东莞市建成区景观格局及绿色空间演变动态*

庄斯荃[1] 沈德才[2] 黄久香[1]

1 华南农业大学林学与风景园林学院 广州 510642

2 东莞市林业科学研究所/广东珠江口城市群落森林生态系统国家定位观测研究站 广东东莞 523106

摘要:【目的】探讨东莞市建成区景观格局及绿色空间演变规律,以及城市化进程与政策调控在景观格局变化中的驱动作用机制,旨在为科学编制森林城市建设规划、引导森林城市健康发展、建设全域森林城市提供参考和理论依据。【方法】以东莞市建成区为研究对象,基于 2015、2019 和 2023 年 Landsat-8 遥感影像数据,选取斑块数量(PN)、斑块类型面积(CA)、斑块平均大小(MN)、景观百分比(PLAND)、斑块密度(PD)、分离度(DIVISION)、香农多样性指数(SHDI)和香农均匀度指数(SHEI)等景观格局指数,系统分析景观格局及绿色空间演变动态。【结果】1)2015—2023 年,建设用地和林地占比持续增加,分别由 52.39%增至 54.45%、27.90%增至 32.29%;耕地面积显著减少(12.65%降至 5.90%);水域面积小幅上升(7.06%增至 7.36%)。2)建设用地和林地破碎化程度降低(PD 分别下降 0.40 和 2.53),连通性增强(MN 分别提升 0.78 和 0.44);而耕地破碎化加剧(PD 上升 0.45)。3)景观多样性(SHDI 由 1.14 降至 1.06)与均匀度(SHEI 由 0.82 降至 0.76)呈下降趋势,优势景观类型主导性增强。【结论】东莞市建成区的景观结构相对稳定,景观异质性较强,景观多样性较好。在“绿美东莞”等政策引导下,东莞实现了建设用地与林地连通性的同步提升,说明在强有力的生态政策引导下,快速城市化地区的建设用地与林地可实现连通性增强与破碎化缓解。研究结果为快速城市化地区平衡开发与保护、优化生态空间布局提供了典型案例。未来应强化政策协同效应,提升景观多样性;同时应深化不同尺度景观格局与生态功能的耦合关系研究,为城市生态系统服务提质增效提供更精细的科学支撑。

关键词:景观格局;空间分布;动态分析;城市森林;东莞市

DOI:10.12169/zgcsly.2025.02.09.0001

Dynamic Changeof Landscape Pattern and Green Spaces in Built-up Area of Dongguan City

Zhuang Siquan[1] Shen Decai[2] Huang Jiuxiang[1]

(1. College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Dongguan Institute of Forestry Science Research/Guangdong National Positioning Observation and Research Station of Forest Ecosystem in Pearl River Estuary Urban Agglomeration, Dongguan 523106, Guangdong, China)

Abstract:【Objective】This study aims to explore the evolution rules of landscape pattern and green space in the built-up area of Dongguan City, and discuss the driving mechanism of urbanization process and policy regulation in the landscape pattern changes, thereby providing references and a theoretical basis for the scientific formulation of forest city development plan, guiding the healthy development of forest cities, and building comprehensive forest cities.【Method】Focusing on Dongguan's built-up areas, the study

收稿日期:2025-02-09

*基金项目:广东省林业科技创新平台项目(2021-KYXM-09-02);2022 年东莞市社会发展科技项目(20221800906102)

