根据研究区域的实地情况, 考虑了社会经济与环境因素, 包括国内生产总值 (GDP)、第三产业产值、总人口数、城镇居民数量、乡村居民数量、年平均降雨量、年均气温以及年均相对湿度等^[25~26]8 个指标。这些指标能够综合反映地区的经济发展水平和自然条件。同时, 利用 SPSS 软件进行关联度分析, 以探究影响湿地景观变化的主要因素。

3 结果和分析

3.1 土地利用动态变化

2014—2024 年昌江海尾湿地的湿地植物、建设用地、裸土地和道路的总面积减少(表 2), 其中建设用地减少面积最多, 达 157.42 hm²; 林地、草地及水域面积增加, 林地面积增量最多, 为 106.30 hm²。十年间, 林地和草地面积呈持续增长趋势, 于 2024 年达到峰值; 水域及湿地植物面积先减后增; 裸土地与道路面积先增加, 后大幅减少, 而建设用地面积持续减少。

3.2 景观格局指数变化分析

3.2.1 斑块类型水平指数

对研究区域在斑块类型水平上的景观格局指数变化进行对比(图 2)可知, 2014—2024 年研究区域中 PD 平均值最大的土地利用类型是道路, 其次是草地和林地, 最小的是湿地植物; 十年间林地、草地、水域、建设用地和裸土地的 PD 值基本呈渐进式上升趋势, 湿地植物与道路呈先增后减趋势。ED 平均值最大的为林地, 其次是草地, 湿地植物的 ED 值最小; 十年间林地、草地、水域和湿地植物的 ED 值

表 1 13 个景观格局指数
Tab.1 13 Landscape pattern indices

景观格局指数	生态学意义
类型面积 CA/hm ²	指相同类型斑块的面积之和
景观面积比例 PLAND/%	指每种区域类型的面积占整个景观总面积的比例。其能够揭示各区域类型在整体景观中的重要程度及其主导性
斑块密度 PD/(个/100hm ²)	指一定面积内斑块的总数, 用来衡量斑块的破碎程度或多样性
最大斑块指数 LPI/%	即景观中最大的斑块所占的面积比例, 是衡量主导类型的关键指标
边缘密度 ED/(m/hm ²)	指单位面积内异质景观要素的区域范围, 反映的是某一斑块类型的边缘效应, 体现破碎化程度
景观形状指数 LSI/%	是用来量化景观形态复杂性的度量标准。其数值越高, 意味着景观的形状越不规则, 复杂度越高
散布与并列指数 IJI/%	用于衡量不同斑块类型间的相互关联性
聚集度 AI/%	用于衡量相同类型斑块聚集程度。其数值的增加表明斑块的集中性增加, 从而揭示了景观中的主要构成要素
斑块结合度 COHESION/%	是衡量不同斑块之间物理连通性的重要指标。该数值越高, 表明斑块类型之间的物理联系越紧密, 从而反映出更强的连通性
景观总面积 TA/hm ²	指所有斑块类型面积之和
蔓延度 CONTAG/%	反映了各类斑块在整个景观中的分布格局。其数值高低直接关联着斑块的分散或集中趋势
香农均匀度 SHEI	揭示了景观中不同斑块类型的分布特征, 并显示各区域类型分布的规律性。其取值介于 0~1, 值越高则指示出更强的分布规律性
香农多样性 SHDI	是衡量景观类型多样性的重要指标。其值越高, 意味着该地区的景观类型越多样化。

呈明显上升趋势。LSI 平均值最高的为道路，林地次之，裸土地和湿地植物的最低，除道路和建设用地外所有景观类型均呈上升趋势，表明各斑块形状趋于复杂化。AI 平均值最低的为道路，其余景观类型指数均大于 55%；研究区域的 AI 值整体呈下降趋势，以湿地植物的降幅最为显著。现场调查发现，水域集中分布在研究区域中部，但其 ED 和 LSI 均值较低，边缘效应较弱，其与周边环境的物质和能量交换能力有待增强。因而，湿地水域的稳定性更需保护和重视。

