

龙川江流域土地利用变化和景观格局特征研究

卢海¹, 许永涛^{1*}, 李红英², 翟乃琛¹

¹楚雄师范学院资源环境与化学学院, 云南 楚雄

²云南省地矿测绘院有限公司, 云南 昆明

收稿日期: 2025年3月22日; 录用日期: 2025年4月20日; 发布日期: 2025年4月28日

摘要

本研究聚焦于龙川江流域, 基于2003~2023年土地利用数据, 运用GIS空间分析技术与景观生态学方法, 深入探究其土地利用变化及景观格局特征。通过土地利用动态度计算和土地利用转移矩阵, 表明研究时段内, 龙川江流域内草地面积呈缩减态势, 而林地、耕地和建设用地呈现扩张态势, 并发现草地、林地和耕地三者之间存在转换关系。在景观格局方面, 通过对景观数量、景观集聚、景观形状和景观多样性四个方面的景观格局指数分析, 表明该研究区景观破碎化程度有所下降, 部分区域斑块形状趋于简单, 景观多样性减少, 发现这种变化受自然因素与人类活动双重影响。本研究为龙川江流域的生态保护、土地资源合理规划及可持续发展提供了重要的科学依据。

关键词

土地利用变化, 景观格局, 转移矩阵, 龙川江流域

Research on Land Use Change and Landscape Pattern Characteristics in the Longchuan River Basin

Hai Lu¹, Yongtao Xu^{1*}, Hongying Li², Naichen Zhai¹

¹School of Resources, Environment and Chemistry, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan

²Yunnan Geological and Mining Survey and Mapping Institute Co., Ltd., Kunming Yunnan

Received: Mar. 22nd, 2025; accepted: Apr. 20th, 2025; published: Apr. 28th, 2025

Abstract

This study focuses on the Longchuan River Basin, and based on the land use data from 2003 to 2023,

*通讯作者。

文章引用: 卢海, 许永涛, 李红英, 翟乃琛. 龙川江流域土地利用变化和景观格局特征研究[J]. 林业世界, 2025, 14(2): 308-318. DOI: 10.12677/wjf.2025.142037

utilizes GIS spatial analysis techniques and landscape ecology methods to deeply explore its land use changes and landscape pattern characteristics. Through the calculation of land use dynamics and land use transfer matrix, it is shown that during the study period, the grassland area in Longchuan River Basin shows a shrinking trend, while the forest land, cultivated land and construction land show an expanding trend, and it is also found that there is a conversion relationship among grassland, forest land and cultivated land. In terms of landscape pattern, the analysis of landscape pattern indices in four aspects, namely, landscape quantity, landscape agglomeration, landscape shape and landscape diversity, showed that the degree of landscape fragmentation in this study area decreased, the shape of patches tended to be simpler in some areas, and the diversity of landscapes decreased, and it was found that this change was influenced by both natural factors and human activities. This study provides an important scientific basis for the ecological protection, rational planning of land resources and sustainable development of Longchuan River Basin.

Keywords

Land Use Change, Landscape Pattern, Transfer Matrix, Longchuan River Basin

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球人口增加与经济发展的背景下,对土地利用/土地覆盖变化(LUCC)研究的重要性日益凸显,并已成为当前全球变化研究的核心主题之一[1]。关于土地利用变化的研究方向包括驱动力[2]、水环境效应[3]、土地利用动态变化[4]、景观格局[5]、碳储量[6]以及生态系统服务价值[7]等,而景观格局的变化是土地利用变化的外在表现,直观体现土地利用变化与生态环境间的关系。景观格局,一般指得其空间格局,即大小和形状各异的景观要素在空间上的排列和组合[8]。现如今,流域不仅关乎着生态安全,还与人类生产、生活方面密切相关。土地利用变化能直观展现人类活动对流域的干预程度,而景观格局变化则能反映流域生态变化。因此,开展对流域土地利用变化与景观格局演变的研究具有重要的科学价值和现实意义。

近年来,随着城镇化进程的不断加速,人类活动日益频繁,土地利用正经历着不断地变化。国内在研究土地利用变化方面取得显著进展。在对土地利用数据的获取上,高文龙[9]、刘纪远[10]等学者通过对遥感卫星解译来获取不同时期的土地利用数据,而雷卓越、蒲智[11]等学者在此基础上,引入随机森林算法、融合光谱指数、地形特征等方法 and 要素对研究区的土地利用变化进行综合分析,使对研究区的土地利用变化结果更加科学化。然而,为更好应对土地利用变化而造成的问题,开展对土地利用变化预测就显得十分必要。其中郭笃发[12]、殷少美[13]等学者将土地利用转移矩阵和马尔科夫链相结合,对研究区未来土地利用进行合理的预测,并深入研究其动态变化和未来的土地利用结构。相较于研究土地利用变化而言,研究景观格局方法众多,其中傅伯杰[8]等学者研究发现景观格局指数与空间统计分析已成为研究土地利用景观格局动态变化的有力手段。此外,孙一帆[14]、杨慧[15]等学者利用景观指数和相关性分析方法分析了其研究区的景观格局,发现其分布范围、形状复杂程度与各景观指数之间相关性较大,各景观指数变化会引起其他相关指数改变。