第一作者:庄斯荃(2002-),女,学士,主要研究方向为城市林业。Email:13250205489@163.com

通信作者:黄久香(1975-),女,博士,副教授,主要研究方向为植物资源。Email:jxhuang@scau.edu.cn

uses Landsat-8 remote sensing imagery in 2015, 2019, and 2023 and selects the key landscape pattern indices, including Patch Number (PN), Class Area (CA), Mean Patch Size (MN), Percentage of Landscape (PLAND), Patch Density (PD), Landscape Division Index (DIVISION), Shannon Diversity Index (SHDI), and Shannon Evenness Index (SHEI), to analyze the dynamics of landscape patterns and green spaces. 【Result】 1) From 2015 to 2023, the proportion of construction land and forest land continued to increase, rising from 52.39% to 54.45% and from 27.90% to 32.29%, respectively. Cultivated land decreased significantly in area from 12.65% to 5.90%, and water body area saw a slight increase from 7.06% to 7.36%; 2) The fragmentation of construction land and forest land decreased (PD decreased by 0.40 and 2.53, respectively), while the connectivity improved (MN increased by 0.78 and 0.44, respectively). Cultivated land fragmentation intensified (PD increased by 0.45); and 3) Landscape diversity (SHDI decreased from 1.14 to 1.06) and evenness (SHEI decreased from 0.82 to 0.76) showed a declining trend, indicating enhanced dominance of the predominant landscape types. 【Conclusion】 The landscape structure of Dongguan's built-up area is relatively stable, with strong landscape heterogeneity and good landscape diversity. Under the guidance of strong ecological policies in Dongguan City, the connectivity of construction land and forest land in rapidly urbanized areas can be enhanced and the fragmentation can be alleviated. The findings provide a typical case for the protection-development balance and ecological space layout optimization in the rapidly urbanized areas. In the future, more efforts should be taken to strengthen the coordination of policy effects for enhanced landscape diversity, and deepen the study on coupled relationship between landscape pattern and ecological function on different scales, which will provide more targeted scientific support for improving the urban ecosystem services and the benefits thereof.

Keywords: landscape pattern; spatial distribution; dynamic analysis; urban forest; Dongguan City

在生态文明建设持续推进的大背景下，绿美广东生态建设成为广东省生态发展的核心战略牵引，而森林城市的建设是应对快速城市化进程中生态空间萎缩、生物多样性下降及人居环境恶化的重要举措，其核心在于通过优化以森林为主体的生态格局，实现城市可持续发展与生态福祉提升[1]。东莞市作为广东省中南部的超大城市，依托“绿美东莞”建设契机大力实施森林进城围城工程，其建成区地处珠江口东岸，兼具快速城市化特征与生态保护压力，景观格局与绿色空间的演变过程极具典型性。然而，随着城市扩张与人口增长，建设用地需求激增与耕地保护、生态空间维持之间的矛盾日益凸显，厘清该区域景观类型的动态变化规律，充分发挥绿色空间的生态功能，对于指导东莞全域森林城市建设、优化土地利用规划具有迫切的现实必要性。

景观生态学作为一门学科，其起源可追溯至欧洲，在 1939 年由德国学者 Troll 在其著作中率先提出，在其研究中，首次应用了 RS 和 GIS 技术研究景观生态学[2]。20 世纪 80 年代初期，中国开始引入景观生态学，其中景观格局作为该学科的核心内容，受到了国内研究者的广泛关注。早期的研究主要侧重于对国外成果的引进和介绍，直至 1990 年，肖笃宁等[3]发表的《沈阳西郊景观格局变化的研究》，使中国景观格局研究从理论探讨迈向了实践应用的新阶段[4]。此后，中国学者对景观格局的定量分析给予了更多重视，并针对各类型城市绿地景观格局展开了大量探讨[5]。目前县级城市、地级市和直辖市全部开展了森林城市的建设，尽管《国家森林城市评价指标》(GB/T 37342-2019) 为全国森林城市建设提供了统一标准，但其以区域均值为基准的评估方式，易忽视市县间生态资源分布不均、空间结构失衡等深层次矛盾[6]，亟需结合动态景观格局分析，发现森林城市建设规划的不足之处，科学编制森林城市建设规划，引导森林城市的健康发展，建设全域森林城市。

同时，现有研究对于东莞这类快速城市化地区，针对 2015—2023 年这一关键发展阶段，结合多期遥感数据系统分析建成区景观格局及绿色空间演变的研究仍较为欠缺，且对政策调控与城市

化进程共同驱动下景观类型转化的内在机制探讨不足。此外，多数城市景观研究呈现出破碎化加剧的普遍趋势，而东莞在多项生态政策干预下，其建设用地与林地的格局变化是否呈现独特规律，亟待深入验证。