3.2.2 景观水平指数

为了探究研究区域在景观类型水平上的景观指数变化特点，对研究区域的景观水平指数进行计算分析，并与不同地区湿地^[27-29]进行对比（表 3）。

2014—2024 年研究区域的 PD 值呈先增后减趋势；CONTAG 值趋于稳定；AI 和 IJI 值呈减少趋势；SHEI 和 SHDI 值呈减少趋势，表明景观斑块分布趋于不均匀，景观

表 2 2014—2024 年昌江海尾湿地土地利用类型面积变化
Tab.2 Changes in the area of land use types of Changjiang Haiwei Wetland from 2014 to 2024

土地利用类型	2014 年面积 /hm ²	2019 年面积 /hm ²	2024 年面积 /hm ²	年变化率 K/hm ² · a ⁻¹	总变化量 /hm ²
林地	360.58	445.28	466.88	10.63	106.30
草地	108.90	137.33	182.25	7.33	73.35
水域	26.60	21.85	51.16	2.46	24.56
湿地植物	28.88	15.52	17.61	-1.13	-11.27
建设用地	178.65	68.80	21.23	-15.74	-157.42
裸土地	68.90	77.54	42.08	-2.68	-26.82
道路	12.92	19.13	4.24	-0.87	-8.68

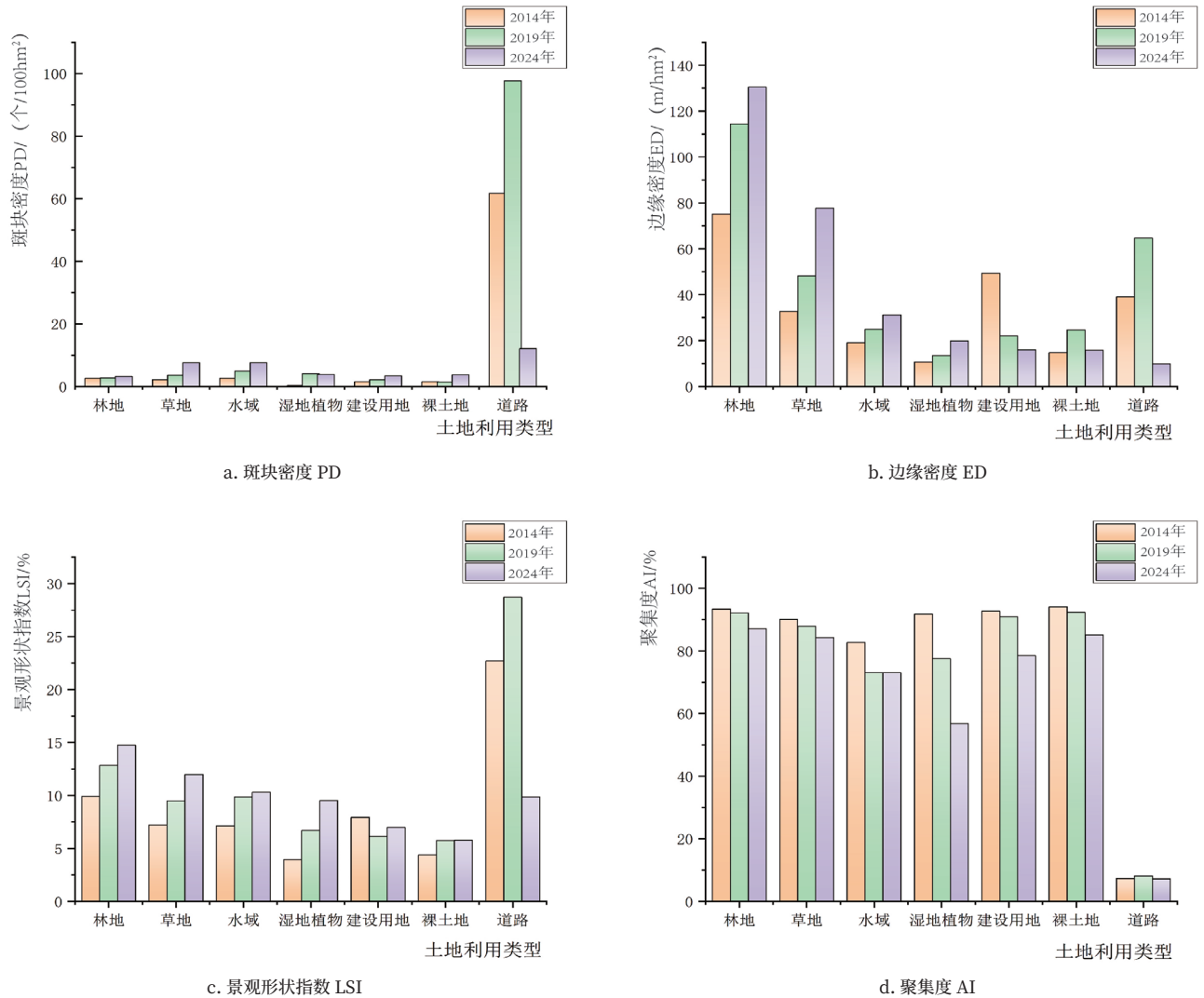


图 2 2014—2024 年研究区域斑块类型水平指数变化对比
Fig.2 Comparison of changes in the patch type level index in the study area from 2014 to 2024

类型丰富度降低。

较于美舍河与成都凤栖湿地，昌江海尾湿地的 TA 值较大，而 PD 值较小，说明昌江海尾湿地的斑块破碎化程度较低，整体景观具有一定的稳定性；研究区的 AI 值为 83.97，处于中等偏上水平，整体景观具有较好的连通性。结合上述斑块类型水平分析可知，研究区域以林地作为主导景观的最大斑块，且整体景观的斑块密度较小，连通性良好，在一定程度上有利于斑块之间的能量流动、物质循环和信息传递。昌江海尾湿地的 SHEI、SHDI 值低于同地区的海口美舍河湿地，但高于海口五源河湿地，呈中等水平，总体分布不够均衡，特别是湿地斑块。现场调查发现，大多数湿地斑块与林地或草地相连，景观类型较单一，生物多样性不够丰富。

