

古城区土地利用景观格局演变特征 ——基于多期遥感数据的时空分析

张礼凤¹, 倪金卫^{1*}, 杨帆²

1. 云南农业大学园林园艺学院, 云南 昆明 650201

2. 金碧物业有限公司昆明分公司, 云南 昆明 650300

DOI:10.61369/UAID.2026010016

摘 要 : 丽江市古城区作为丽江市核心区域, 研究其土地利用景观格局的时空演变特征, 有利于土地资源的合理规划与管理。以丽江市古城区为研究区域, 基于2000年、2010年、2020年三期土地利用数据, 综合运用 Arc Gis空间分析、景观格局指数法、景观生态学理论, 系统探究了古城区土地利用景观格局的时空演变特征。结果表明: 丽江市古城区呈现出草地面积减少, 林地、建设用地和水域面积增加的特点, 整体而言土地利用趋于稳定。就斑块类型层面而言, 耕地与建设用地破碎化加重, 林地、草地与水域破碎化程度下降; 就景观类型层面而言, 土地利用集约程度增强, 景观斑块凝聚力向好, 多样性和用地类型丰富度上升。空间分布二元化明显, 形成“城镇核心区集聚、边缘区分散”的格局。基于土地利用景观格局的时空演变特征, 古城区在未来建设重点任务应进一步强化“核心区集约利用、边缘区生态保育”的空间策略, 优化建设用地布局, 控制耕地与生态用地的破碎化; 同时持续提升景观连通性与多样性, 促进土地利用系统的生态效益与经济效益协调发展, 为区域可持续发展奠定基础。

关 键 词 : 土地利用; 景观格局; 时空演变; 丽江古城

Temporal and Spatial Evolution Characteristics of Land Use Landscape Patterns in the Ancient City District — A Temporal and Spatial Analysis Based on Multi-Period Remote Sensing Data

Zhang Lifeng¹, Ni Jinwei^{1*}, Yang Fan²

1. College of Landscape Architecture and Horticulture, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201

2. Kunming Branch of Jinbi Property Management Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650300

Abstract : As the core area of Lijiang City, studying the temporal and spatial evolution characteristics of land use landscape patterns in the ancient city district is beneficial for the rational planning and management of land resources. Taking the ancient city district of Lijiang City as the research area, based on land use data from three periods—2000, 2010, and 2020—this study systematically explores the temporal and spatial evolution characteristics of land use landscape patterns in the ancient city district by comprehensively utilizing ArcGIS spatial analysis, landscape pattern index methods, and landscape ecology theory. The results indicate that the ancient city district of Lijiang City is characterized by a decrease in grassland area and an increase in forest land, construction land, and water area, with overall land use tending towards stability. At the patch type level, the fragmentation of cultivated land and construction land has intensified, while the fragmentation of forest land, grassland, and water areas has decreased. At the landscape type level, the intensity of land use has increased, the cohesion of landscape patches has improved, and diversity and land use type richness have risen. The spatial distribution is notably dichotomous, forming a pattern of "agglomeration in the urban core area and dispersion in the peripheral areas." Based on the temporal and spatial evolution characteristics of land use landscape patterns, future construction priorities in the ancient city district should further strengthen the spatial strategy of "intensive utilization in the core area and ecological conservation in the peripheral areas," optimize the layout of construction land, control the fragmentation of cultivated land and ecological land, continuously enhance landscape connectivity and diversity, promote the coordinated development of ecological and economic benefits of the land use system, and lay the foundation for regional sustainable development.

Keywords : land use; landscape pattern; temporal and spatial evolution; Ancient City of Lijiang

项目基金: 国家自然科学基金: (编号: 52268005) “跨国文化线路视野下滇越铁路乡村站点聚落的形态基因与活化利用研究”

作者简介

张礼凤 (2000-), 女, 汉族, 云南文山山人, 在读硕士研究生, 研究方向: 生态修复;