综上，本研究以东莞市建成区为研究对象，探讨以下问题：1）2015—2023 年东莞市建成区主要景观类型（耕地、林地、建设用地、水域）的面积占比、破碎化程度及连通性等特征如何动态演变；2）该区域景观多样性与均匀度的变化趋势及优势景观类型的主导性演变规律；3）城市化进程与政策调控在景观格局变化中的驱动作用机制。

1　研究区概况

东莞市（113° 31′—114° 15′ E，22° 39′—23°09′N）地处中国华南地区、广东省中南部、珠江口东岸，是广东省辖地级市、超大城市，总面积 2 542.67 km^2；属于亚热带季风气候，长夏无冬，光照充足，热量丰富，气候温暖，温度变幅小，雨量充沛，干湿季明显；年均降水量 1 614.5 mm，年均气温 24 ℃，年日照时数 2 052.9 h；下辖 4 个街道、28 个镇。本次研究范围为东莞市建成区，即东城街道、南城街道、万江街道、莞城街道、高埗镇、石碣镇，总面积 294.747 2 km^2（图 1）。

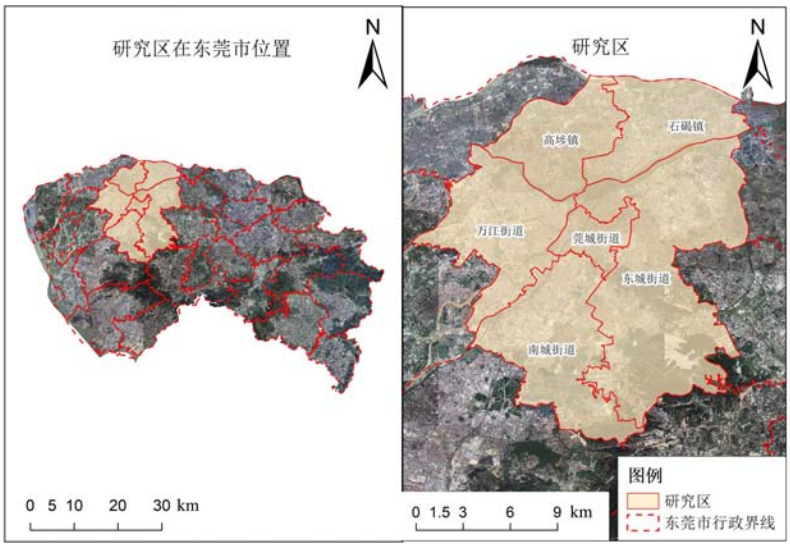


图 1　研究区位置示意图

2　研究方法

2.1　数据来源及预处理

从美国地质勘探局（United States Geological Survey，USGS；https://earthexplorer.usgs.gov/）下载东莞市建城区 2015、2019 和 2023 年多光谱分辨率为 30 m、全色数据分辨率为 15 m 的 Landsat-8 遥感影像数据（图 2）；从全国地理信息资源目录服务系统（https://www.webmap.cn/main.do method = index）、奥维互动地图（https://www.ovital.com/）获取行政分界矢量数据。使用 ENVI 对遥感影像进行辐射定标、大气校正、波段融合。

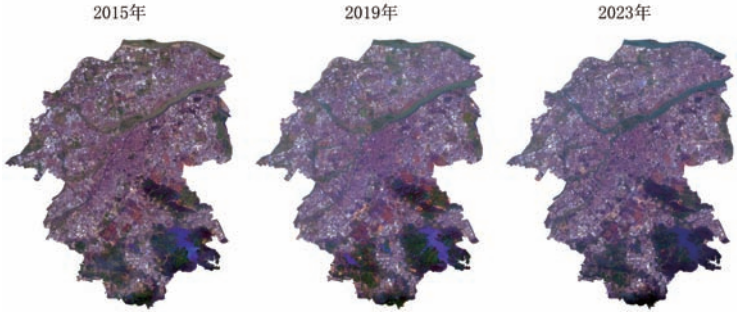


图 2　预处理后东莞市建成区 2015、2019 和 2023 年的遥感影像

2.2 遥感图像解译

根据《土地利用现状分类》(GB/T21010－2017)及东莞市建成区的实际情况，将景观类型分为耕地、林地、建设用地和水域。从 RGB 彩色图像上获取 ROI 以创建感兴趣区域（表 1）。