在国际上,哈克、乌丁[16]等学者在对发展中国家城市的土地利用与土地覆盖(LULC)时,通过利用谷歌地球引擎平台的云计算能力进行大规模的土地利用与土地覆盖监测和计算,发现其能高效识别城市

化地区土地覆盖变化。这为监测和研究土地覆盖变化提供新的思路。此外,将机器学习方法运用到研究土地利用变化已以成为一大热点。施拉万、帕蒂尔[17]等人使用 CA-Markov 模型从时间和空间两个维度来模拟土地利用情况,并引入机器学习技术分析土地利用变化的影响因子。而在景观格局方面则偏向与其他要素的综合研究。例如,马克拉姆、法罗赫[18]等学者通过分析景观指标(包括密度、优势、形状、聚合和多样性)与土壤质量的关系,结合冷热点位结果对比,发现土地利用变化通过改变景观模式在塑造土壤质量中的关键作用。这为我们深入研究土地利用变化与景观格局提供新方向。

2. 研究区概况与数据来源

2.1. 研究区概况

龙川江流域地处于我国云南省境内,经纬度范围在 25°13'~25°39'N、101°31'~101°41'E 之间[19]。该区域属于亚热带季风气候区,气候特征表现为夏季高温多雨,冬季温和少雨,年平均气温介于 15°C~20°C 之间。它发源于云南省楚雄彝族自治州南华县北部,流经南华、楚雄、牟定、禄丰、元谋五县市,后于元谋县江边村汇入金沙江。其作为长江流域极为重要的源头支流之一,全长约 254 千米,流域面积约达 9251.4 平方千米。该流域地形以丘陵为主,地势呈现出西南高、东北低的态势,水系错综复杂,分布着众多小型河流,充分展现出长江上游源头支流的典型分布特点。

2.2. 数据来源

本研究所采用的 2003、2008、2013、2018、2023 年五期土地利用数据来源于武汉大学杨杰和黄昕教授团队发布的 1985~2023 年中国 30 米分辨率的逐年土地覆盖数据[20]。本研究依据《土地利用现状分类:GB/T 21010-2017》国家标准,结合龙川江流域的具体特征,将土地利用类型划分为六个一级类别:耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地。

3. 研究方法

3.1. 单一土地利用动态度

土地利用动态度是指在一定时间内,一定范围内的土地利用数量和规模的变动,从而反映出不同区域的土地利用变动速率[21]。

单一动态度 K 是一种土地的年变化率,它能反应出土地的强度。公式如下:

$$K = \frac{(U_b - U_a)}{U} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中, K 为一段时间内对某一土地使用方式的动态度; U_a 是在调查前期的某种土地的面积; U_b 指调查末期的某种土地的面积。 T 表示以年为单位的研究时期。

3.2. 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵基于 Markov 模型,能分析不同土地利用类型间的转移数量、类型,以及转换概率和速率。它既能直观呈现土地利用类型的转移比例,也能为预测未来土地利用规模和变化趋势提供参考[22]。计算公式如下:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & \dots & S_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{m1} & \dots & S_{mm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中 S 表示转移面积; i, j 分别表示研究时段前后的土地利用类型; S_{ij} 代表 i 地类经过转移成为 j 地类的面积。

3.3. 景观格局指数

景观格局特征的变化能够有效揭示出研究区的土地利用变化、生态状况及空间变化特征等,从中能够发现景观空间格局的变化规律[23],通过系统梳理和深入分析景观格局特征研究领域的相关文献[24]-[28]。本研究将从景观数量、景观集聚、景观形状和景观多样性四个方面选取了斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块面积指数(LPI)、蔓延度(CONTAG)、聚合度(AI)、边界破碎度(ED)、景观形状指数(LSI)、面积加权分维数(FRAC_AM)、香浓均匀度指数(SHEI)和香浓多样性指数(SHDI)做为研究龙川江流域景观格局的指数。综合分析以上指数得到龙川江流域景观类型的面积变化、景观破碎化程度、景观形状复杂度和景观整体性等特征,从多个角度来分析龙川江流域的景观格局。