杨帆 (1999-), 男, 汉族, 四川自贡人, 硕士研究生, 研究方向: 景观格局。

通讯作者: 倪金卫 (1971-), 男, 汉族, 云南红河人, 硕士研究生、副教授、硕士生导师, 研究方向: 城乡规划设计与理论。

引言

当前,随着可持续发展理念的深入人心,如何在有限的土地资源条件下实现经济发展、社会需求与生态保护的协调统一,已成为学术界和政策制定者共同关注的焦点。深入研究土地利用景观格局的时空演变特征,能够为揭示土地利用变化的驱动机制提供科学依据,为土地资源的合理规划与管理提供有力支撑,对于实现区域可持续发展具有重要的现实意义^[1-2]。丽江市古城区作为滇西北核心旅游集散地,古城区正由传统城镇发展模式逐步向“旅游导向型空间生产模式”转型,国土空间格局正经历由单一景区开发向“泛旅游化”空间网络重构的演变。

土地利用格局是自然过程与人类活动长期相互作用的结果,其主要目标是在协调多方面需求中实现可持续性,既要合理规划农业、工业、商业等用地以保障生产活动,提升土地经济产出,也要优先保障住宅与公共设施用地,满足居民居住、医疗、教育等基本社会需求,同时还需保护耕地、林地、湿地等生态用地,维持生态平衡,预防土地退化,最终实现经济、社会与生态效益的统一^[3]。土地利用格局深刻反映了地域的文化、历史与经济特征,对土地利用格局进行分析和研究,有助于延续当地的文化,塑造具有地域识别性的风景,并引导城镇空间与农业景观等向着更可持续、更宜居的方向发展。景观格局指数能够量化区域生态系统的健康状况与空间异质性,可借助景观格局指数来精准地识别关键的生态廊道、脆弱的生态节点以及破碎化的生境,从而在规划中科学构建与修复生态网络,提升区域的生物多样性保护、水土安全等生态系统服务功能,景观格局还直接影响着居民的视觉体验、游憩机会与心理健康。

国外土地利用研究始于20世纪20年代,早期缺乏系统性;20世纪90年代后,全球加强LUCC研究,1999年国际地圈-生物圈计划(IGBP)和国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)明确土地利用变化机制为土地利用/土地覆盖变化(LUCC)核心问题^[4]。21世纪科技发展推动“3S”技术与数学模型结合的研究体系广泛应用,国际地理协会(IGU)将驱动力机制、环境关系及“3S”技术应用列为重点。因早期数据获取困难导致尺度研究难以整合,2005年IGBP和IHDP推出全球土地计划(GLP),将焦点转向区域等中微观尺度^[5-6]。国内LUCC研究主要以时空变化特征为基础。21世纪后,张新荣(2014年)等建议加强跨学科研究、关注多尺度效应等^[7]。多位学者开展实证研究:张宇(2025年)等采用当量因子法估算鄂尔多斯市2000年至2020年间不同土地利用类型的ESV,通过土地利用动态度和转移矩阵等方法分析土地利用变化对ESV的影响,并提出了针对性的优化策略^[8];孙琪佳(2025年)以云南省全域为研究对象,从总体变化特征、变化速率、类型的转换方向对云南省土地利用变化情况进行分析^[9]。以往的研究成果很丰富,但是对于土地利用的研究大多集中在市域和流域等较大尺度的区域上,对小尺度尤其是古城区的土地利用研究则较少。

本文以丽江市古城区作为研究区域,以2000年、2010年、2020年三期土地利用数据以及DEM、水网路网数据等作为基础研究数据,分析古城区2000年-2020年间的土地利用景观格局时空演变特征,以期对保护区保护成效进行科学评估并为建立完善的保护区管理机制提供参考依据。

一、研究区概况、研究方法和数据来源

(一) 研究区概况

古城区是丽江市的中心城区,位于丽江市东北部中心位置。截至2021年10月,古城区辖7个街道、2个镇、2个乡。全区总面积1262.78平方千米。其城乡现状格局特征呈“一城一园、乡镇散布”,主城区为城镇发展核心,丽江金山高新技术产业开发区为第二发展高地,其余乡镇和园区散布的城镇地理格局。古城区属低纬高原季风气候,雨量丰沛,森林覆盖率达到了72.96%。不仅拥有着丰富的动植物资源,而且还拥有着较高的生物多样性、广泛的林业用地和丰富的矿产资源。境内及其周边拥有众多的名胜古迹,自然景观丰富多彩,具有独特而富有魅力的民族文化特色,拥有“纳西古乐”“三江并流”和“纳西族东巴古籍文献”三大世界遗产。