表 1 景观类型分类解译标志

景观类型	解译标志	样本影像
耕地	规则斑块,边缘清晰,呈网格状	
林地	不规则斑块,色调均匀	
建设用地	边界不规则,色调多样	
水域	面状,边界清晰	

2.3 景观格局指数选择

综合考虑东莞市建成区的具体情况，从景观类型水平选取斑块数量（Patch Number，PN）、斑块类型面积（Class Area，CA）、斑块平均大小（Mean Patch Size，MPS）、景观百分比（Percentage of Landscape，PLAND）、斑块密度（Patch Density，PD）和分离度（Landscape Division Index，DIVISION）6 种景观格局指数，从整体景观水平选取香农多样性指数（Shannon Diversity Index，SHDI）和香农均匀度指数（Shannon Evenness Index，SHEI）两种景观格局指数，从斑块特征、异质性、多样性 3 个方面对东莞市建城区的景观格局进行分析比较[7-11]。

3 结果与分析

3.1 景观类型划分

以人工目视解译的方法选择训练样本，计算各类样本之间的可分离性，得到参数均大于 1.8，可分离性较好。采用监督分类，用最大似然法（MLA）对遥感影像进行景观类型分类，将东莞市建成区的景观类型分为水域、耕地、林地和建设用地，后续的景观格局指数计算与分析将在景观类型划分的结果上进行。各年遥感图像分类结果详见图 3。使用软件 ENVI 利用地面真实感兴趣区域进行混淆矩阵分析，总体精度平均值为 96.690 9%，Kappa 系数平均值为 0.951 1。

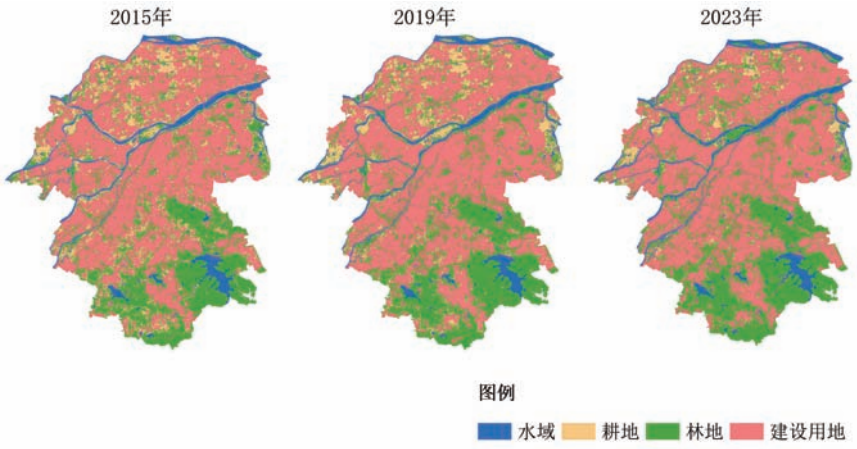


图 3 东莞市建成区 2015、2019 和 2023 年遥感图像景观类型分类

3.2 景观格局动态变化

3.2.1 斑块特征变化

由表 2 可知，研究区斑块总量呈现持续递减趋势。PN 值由 2015 年的 16 675 块下降至 2023 年的 15 982 块，其中，林地与建设用地斑块数量分别减少 8.7%和 5.3%，而水域与耕地斑块数量则分别增加 14.2%和 9.6%。

建设用地始终占据主导地位，其 CA 值在研究期间持续增长，累计增幅达 22.4%。林地 CA 值从 8 253.56 hm^2 增至 9 552.17 hm^2，增幅为 15.7%。

建设用地 MN 从 7.62 hm^2 增至 8.40 hm^2，PD 下降 12.3%（由 6.88 hm^2 降至 6.48 hm^2），表明其开发模式从零散填充转向集中连片，这与东莞“三旧改造”政策推动的存量用地整合密切相关。林地 MN 值提升 32.4%（由1.36 hm^2