总体来说，研究区域以林地为优势景观，整体连通性良好，斑块密度较小，景观稳定性较好，破碎化程度较低，但景观类型不够丰富，景观要素的多样性和异质性处于中等水平，具有一定的抵御生境破碎化能力。

3.3 景观变化影响因素分析

根据昌江黎族自治县人民政府的公开数据^①，2014—2023 年昌江黎族自治县人口持续增长，2014—2019 年城镇人口呈增长趋势而农村人口持续下降，2019—2023 年城镇人口下降而农村人口上升。国内 GDP 由 2014 年的 94.79 亿元人民币增长到 2023 年的 162.84 亿元人民币（图 3）。同时期，昌江黎族自治县的温度总体呈上升趋势，而降水量和相对湿度总体呈降低趋势。

3.3.1 社会环境因素分析

借助 SPSS 对社会环境因素、气候环境因素与土地类型、景观格局指数进行相关性分析（表 4~5）。

由表 4 可知，人口、经济因素对土地利用类型存在一定影响。其中，总人口数对草地的分布有显著积极影响；农村人口对水域的分布有显著积极影响，而对裸土地分布有消极影响。

表 3 不同地区湿地的景观水平指数

Tab.3 Landscape level index for wetlands in different regions

研究对象	位置	TA/hm ²	PD/ (个/100hm ²)	CONTAG/%	AI/%	IJI/%	SHEI	SHDI
昌江海尾湿地 (2014 年)	海南昌江		72.35	53.40	91.20	81.68	0.74	1.44
昌江海尾湿地 (2019 年)	海南昌江	819.40	116.55	55.73	88.55	75.82	0.66	1.29
昌江海尾湿地 (2024 年)	海南昌江		41.13	53.71	83.97	59.96	0.64	1.24
美舍河湿地	海南海口	468.73	198.62	/	92.05	/	0.76	1.36
五源河湿地	海南海口	1 315.03	58.32	/	96.46	/	0.62	1.11
贵州摆龙河湿地	贵州贵定	380.30	/	61.11	/	62.30	0.62	1.11
成都凤栖湿地	四川成都	187.19	294.64	52.38	96.52	56.24	0.88	1.78
西溪湿地	浙江杭州	1 392.71	/	39.17	/	/	0.64	1.28