(二) 数据来源

本研究所需的基础数据主要是土地利用数据和其他基础数据。古城区2000年、2010年LandSat TM/ETM 遥感影像和2020年LandSat8 OLI/TIRS 遥感影像数据及DEM高程数据均来自地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>),空间分辨率

为30m。行政区域边界线矢量数据来源于天地图国家地理信息公共服务平台(<https://www.tianditu.gov.cn>)。人口、GDP、年平均温度、年平均降水、人类活动强度(夜间灯光系数栅格数据)、水源涵养数据以及土壤类型数据来自中国科学院资源环境科学数据平台(<http://www.resdc.cn>)。2010年与2020年的古城区景点、车站、宾馆酒店POI数据则来源于高德地图API开放平台。各级道路、政府驻地、水系河网等数据来源于全国地理信息资源目录服务系统(<https://www.webmap.cn>)。

根据中国科学院LUCC分类体系为基础依据,并结合研究区实际情况,分为耕地、林地、草地、水域、建设用地五大景观类型。

(三) 研究方法

1. Arc Gis 空间分析可视化

地理信息系统(GIS)是进行空间数据分析和可视化的重要工具,是景观生态学空间模型和定位分析研究的主要手段^[10]。运用Arc Gis软件,将古城区的土地利用数据进行数字化处理和空间分析,研究出了2000-2020年期间古城区土地利用类型的演变过程和规律。

2. 景观格局分析法

在景观生态学领域,景观格局指数作为一类关键指标,能够精

确刻画并量化景观结构、格局及其复杂程度^[11]。利用 Fragstats 4.2 软件对古城区的栅格数据进行深入分析，定量描述了景观格局的时空演变特征。基于景观生态学理论，对于景观格局研究从斑块类型和景观水平两个层面选取了 11 个景观格局指数，包括斑块数量、最大斑块指数、香农多样性指数等。通过对这些指数的分析，直观地了解不同土地利用类型的破碎度、聚集度、多样性等特征的变化，为揭示土地利用变化对景观格局的影响提供了科学依据。

二、结果分析

（一）古城区土地利用变化分析

1. 景观类型面积变化

2000 年 - 2020 年期间区域土地利用呈现“三增两减”特征：耕地、草地面积减少；林地、建设用地、水域面积增加。其中，耕地减少量最大，面积占比下降 2.33%；建设用地是增速最快的地类，反映出城镇化进程中土地开发强度的持续加大；水域作为生态敏感地类，呈持续扩张态势；林地与草地类型则在研究期内较为稳定（见表 2）。

表 2 研究区景观类型面积变化数据

年份	数据	耕地	林地	草地	水域	建设用地	合计
2000 年	面积 / Km ²	226.01	561.54	449.29	8.15	23.45	1268.44
	比例 / %	17.82%	44.27%	35.42%	0.64%	1.85%	100%
2010 年	面积 / Km ²	213.11	583.10	429.91	8.35	33.98	1268.44
	比例 / %	16.80%	45.97%	33.89%	0.66%	2.68%	100%
2020 年	面积 / Km ²	196.54	585.02	425.81	10.40	50.68	1268.44
	比例 / %	15.49%	46.12%	33.57%	0.82%	4.00%	100%

2. 土地利用动态变化分析

使用土地利用动态度公式对古城区 2000 年、2010 年和 2020

年三期景观用地类型面积数据进行计算，得到 2000 年 - 2010 年、2010 年 - 2020 年和 2000 年 - 2020 年的单一土地利用动态度数值（表 3）和综合土地利用动态度数值（表 4）。

表 3 2000 - 2020 年古城区单一土地利用动态度

土地利用类型	2000 年 - 2010 年		2010 年 - 2020 年		2000 年 - 2020 年	
	变化面积	动态度	变化面积	动态度	变化面积	动态度
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
耕地	-12.90	-0.57	-16.57	-0.78	-29.47	-0.65
林地	21.55	0.38	1.92	0.03	23.48	0.21
草地	-19.39	-0.43	-4.10	-0.10	-23.49	-0.26
水域	0.21	0.26	2.05	2.45	2.25	1.38
建设用地	10.52	4.49	16.70	4.92	27.23	5.80

在 2000 年至 2020 年期间，古城区的建设用地面积与水域面积均处于持续增长态势，林地面积也有小幅度增加，耕地面积和草地面积呈现出小幅度的减少（见表 3）。由此可以推断，在过去的二十年里，古城区的发展重点主要集中在城镇基础设施建设，以及水域、林地的生态保护工程方面。