上升至 1.80 hm^2），PD 下降 12.3%（由 20.50 下降至 17.97 hm^2），说明零散林地被整合为大型斑块，显著提升了生态连通性，反映出“绿美东莞”工程中生态廊道建设的成效。这与上杭县、深圳市及佛山市等地区的研究结论具有一致性[12-14]。

耕地 CA 锐减 53.3%（由 3 742.58 hm^2 下降至 1 746.77 hm^2），MN 值下降 53.2%（由 0.47 hm^2下降至 0.22 hm^2），PD 上升 1.7%（由 25.99 hm^2 上升至 26.43 hm^2），被建设用地切割为边缘残存斑块，生态功能几近丧失。

总体来看，2015—2023 年，东莞市建成区建设用地与林地呈现规模扩张与集聚化的趋势，耕地呈现剧烈收缩与细碎化的趋势。

表 2　东莞市建成区 2015、2019 和 2023 年景观类型斑块特征

景观类型	2015 年				2019 年				2023 年			
	PN/块	CA/hm^2	MN/hm^2	PD/hm^2	PN/块	CA/hm^2	MN/hm^2	PD/hm^2	PN/块	CA/hm^2	MN/hm^2	PD/hm^2
林地	6 066	8 253.56	1.36	20.50	5 534	8 766.68	1.58	18.71	5 316	9 552.17	1.80	17.97
水域	886	2 089.80	2.36	2.99	955	1 965.83	2.06	3.23	928	2 178.43	2.35	3.14
建设用地	2 035	15 499.71	7.62	6.88	1 806	15 982.45	8.85	6.10	1 918	16 108.29	8.40	6.48
耕地	7 688	3 742.58	0.47	25.99	7 745	2 870.71	0.37	18.71	7 820	1 746.77	0.22	26.43

3.2.2　异质性变化

由表 3 可知，研究期内建设用地的 PLAND 始终最大，说明其占据主导地位，是区域中的优势景观；DIVISION 值波动上升（由 0.798 3 上升至 0.840 4），表明其空间分布从“核心集聚”转向“边缘渗透”。林地 PLAND 由 27.90% 上升到 32.29%，说明其景观优势度在上升。耕地呈现零星状分布于研究区境内，其 PLAND 呈现下降的趋势，降幅达 53.36%，由 12.65% 下降到 5.90%，趋势与粤西北部地区一致[15]，表明快速城市化进程导致的耕地资源流失具有区域普遍性；其 DIVISION 值达 1.000 0 趋近完全离散，表明残存耕地已无法形成有效生态网络。

总体来看，2015—2023 年，东莞市建成区建设用地主导性增强，林地集聚化、连通性提升，耕地生态功能退化。

表 3　东莞市建成区 2015、2019 和 2023 年景观类型斑块差异性指数

景观类型	2015 年		2019 年		2023 年	
	PLAND/%	DIVISION	PLAND/%	DIVISION	PLAND/%	DIVISION
林地	27.90	0.989 1	29.63	0.989 3	32.29	0.969 5
水域	7.06	0.999 8	6.64	0.999 8	7.36	0.999 8
建设用地	52.39	0.798 3	54.02	0.777 9	54.45	0.840 4
耕地	12.65	0.999 9	9.70	0.999 9	5.90	1.000 0

3.2.3　多样性变化

由表 4 可知，SHDI 由 1.143 6 下降至 1.055 2，SHEI 由 0.824 9 下降至 0.761 1，二者同步下降表明景观中存在较为突出的优势景观。建设用地与林地的“双主导”格局削弱了景观类型丰富度，说明景观多样性减少，景观均质化趋势显著，其变化趋势与成都市[16]、海口市[17]变化趋势一致，景观趋向单一化。

表 4　东莞市建成区 2015、2019 和 2023 年景观多样性指数

景观指数	2015 年	2019 年	2023 年
SHDI	1.143 6	1.099 6	1.055 2
SHEI	0.824 9	0.793 2	0.761 1