表 4 影响因素与土地利用类型的相关性分析

Tab.4 Correlation analysis between influencing factors and land use types

土地利用类型	年降水量	年均气温	年平均相对湿度	总人口	城镇人口	农村人口	国内生产总值 GDP	第三产业产值
林地	-0.981	0.438	-0.769	0.869	0.081	0.495	0.931	0.957
草地	-0.794	-0.006	-0.405	0.998*	-0.369	0.829	0.996	0.987
水域	-0.363	-0.524	0.128	0.883	-0.798	0.999*	0.806	0.758
湿地植物	0.989	-0.712	0.938	-0.655	-0.409	-0.178	-0.757	-0.805
建设用地	0.955	-0.341	0.697	-0.916	0.024	-0.584	-0.965	-0.982
裸土地	0.283	0.594	-0.211	-0.841	0.846	-0.999*	-0.754	-0.701
道路	0.095	0.737	-0.394	-0.722	0.932	-0.974	-0.615	-0.552

注：*表示在 0.05 级别，相关性显著。

表 5 影响因素与景观格局指数的相关性分析

Tab.5 Correlation analysis between influencing factors and landscape pattern indices

景观指数	年降水量	年均气温	年平均相对湿度	总人口	城镇人口	农村人口	国内生产总值 GDP	第三产业产值
NP	0.125	0.716	-0.366	-0.743	0.921	-0.980	-0.638	-0.577
LPI	-0.995	0.680	-0.921	0.688	0.367	0.221	0.786	0.831
ED	-0.989	0.715	-0.939	0.652	0.412	0.174	0.755	0.803
LSI	-0.778	0.970	-0.984	0.180	0.816	-0.348	0.320	0.392
IJI	0.732	0.101	0.316	-0.999*	0.456	-0.878	-0.983	-0.966
CONHESION	0.686	0.167	0.253	-0.995	0.514	-0.908	-0.969	-0.947
AI	0.787	0.018	0.394	-0.999*	0.380	-0.836	-0.995	-0.984

注：*表示在 0.05 级别，相关性显著。

① 来自 http://changjiang.hainan.gov.cn/changjiang/xxgk/newxxgk_index.shtml

经济因素对于林地、草地及水域的相关度均超 0.7，正向相关性较为明显。综合来看，人口经济因素对于林地、水域等类型的面积呈正向关联，对于湿地植物、建设用地、裸土地和道路类型的面积呈负向关联。

由表 5 可知，研究区域的总人口与 IJI、AI 指数呈显著负相关；国内生产总值和第三产业产值与 NP、IJI、CONHESION、AI 指数呈负向关联，与 LPI、ED 则呈正相关联。综上，研究区域内 GDP、第三产业产值的上升对于斑块间的聚集程度影响较大。

3.3.2 气候环境因素的分析

由表 4~5 可知，研究区域的气候环境因素对于土地利用类型和景观格局指数有一定影响。湿地植物、建设用地类型的面积随年降水量和年平均湿度上升而增加，林地、草地等类型的面积随年降水量和年平均湿度上升而减少。LPI、ED、LSI 与年降水量、年平均相对湿度呈负相关，说明气候环境因素会影响景观斑块的破碎化和形状指数。

3.3.3 景观格局动态变化影响因素分析

借助 SPSS 对各影响因素与土地类型分别进行关联程度与回归分析（表 6）。

通过回归分析与 R^2 验证，进一步验证农村人口数对于水域、裸土地的影响显著， R^2 值均在 0.99 以上；第三产业产值对于湿地植物、裸土地、道路的影响显著， R^2 值在 0.9 以上甚至达到 1；气候环境因子也有着一定的影响。综合来