表 4 古城区综合土地利用动态度

研究年限	2000 年 - 2010 年	2010 年 - 2020 年	2000 年 - 2020 年
综合动态度 / %	0.25	0.16	0.21

在 2000 年 - 2010 年以及 2010 年 - 2020 年这两个时段，古城区保持着稳步发展的态势，土地类型的总体转化过程相对温和，未出现剧烈变动。对比来看，2000 年 - 2010 年的综合动态度变化相较于 2010 - 2020 年更为显著（见表 4）。

3. 土地利用结构转移矩阵

转移矩阵能够详尽且精准地展现研究区域内各类用地的转移活跃程度，以及不同用地类型间相互转移的具体情形^[12]。本研究利用土地利用转移矩阵分析在两个时间段内的转出和转入情况（表 5、表 6）。利用其得到的转移变化情况数据在 Arc Gis 软件中分别制作 2000 年 - 2010 年、2010 年 - 2020 年的用地类型向其他类型的转移变化图，如（图 1）所示。

表 5 研究区景观类型转移矩阵（2000 - 2010 年）

		2010 年单位 / km ²					2000 年总计	减少量
		耕地	林地	草地	水域	建设用地		
2000 年	类型							
	耕地	201.14	8.16	4.48	0.05	12.18	226.01	24.87
	林地	0.66	559.57	0.98	0.00	0.34	561.54	1.97
	草地	10.51	15.26	423.05	0.07	0.39	449.29	26.24
	水域	0.03	0.00	0.05	8.06	0.00	8.15	0.08
	建设用地	0.77	0.10	1.35	0.16	21.07	23.45	2.39
	2010 年总计	213.11	583.10	429.91	8.35	33.98	1268.44	
		增加量	11.98	23.53	6.85	12.91		55.56

表 6 研究区景观类型转移矩阵（2010 - 2020 年）

		2020 年单位 / km ²					2010 年总计	减少量
		耕地	林地	草地	水域	建设用地		
2010 年	类型							
	耕地	177.13	5.39	10.34	2.18	18.08	213.11	35.98
	林地	6.14	550.13	25.86	0.13	0.83	583.10	32.96
	草地	7.82	29.41	388.01	2.32	2.34	429.91	41.90

2010年	水域	1.24	0.04	1.03	5.60	0.45	8.35	2.76
	建设用地	4.20	0.05	0.57	0.18	28.98	33.98	4.99
	2020年总计	196.54	585.02	425.81	10.40	50.68	1268.44	
	增加量	19.40	34.89	37.80	4.81	21.70	118.59	

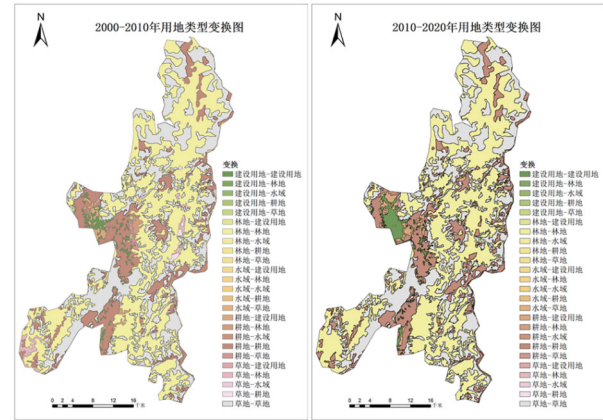


图1 用地类型变换图

2000年-2010年期间发生转移的总面积达55.56km²，占研究区总面积的4.38%。耕地资源呈持续缩减态势，转变为建设用地是耕地最主要的流出类型（见表5）。原因在于城市的快速扩张和基础设施建设需要大量土地，使得大部分耕地被转化为了建设用地。

2010年-2020年期间发生转移的总面积达118.59km²，占研究区总面积的9.35%。耕地不断减少，主要流出类型为建设用地，其次为草地。耕地景观的转入面积主要来源于林地与草地两种类型。期间建设用地的增长较快。建设用地的流入流出类型基本上是建设用地与耕地的互相转移（见表6）。