4　讨论

城市景观格局演变是自然与人为因素共同作用的结果，其中社会经济、城市扩张及政策调控构成核心驱动力[18-20]。

景观的破碎化程度加剧是城市化进程加深的地区的景观格局变化的主要特点，也是城市化和工业化所面临的重要问题[21]。尽管多数城市（如岳阳、盐城）呈现景观破碎化加剧趋势[22-23]，东莞建设用地与林地斑块密度（PD）却呈下降态势，反映两类景观连通性增强及生态保护成效。

这一特征与深圳经验具有相似性：深圳早期景观破碎化随城市化加深而加剧，但于 20 世纪 90 年代后，通过《农村城市化规定》及“用地共生”理念的推行，尤其是 2010 版总规强化公园绿地建设后，破碎化程度显著降低[13]。东莞的转变同样得益于政策引导，如 2018 年《东莞市生态控制线优化方案》将 32%市域面积划入生态保护区，直接推动了林地 MN 值增长；《绿美东莞实施方案》等文件通过山体-河流生态廊道建设、绿地总量扩容等工程，实现了林地面积增长与破碎化缓解。

耕地转出成为其他土地利用类型，造成面积锐减与破碎度上升，是城镇化发展的必然结果。随着社会经济持续发展，建设用地扩张与耕地收缩趋势将长期存在。已有研究发现，上海市不同区域的景观多样性变化趋势相反，浦东新区有着复杂的用地变化，通过森林绿地增量抵消建设用地扩张的生态影响，使其景观多样性增加[24]。

因此，在生态文明建设和绿美广东建设的背景下，为了使东莞市建成区更好地建设全域森林城市、更好地发挥森林生态效益，并使土地利用和管理更加科学，本研究提出以下建议：1）强化政策协同效应：在建设用地扩张压力下，需通过土地用途转换机制平衡开发与保护。建议建立林地动态监测体系，实施建设用地占补平衡制度，确保林地景观面积与占比稳定增长。可借鉴深圳“用地共生”经验，探索生态用地与建设用地的空间嵌套模式，进一步打造人与自然和谐共生的绿美东莞样板。2）提升景观多样性：当前东莞建成区景观多样性下降与本文用地类型单一化相关。城市绿地可分为防护绿地、附属绿地、公园绿地、区域绿地和广场用地等，通过增加不同的城市绿地与绿道、碧道系统融合设计，构建“绿核-廊道-网络”复合系统，促进绿地功能的多样性发展，优化绿地功能多样性以提升生态韧性。

此外，本研究采用 Landsat-8 数据（多光谱 30 m，全色 15 m）进行景观格局分析，其空间分辨率对城市建成区细碎化空间的识别存在一定局限性，如小微绿地（<0.5 hm^2）、零散耕地碎片及道路隔离带等可能未被精确分类，可能低估了耕地生态功能退化的严重性，或高估了林地斑块的实际整合效果。然而，Landsat 数据的选取基于其长时序连续性，覆盖 2015—2023 年的完整影像序列，满足动态趋势分析需求及其大尺度可比性，在区域景观格局研究被广泛应用，且本研究通过全色波段融合将有效分辨率提升至 15 m。未来研究可通过多源数据融合，结合 10 m Sentinel-2 数据，针对细碎绿地开展混合分类验证；或通过尺度嵌套分析，在建成区 Landsat 数据分析基础上，选取典型区域嵌入无人机高精度制图，优化数据局限性。

5 结论

与一般城市化过程中景观破碎化加剧的普遍规律不同，东莞在“绿美东莞”等政策引导下，实现了建设用地与林地连通性的同步提升，表明有针对性的生态政策能有效逆转快速城市化带来的生态空间破碎化趋势。这一发现为当前森林城市建设与全域生态规划提供了重要启示，为类似城市提供了“开发与保护协同”的政策设计思路，对快速城市化地区的生态空间优化有指导作用。在方法层面，建立的“多期遥感+景观指数+驱动机制”分析框架，为县级以上城市森林建设成效评估提供了可复制的技术范式。未来应强化政策协同效应和提升景观多样性；进一步结合高分辨率遥感数据与无人机监测，精准识别小微绿地等细碎空间，深化不同尺度景观格局与生态功能的耦合关系研究，为城市生态系统服务提质增效提供更精细的科学支撑。

参考文献

[1]唐媛媛,李志东.贵溪市森林城市建设现状与总体布局探讨[J].绿色科技,2023(21):210-214.