看，农村人口数与第三产业值是影响景观格局变化的最主要因素。

从自然因素来看，未来昌江黎族自治县的平均气温、高温日数、高温持续时间均呈现极显著上升趋势^[30]，气温升

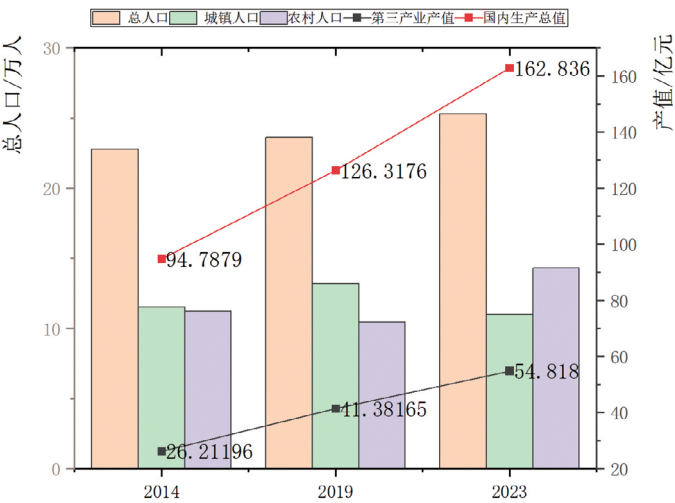


图 3 2014—2023 年研究区域人口和经济指数变化
Fig.3 Changes in demographic and economic indicators in the study area from 2014 to 2023

表 6 土地利用类型与环境影响因素回归分析
Tab.6 Regression analysis of land use types and environment impact factors

土地利用类型	年降水量		年均气温		年平均湿度		总人口	
	回归方程	R^2	回归方程	R^2	回归方程	R^2	回归方程	R^2
林地	$y=612.192-0.147x$	0.926	$y=-144.465+18.135x$	-0.616	$y=1\,483.220-14.199x$	0.181	$y=-492.455+38.383x$	0.511
草地	$y=242.938-0.078x$	0.261	$y=147.707-0.156x$	-1.000	$y=510.448-4.929x$	-0.671	$y=-550.229+29.018x$	0.993
水域	$y=52.662-0.015x$	-0.737	$y=223.750-6.076x$	-0.450	$y=-16.363+0.665x$	-0.967	$y=-227.603+10.920x$	0.560
湿地植物	$y=-3.575+0.019x$	0.958	$y=138.977-3.772x$	0.015	$y=-144.636+2.217x$	0.758	$y=109.059-3.701x$	-0.142
建设用地	$y=-173.413+0.205x$	0.826	$y=725.586-20.281x$	-0.768	$y=-1\,290.267+18.501x$	-0.029	$y=1\,478.542-58.157x$	0.680
裸土地	$y=44.986+0.014x$	-0.840	$y=-190.924+8.092x$	-0.294	$y=158.698-1.285x$	-0.911	$y=354.648-12.218x$	0.414
道路	$y=9.672+0.002x$	-0.982	$y=-115.157+4.058x$	0.085	$y=84.340-0.969x$	-0.690	$y=113.451-4.244x$	0.043

土地利用类型	城镇人口		农村人口		国内生产总值 GDP		第三产业产值	
	回归方程	R^2	回归方程	R^2	回归方程	R^2	回归方程	R^2
林地	$y=462.920-0.561x$	0.934	$y=261.8+13.551x$	-0.510	$y=227.586+1.537x$	0.735	$y=388.064+0.478x$	-0.434
草地	$y=175.054-1.218x$	0.674	$y=-36.223+14.937x$	0.374	$y=4.377+1.082x$	0.985	$y=40.975+2.425x$	0.816
水域	$y=172.173-11.076x$	0.870	$y=-58.580+7.657x$	0.995	$y=-14.457+0.372x$	0.3	$y=14.562+0.634x$	0.871
湿地植物	$y=-14.734+2.738x$	-0.011	$y=28.126-6.22x$	-0.937	$y=41.126-0.16x$	0.147	$y=20.182+0.017x$	-0.993
建设用地	$y=23.981+1.715x$	0.853	$y=364.884-22.968x$	-0.318	$y=382.229-2.287x$	0.861	$y=193.375-3.007x$	-0.133
裸土地	$y=52.840+0.508x$	-0.736	$y=170.781-9.005x$	0.997	$y=115.212-0.409x$	0.136	$y=101.116-1.079x$	0.912
道路	$y=6.747+0.523x$	-0.888	$y=54.647-3.55x$	0.897	$y=29.368-0.135x$	-0.245	$y=21.013-0.306x$	1