（二）古城区景观格局指数分析

本研究在景观水平上共选取11个指数反映丽江市古城区景观在空间上的异质性和聚集性。

1. 斑块破碎度指数分析

由景观斑块破碎度指数分析表（表7）所示，草地的NP值连续下降，表明其破碎化程度减小，斑块之间的整合度增强。耕地与建设用地的NP值上升，说明两者破碎化程度加重，与其城镇建设扩张占用部分耕地的原因有关。林地与水域的NP值在2000-2010年间几乎不变，在2010-2020年间均呈下降趋势，斑块破碎

化程度降低。

研究期内林地的LPI指数占比最大，表明在研究区域内林地景观类型是占据绝对优势的景观类型；草地LPI值先小幅度下降再小幅度上升；耕地的LPI值则呈现连续下降的趋势，表明耕地的优势度逐渐降低；建设用地LPI上升趋势明显，优势度逐渐增强；水域LPI值最小，但其LPI值从2000年到2020年间也在不断增大，表明水域景观的优势度虽然不显著，但仍是构成研究区域基质斑块不可或缺的景观类型。

表7 景观斑块破碎度指数分析

用地类型	2000年		2010年		2020年	
	NP	LPI	NP	LPI	NP	LPI
耕地	93	4.7911	106	3.7187	109	3.0632
林地	82	18.0506	82	20.288	68	20.2648
草地	123	6.6686	119	6.5973	109	6.6003
水域	49	0.0954	50	0.0952	41	0.2069
建设用地	60	0.6822	63	1.4027	66	2.5589

2. 斑块形状指数分析

根据景观斑块形状指数分析表（表8）可知，耕地、建设用地的分维度指数（PAFRAC）的变化是先上升后下降。其中分维度指数数值最大的景观类型是建设用地，表明该景观结构内的复杂程度最大，受到人为干扰的程度最重，建设用地的分维度指数在2000-2020年间总体趋势表现为下降，而LSI指数呈连续下降趋势，表明从2000年至2020年间其景观结构的复杂程度受到城镇发展的影响而上升，然后在人为因素的干扰下景观结构类型的复杂程度和斑块形状趋于规则；耕地LSI指数与分维度指数的趋势一致，说明人为因素的干扰是导致耕地景观结构复杂程度的主要因素。林地、草地从2000年到2020年的分维度指数总体趋势一致，呈小幅度上升，LSI指数的总体水平趋于一致，说明林地、草地两种类型在研究期间斑块形状变化不大，受到人为因素干扰程度低。水域景观类型的分维度指数呈下降趋势，形状指数总体上也呈下降趋势，形状趋于规则。

表8 景观斑块形状指数分析

用地类型	2000年		2010年		2020年	
	PAFRAC	LSI	PAFRAC	LSI	PAFRAC	LSI
耕地	1.2745	17.967	1.2841	19.0031	1.263	18.7588
林地	1.2632	21.0286	1.2569	20.0809	1.3028	20.1554
草地	1.2924	26.6482	1.2985	27.0732	1.3384	26.8207
水域	1.3775	14.6895	1.3723	14.8601	1.3402	12.4206
建设用地	1.4442	13.7709	1.4767	11.1598	1.2512	9.3502

3. 斑块空间集聚指数分析

建设用地、水域两种类型的AI指数逐步上升，建设用地AI指数增加值为4.25%，水域AI指数增加值为3.85%，两种类型的

ED值从2000年至2020年间，总体表现为下降趋势，与AI指数正相反（见表9）。这表明在研究期间，水域和建设用地景观聚合度指数不断增加，景观边缘愈发规则，其景观格局稳定性不断提

升。耕地、林地、草地三种类型的 AI 指数在研究期间都保持在 96% 以上，且变化趋势不明显，ED 指数总体上呈小幅度下降趋势，说明其景观斑块聚合度高，连续性强。

表9 景观斑块聚集度指数分析

用地类型	2000 年		2010 年		2020 年	
	AI	ED	AI	ED	AI	ED
耕地	96.5961	8.0243	96.2811	8.3074	96.1790	7.9092
林地	97.4546	14.9265	97.6202	14.4547	97.6139	14.5284
草地	96.3519	16.8681	96.2093	16.8044	96.2302	16.6767
水域	85.3728	1.0286	85.3433	1.0607	89.2173	0.8041
建设用地	92.0165	2.0781	94.7302	1.9716	96.4509	2.008