4. 结果与分析

4.1. 龙川江流域土地利用动态度

根据单一土地利用动态度公式计算,得出 2003~2023 年龙川江流域土地利用动态度变化情况。

Table 1. The single land use dynamic degree in the Longchuan River basin from 2003 to 2023

表 1. 2003~2023 年龙川江流域单一土地利用动态度

	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地
2003~2008 年	-1.83%	-0.06%	12.95%	0.43%	-0.77%	-3.11%
2008~2013 年	-2.38%	1.07%	3.45%	-0.02%	-0.19%	-2.71%
2013~2018 年	-2.59%	0.69%	3.96%	0.10%	1.36%	-2.95%
2018~2023 年	-2.45%	-0.33%	1.48%	0.54%	1.60%	-6.10%
2003~2023 年	-7.77%	1.38%	29.70%	1.06%	1.98%	-11.35%

如表 1 所示,2003~2023 年龙川江流域中耕地、建设用地、林地和水域面积增加,草地和未利用地面积减少。其中,建设用地面积前期快速增加,后期缓慢增加,这是由于土地资源利用紧张,后期相关部门增强了对土地的管理。草地面积和未利用地面积持续下降。其中草地面积下降主要原因是由城市化与农业开垦造成的。未利用地在 2018~2023 年减少幅度突然变大,是为了满足耕地、建设用地等的需求。耕地和林地变化较小,分别增加 1.38% 和 1.06%,总体保持稳定。水域面积小幅增加(1.98%),这主要与水资源管理和气候变化有关。

4.2. 龙川江流域土地利用类型转移矩阵分析

本研究基于数据,在 ArcGIS10.8 软件中绘制出 2003、2008、2013、2018、2023 年 5 期的土地利用类型图(图 1)。由图可知龙川江流域主要由林地、耕地、草地构成,建设用地、水域、未利用地占据的比例较小。各土地利用类型变化不明显。在此基础上对龙川江流域进行了从 2003~2023 年的土地利用类型转移矩阵的计算。土地利用转移矩阵如表 5~6 所示。

表 2 为 2003~2008 年龙川江流域土地利用类型转移矩阵,根据表 3 的数据分析,2018 至 2023 年间,研究区域的土地利用结构总体保持稳定。耕地转出面积最大,转出面积达到 253.25 km²,主要转化为草地和林地。其次是草地,转出 209.15 km²,主要由耕地转入。林地转入面积最多,转入 247.43 km²,主要由耕地和草地转入。水域、建设用地和未利用地变化幅度较小。综上可得耕地主要转为林地和草地,这