高导致的潜在蒸发量增加,可能引发区域水资源相对不足的现象,这会带来湿地景观退化的风险。而从人为因素来看,昌江黎族自治县的人口、产业产值也一直呈增加趋势,因此湿地区域的生态建设应作为当地高质量发展的重点。

3.4 讨论

影响区域湿地景观格局变化的因素复杂多样,结合上述分析,社会环境与气候环境均对昌江海尾湿地的景观格局有一定影响,其中农村人口数与第三产业值是关键因素。2017年原国家林业局批准建设海南昌江海尾国家湿地公园(试点),2023年公园通过省级验收,海南昌江海尾湿地候鸟重要栖息地入选《陆生野生动物重要栖息地名录(第一批)》。湿地景观动态变化数据分析表明2019—2024年林地、草地、水域、湿地植物类型的面积递增,建设用地、裸土地递减;各土地类型形状趋于复杂化。2019年昌江海尾国家湿地公园启动实施水系连通工程,对水系实施监测,通过打造湿地内水域连通沟、建造观鸟台及清理凤眼莲 *Pontederia crassipes* 等方式,提升流域水质,使生态系统逐渐完善,动植物种类不断丰富。但景观格局指数分析表明,研究区域的生物多样性、景观要素的异质性呈下降趋势,这与区域人口、城市的扩张及第三产业的发展有关,但2019年之后区域的景观格局指数降幅明显减小,这主要得益于期间政府重视湿地保护工作,加强发展国家湿地公园。

4 保护建议

基于上述分析,对昌江海尾湿地提出以下保护建议:

1) 合理规划区域道路景观。在土地利用结构整体优化的背景下,土地破碎化问题不容忽视。未来需要开展更加精细化的治理,通过合理规划道路景观,减少道路对其他景观类型尤其是草地和水域的干扰。由于水域景观受人为干扰的影响较大,需要对其内生物多样性进行保护,如合理配置乡土植物来提升植物景观的丰富度,增加湿地斑块面积,重点保护水域景观的脆弱性。

2) 重视景观的整体性保护。要加大对整个景观的保护力度,减少周边人类活动的影响,重视不同景观类型的均衡利用。未来的湿地规划建设应从景观系统的整体性考虑,以保护为原则,适当减少景观的分隔度,增加各斑块的均匀性和复杂性。

3) 加强对沼泽湿地的保护,尤其是加大对农村沼泽湿地的保护力度,为鸟类提供更好的栖息环境。建议在菜地区域实施“退耕还湿”,制止违规垦殖,逐步清退现有菜地,按湿地公园规划开展湿地生态修复;对湿地公园加强管理,严格制止在公园范围内放牧家禽、捕鱼等破坏环境的行为,开展清理凤眼莲等外来入侵物种的活动,更好地保护湿地生态环境。

4) 保护珍稀濒危植物。如尽可能对海南沟瓣木 *Glyptopetalum fengii*、滨海白绒草 *Leucas chinensis*、火焰兰 *Renanthera coccinea*、锦地罗 *Drosera burmanni*、金莲木 *Ochna integerrima* 等进行多次监测,适当扩繁;

逐步改善现有景观植被,用乡土植物营造生态景观。

5) 在高质量发展的同时重视生态保护。社会经济因素是昌江海尾湿地景观格局演变的主导因素,气候因素也有一定影响。未来,昌江黎族自治县应将生态环境建设纳入高质量发展的重要组成部分,采取生态修复措施,实施大力度的环境治理。这些措施会对湿地景观格局变化起正向的主导作用,景观模式与驱动力之间的相互关系也会逐渐改变。

5 结论

本研究通过分析昌江海尾湿地2014—2024年的景观格局变化情况,以及其社会和环境驱动因素,得出以下结论:

1) 近10年来昌江海尾湿地区域内湿地植物、建设用地、裸土地和道路类型的面积呈减少趋势,建设用地减幅最大;林地、草地和水域的面积逐渐增加,林地的增幅最为明显。

2) 从类型层次上来看,2014—2024年各景观斑块的密度和边缘密度呈上升趋势,表明景观趋于破碎化;景观斑块的形状指数大部分呈渐进式上升趋势,表明各斑块形状趋于复杂化;而聚集度指数整体呈下降趋势,以湿地植物的降幅最为显著。结合现场调查结果,湿地水域的稳定性更需保护和重视。

3) 昌江海尾湿地以林地为优势景观,将林地作为基底和廊道能够维护区域生态系统的稳定,抵抗外界干扰。道路对草地和水域及其他景观类型的影响较大,道路的交错分布割裂了其他景观类型的分布,加剧景观破碎化。

4) 昌江海尾湿地的各景观类型分布不均匀,以林地分布最广泛,草地和水域呈集中式成团分布。整体来说昌江海尾湿地的斑块破碎化程度较低,但斑块景观类型较单一,生物多样性不够丰富。

5) 通过影响因素的相关性分析发现,昌江海尾湿地景观格局的演变主要受到社会经济驱动力的影响,其中包括人口增长以及第三产业的产出等关键因素。同时,年降水量、年平均气温和年平均相对湿度等环境因素对其有一定的影响。

已有的海南岛湿地相关研究多聚焦于北部和南部的湿地特性,而本研究选取位于海南岛西部的昌江海尾湿地进行景观格局的探究分析,在地理分布上为海南岛湿地研究增添了多样性,在研究对象的选择上具有创新性和独特性。区别于传统的湿地景观格局探究,本研究采用了遥感技术与现场调研相结合的方式,对景观格局及其影响因素进行了深入分析。这种多维度的创新研究手段能够对当地生态系统实行更为全面和精确的评估。

然而,本研究主要集中于单一案例的分析,这在一定程度上限制了研究的广度和深度;且聚焦于气候环境和社会经济这两个最常见的影响因素,未分析其他干扰因素如空间地形、地貌等对湿地景观特征的影响。因此,未来的研究需要通过更多的案例分析和规划设计数据来进一步丰富和完善湿地结构的研究框架,以期构建更具普适性和系统性的理论体系;对更多影响因素进行更深入和全面的探

讨,采用更精细的景观单元划分、时空分布点选择和因素组合分析,以保障湿地生态系统的长期稳定发展。

注:图片均为作者自摄自绘。

参考文献:

- [1] HE J. Landscape Design Method of Urban Wetland Park Using the Building Information Model[J]. Wireless Communications and Mobile Computing, 2022. DOI:10.1155/2022/6228513.
- [2] 陈利顶,傅伯杰,赵文武. “源” “汇” 景观理论及其生态学意义[J]. 生态学报, 2006 (5): 1444-1449.
- [3] 胡唐松,吴鑫淼,王晓梦,等. 近十年雄安新区景观格局动态变化及生态系统服务功能评价[J]. 林业与生态科学, 2024, 39 (1): 66-75.
- [4] 张金屯,邱扬,郑凤英. 景观格局的数量研究方法[J]. 山地学报, 2000 (4): 346-352.
- [5] 杨苗,龚家国,赵勇,等. 白洋淀区域景观格局动态变化及趋势分析[J]. 生态学报, 2020, 40 (20): 7165-7174.
- [6] 任杰. 金塔北海子国家湿地公园湿地类型及景观格局时空演变分析[D]. 兰州: 西北师范大学, 2020.
- [7] 石英杰,王桂霞,安广义. 雄安白洋淀湿地景观格局分析及生态规划研究[J]. 湖北农业科学, 2020, 59 (20): 116-123.
- [8] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级 (2版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [9] 宋小梅,常晓丽,丁辰. 近 30 年根河流域湿地景观格局变化及驱动因素分析[J]. 水土保持学报, 2024, 38 (2): 294-303.
- [10] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题[J]. 地理科学, 2003 (3): 264-270.
- [11] 张明薇,吕鸿达,高世鑫,等. 基于景观格局的扎龙国家级自然保护区湿地保护成效评估[J]. 自然保护地, 2023, 3 (3): 67-76.
- [12] 蔡剑英,王烜,李春晖,等. 湿地景观格局研究前沿热点及发展趋势[J]. 西南大学学报 (自然科学版), 2022, 44 (10): 127-139.
- [13] 郑博福,黄琼瑶,陶林,等. 赣南地区景观格局变化及其对生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报, 2021, 41 (15): 5940-5949.
- [14] 陈文波,肖笃宁,李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. 应用生态学报, 2002 (1): 121-125.
- [15] 李嘉红. 基于地表覆盖数据和 Fragstats 对地级城市景观格局变化的初步研究分析——以中山市为例[J]. 居舍, 2024 (2): 126-129.
- [16] 刘海洋,唐圆圆,王瀚婕,等. 四川省茂县大沟流域 42 年植被景观格局恢复动态及其特征[J]. 生态学报, 2024, 44 (9): 3708-3720.
- [17] 孔凡亭,郗敏,李悦,等. 基于 RS 和 GIS 技术的湿地景观格局变化研究进展[J]. 应用生态学报, 2013, 24 (4): 941-946.
- [18] 刘欢. 基于 GIS 的宣州区绿色空间景观格局及优化策略[J]. 安徽农业科学, 2023, 51 (16): 105-107, 111.
- [19] 张雪艳,王利. 基于 GIS 和 Fragstats 的高速公路沿线生态景观格局研究[J]. 绿色科技, 2023, 25 (9): 234-239.
- [20] 田园. 成都凤栖湿地公园景观格局分析及规划设计研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2022.
- [21] 郑婷婷,李苑菱,陈宗铸,等. 2000—2020 年海南岛流域景观格局时空演变及其推动因素分析[J]. 热带林业, 2023, 51 (4): 67-73.
- [22] 许笑笑. 辽河口湿地景观格局演变及其对水文连通性的影响[D].

沈阳: 沈阳大学, 2022.

- [23] REN S, ZHAO H, ZHANG H, et al. Influence of Natural and Social Economic Factors on Landscape Pattern Indices—The Case of the Yellow River Basin in Henan Province[J]. Water, 2023, 15 (23): 4174.
- [24] 雷金睿,陈宗铸,陈毅青,等. 1990—2018 年海南岛湿地景观格局演变及其驱动力分析[J]. 生态环境学报, 2020, 29 (1): 59-70.
- [25] 王思翔,边虹霓,王宁涛,等. 基于多源时空数据的湖北省景观格局动态变化及驱动因素研究[J]. 华南地质, 2023, 39 (4): 686-693.
- [26] 王一茹. 基于景观指数计算海口市建成区城市绿地景观格局优化研究[D]. 海口: 海南大学, 2021.
- [27] 陈圣天. 海口市湿地景观格局时空演变及其优化策略研究[D]. 海口: 海南大学, 2023.
- [28] 雷金睿,冯勇,钱军,等. 海口城市湿地公园景观格局分析: 以美舍河国家湿地公园和五源河国家湿地公园为例[J]. 湿地科学与管理, 2019, 15 (3): 51-54.
- [29] 胡欣欣,姜小云,李伟. 海南省昌江县 1990—2020 年高温变化分析[J]. 农业开发与装备, 2022 (4): 63-65.
- [30] 邢彩盈,张京红,吴胜安. 近 50 年海南岛高温日数和热浪的气候特征[J]. 中国农学通报, 2017, 33 (22): 107-112.

作者简介:

孙静馨/2000 年生/女/福建福州人/海南大学热带农林学院 (海口 570228)/在读硕士研究生/专业方向为景观园林规划与设计

宋希强/1972 年生/男/江西峡江人/博士/海南大学热带农林学院 (海口 570228)/教授/研究方向为植物资源与利用、保护生态学

申益春/1974 年生/女/湖南邵阳人/博士/海南大学热带农林学院 (海口 570228)/副教授/研究方向为湿地景观与湿地植物

(* 通信作者) 杨泽秀/1970 年生/男/海南东方人/本科/海南省珠峰林业生态研究所 (海口 570100)/高级项目管理师、林业助理工程师/专业方向为林业/E-mail:80240104@qq.com