(三) 景观水平指数分析

1. 景观破碎度分析

由（表10、图2）可知，在研究期间，NP（斑块总数）与 PD（斑块面积密度）这两个指数呈现出先升高后降低的态势。这意味着在2000年至2010年间，古城区的景观破碎化程度进一步加剧，原因大概率是由于城镇的快速发展与扩张促使各类用地类型频繁相互转换导致。同时，ED（斑块边界长度）指数却呈持续下降趋势。从空间分布看，古城区的中部与南部地区景观较为破碎，斑块密度较大，且该区域的 ED 指数降低最为明显。总体而言，这三个指数均呈下降走向，反映出古城区的土地利用现状仍不容乐观，景观破碎化形势依旧严峻。

表10 景观破碎度指数分析

年份	NP	PD	ED
2000	407	0.3226	21.4628
2010	420	0.3329	21.2994
2020	393	0.3115	20.9632



图2 景观破碎度指数变化图



2. 景观连通性分析

由景观连通指数分析表（表11）、景观连通性指数变化图（图3）可知，COHESION指数的值都在99.5以上且在缓慢增长，说明古城区景观斑块的凝聚力整体趋势向好同类斑块连通性增强，但蔓延度指数（CONTAG）从59.44降至58.29，优势斑块（林地、草地）集聚性下降，形成“城镇核心区集聚、边缘区分散”的格局。古城区中部的高值区逐渐向西部古城区主城区区域与西南部蔓延，其景观斑块连接愈加紧密，格局愈加稳定。北部高值区在2000年至2020年间几乎没有变化，说明研究期间北部的景观格局一直处于较为稳定的状态。CONTAG指数逐年降低表明景观的延展度在不断地降低，对应的高值区数量减少，在空间分布上逐步向中南部转移。表明在空间分布上，围绕主要城镇的高值区更为紧密，景观格局更为稳定，远离主要城镇的斑块较为分散，不具备更强的集聚性，破碎化程度在加剧。

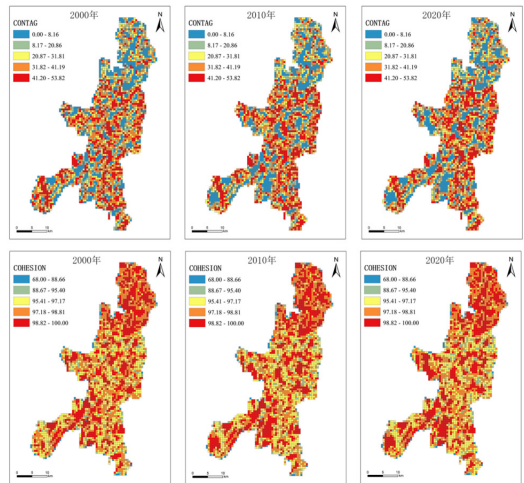


图3 景观连通性指数变化图

表 11 景观连通指数分析

年份	COHESION	CONTAG
2000	99.5684	59.4363
2010	99.5692	59.0732
2020	99.5730	58.2920

3. 景观多样性分析

在研究期间, 香农多样性指数 (SHDI) 和香农均匀度指数 (SHEI) 都逐年增长, 景观斑块的多样性和用地类型的丰富程度在逐年上升, 其中香农多样性指数 (SHDI) 从 1.14 升至 1.18, 用地类型更丰富, 但坝区 (建设用地集中) 与山区 (生态用地为主) 的功能衔接断裂。SHEI 从 2000 年的 0.7095 上升到了 2020 年的 0.7333, 说明景观类型数量分布比 2000 年更加均衡 (见表 12)、(图 4)。

表 12 景观多样性指数分析

年份	SHDI	SHEI
2000	1.1420	0.7095
2010	1.1537	0.7168
2020	1.1802	0.7333

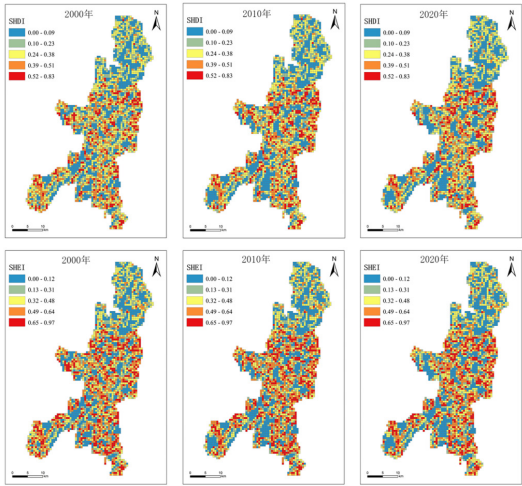


图 4 景观多样性指数变化图

三、结论

基于土地利用数据进行分析, 结果表明: 研究期间古城区整体上表现为耕地、草地面积减少, 林地、建设用地和水域面积增加。林地与草地两种景观类型从总体上来说变化幅度不大。耕地降低幅度最大, 20 年间呈持续下降趋势。建设用地增长最快。