[2]岳邦瑞,康世磊,江畅.城市—区域尺度的生物多样性保护规划途径研究[J].风景园林,2014(1):42-46.

[3]肖笃宁,赵羿,孙中伟,等.沈阳西郊景观格局变化的研究[J].应用生态学报,1990(1):75-84.

[4]陶莹.嘉鱼县中心城区绿地景观格局分析及生态网络优化研究[D].武汉:华中师范大学,2017.

[5]魏绪英,蔡军火,叶英聪,等.基于 GIS 的南昌市公园绿地景观格局分析与优化设计[J].应用生态学报,2018,29(9):2852-2860.

[6]王成.全域森林城市建设的基本内涵、必要性、可行性和实施路径[J].中国城市林业,2023,21(5):1-8.

[7]谢卓洪,刘利杰,莫燕卿,等.珠三角森林城市群区域性河流水

系森林景观格局评价与优化[J].林业资源管理,2023(2):118-125.
[8]吴海潮,张凯云.GIS 背景下城市绿地景观格局影响因子的选取研究[J].乡村科技,2018,9(14):56-57.
[9]王丽红,李建华,许彦红.香格里拉市林地景观格局动态分析[J].绿色科技,2023,25(20):60-67.
[10]李敏,褚劲风,李仙德.基于 GlobeLand 30 的柬埔寨森林覆被变化及影响因素分析[J].世界地理研究,2024,33(9):94-103.
[11]钟嘉琳,李心,刘玮,等.南昌城市化强度对森林植被特征和景观格局指数的影响[J].生态学杂志,2024,43(8):2285-2294.
[12]胡芳文,胡希军,罗紫薇,等.上杭县城区公园绿地景观格局动态分析[J].生态科学,2021,40(2):133-141.
[13]靖传宝.基于 Landsat 时间序列数据的城市景观格局分析:以深圳市为例[D].济南:山东师范大学,2019.
[14]谭苗苗.广佛同城化进程中城市绿地时空演变研究[D].徐州:中国矿业大学,2023.
[15]高海峰.粤西北部地区县域景观格局变化与发展研究[D].广州:华南理工大学,2018.
[16]江世丹,潘洪义,姜允芳.成都市中心城区绿地景观格局时空演化:“城”与“郊”的比较[J].西部林业科学,2019,48(3):90-96,103.
[17]王一茹,朱国鹏,刘铁冬.基于景观指数分析的海口市建成区绿地景观格局的动态变化[J].海南大学学报(自然科学版),2021,39(4):407-413.
[18]阳文锐.北京城市景观格局时空变化及驱动力[J].生态学报,2015,35(13):4357-4366.
[19]任浩洋,刘艳军,王肖惠,等.快速城镇化地区土地利用景观格局演化及影响因素:以苏州市为例[J].东北师大学报(自然科学版),2024,56(1):143-153.
[20]古佳玮,郭彩霞,朱铧楠,等.广东丰溪省级自然保护区景观格局变化及其驱动力研究[J].生态环境学报,2024,33(2):222-230.
[21]宁启蒙,欧阳海燕,汤放华,等.土地利用变化影响下洞庭湖地区景观格局的时空演变[J].经济地理,2020,40(9):196-203.
[22]钟佳丽.2000—2020 年岳阳市核心区城市景观格局演变研究[D].长沙:湖南农业大学,2022.
[23]蒋德平,季翔,王东.盐城市景观格局演变特征及驱动因素研究[J].西北林学院学报,2023,38(6):243-251.
[24]李莹莹,黄成林,张玉.快速城市化背景下上海绿色空间景观格局梯度及其多样性时空动态特征分析[J].生态环境学报,2016,25(7):1115-1124.