从斑块类型 (Class) 和景观类型 (Landscape) 两个层级进行分析, 结果表明: 在斑块类型层面, 耕地与建设用地在研究期间破碎化程度加重, 林地、草地与水域类型的斑块破碎化程度下降。建设用地斑块复杂程度和受人为干扰程度最重, 但随着城市化进程的进一步深入, 斑块逐渐趋于规则, 破碎化程度下降; 耕地类型受人为干扰最为明显; 林地、草地斑块形状变化小, 受人为干扰程度低; 水域类型得益于古城区生态环境保护政策的实施, 其集约化程度不断加强。

基于以上研究结果, 分析得出古城区在未来建设重点任务应落脚于在保护耕地保有量与保护水域用地的前提下, 着力推动建设用地与耕地和其他用地之间的良性转化, 通过科学规划与合理管控, 实现土地资源的高效配置与可持续利用。在生态环境方面, 坚持水域生态的保护与修复、生态保护用地的可持续利用以及景观格局维稳。由此提出古城区县域景观格局的优化建议, 旨在构建稳定且可持续发展的县域景观格局, 为类似县域及乡镇的规划与发展提供具有参考价值的实践范例与理论依据, 助力区域的整体协调发展。

注: 全文图表均由作者本人绘制。

参考文献

[1] 杨璐, 李豪, 马青, 等. 汾河流域土地利用景观格局演变及其驱动因素探究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2024, 52(06): 83-94.

[2] 王海涛. 基于大数据的景观格局时空演变及其环境效应研究 [D]. 天津大学, 2017.

[3] 张正峰. 面向 SDGs 的土地可持续利用目标、挑战与应对策略 [J]. 中国土地科学, 2019, 33(10): 48-55.

[4] 陈勇. 土地利用变化机制研究现状与展望 [J]. 湖北农业科学, 2003, (02): 15-17.

[5] 宋晓春. 基于 FLUS 模型的内蒙古农牧交错带土地利用变化与模拟研究 [D]. 兰州交通大学, 2020.

[6] 王芳莉. 基于 FLUS 模型的陇南市土地利用变化与模拟 [D]. 西北师大, 2020.

[7] 张新荣, 刘林萍, 方石, 姜文超, 王金臣. 土地利用、覆被变化 (LUCC) 与环境变化关系研究进展 [J]. 生态环境学报, 2014, 23(12): 2013-2021.

[8] 张宇, 陈宇轩, 高志鹏, 靳晓雯. 基于土地利用变化的鄂尔多斯市生态系统服务价值时空演化特征分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2025, 39(02): 131-140.

[9] 孙琪佳, 李春明. 云南省 1980-2020 年土地利用变化时空特征分析 [J]. 南方农机, 2025, 56(02): 128-131+156.

[10] 郑慧慧, 宋月琪, 魏宸博, 等. 阿克苏地区近 30 年土地利用变化及其生态环境效应研究 [J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(04): 217-229.

[11] 缪健军. 基于 GIS 的土地测绘数据空间分析与可视化研究 [J]. 张江科技评论, 2024, (09): 94-96.

[12] 易阿岚, 王钧. 上海市湿地景观格局时空演变与驱动机制的量化研究 [J]. 生态学报, 2021, 41(07): 2622-2631.

[13] MEIRUIL, BAOLEI Z, Xiaobo Z, et al. Exploring Spatio-Temporal Variations of Ecological Risk in the Yellow River Ecological Economic Belt Based on an Improved Landscape Index Method[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2023, 20(3).

[14] 王元慧, 宋长青, 高怡凡, 等. 20 世纪 90 年代以来土地变化模型的研究趋势与未来挑战 [J]. 地理科学进展, 2023, 42(06): 1192-1203.