与当时实行“退耕还林还草”相关。龙川江流域植被覆盖率增加，起到减少水土流失，保护生态安全的作用。

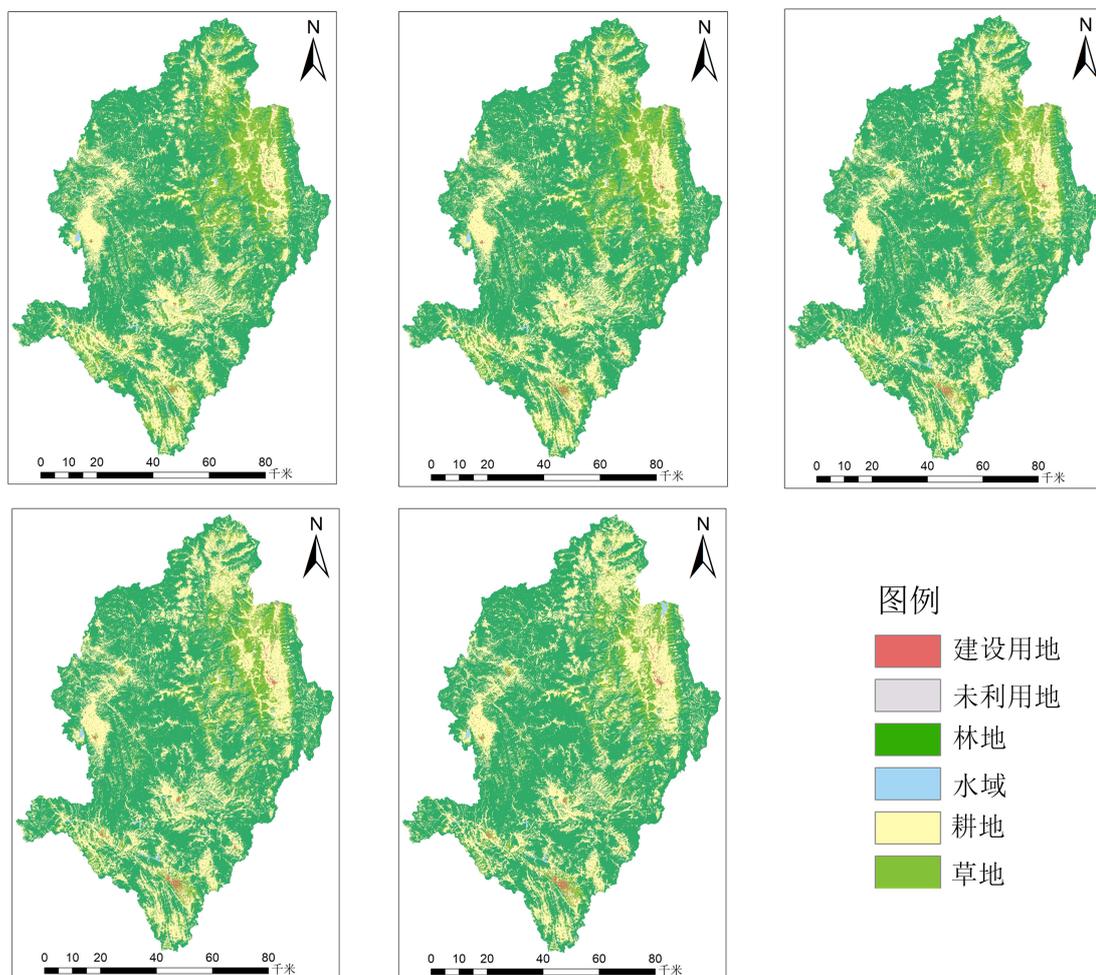


Figure 1. Map of land use types in the Longchuan River Basin from 2002 to 2008
图 1. 2002~2008 年龙川江流域土地利用类型图

Table 2. Land use transfer matrix of the Longchuan River Basin from 2003 to 2008
表 2. 2003~2008 年龙川江流域土地利用转移矩阵

转移面积/km ²		2008 年地类					
2003 年地类	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	转出
草地	—	130.98	4.53	72.54	1.07	0.03	209.15
耕地	72.54	—	5.31	173.82	1.58	—	253.25
建设用地	0.20	0.34	—	—	0.04	—	0.58
林地	19.61	112.8	0.04	—	0.11	—	132.56
水域	1.36	1.87	0.11	1.07	—	0.03	4.44
未利用地	0.11	0.01	0.02	—	0.01	—	0.15
转入	93.82	246	10.01	247.43	2.81	0.06	600.13

Table 3. Land use transfer matrix of the Longchuan River Basin from 2008 to 2013**表 3.** 2008~2013 年龙川江流域土地利用转移矩阵

转移面积/km ²		2013 年地类					
2008 年地类	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	转出
草地	—	180.33	2.03	53.8	0.93	0.06	237.15
耕地	68.04	—	2.85	137.48	5.06	—	213.43
建设用地	0.35	0.55	—	—	0.03	—	0.93
林地	31.24	166.94	0.01	—	0.14	—	198.33
水域	1.63	4.18	0.13	0.62	—	0.01	6.57
未利用地	0.07	—	0.05	—	0.01	—	0.13
转入	101.33	352	5.07	191.9	6.17	0.07	656.54

表 3 为 2008~2013 年龙川江流域土地利用类型转移矩阵, 根据表 3 的数据分析, 2018 至 2023 年间, 研究区域的土地利用结构总体保持稳定。草地面积转出最多, 转出 237.15 km², 主要转为耕地和林地。其次是耕地, 转出 213.43 m², 主要转为林地。林地面积转入最多, 转入 191.9 km², 主要由草地和耕地转入。水域、建设用地和未利用地总体变化幅度较小。这与当时实行“低丘缓坡开发”相关, 将低海拔的草地和林地开发成耕地, 高海拔的耕地开发成林地, 增加耕地的使用面积。

Table 4. Land use transfer matrix of the Longchuan River Basin from 2013 to 2018**表 4.** 2013~2018 年龙川江流域土地利用转移矩阵

转移面积/km ²		2018 地类					
2013 地类	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	转出
草地	—	176.29	3.36	62.22	1.85	0.12	243.84
耕地	84.19	—	3.03	154.82	2.99	0.01	245.04
建设用地	0.35	0.54	—	0.01	0.02	—	0.92
林地	28.51	161.59	0.01	—	0.17	—	190.28
水域	0.60	1.19	0.06	0.49	—	—	2.34
未利用地	0.09	—	0.03	—	0.08	—	0.20
转入	113.65	339.61	6.46	217.54	5.03	0.13	682.62

表 4 为 2013~2018 年龙川江流域土地利用类型转移矩阵, 根据表 4 的数据分析, 2018 至 2023 年间, 研究区域的土地利用结构总体保持稳定。耕地转出面积最多, 转出 245.04 km², 主要转为林地和草地。其次是草地, 转出 243.848 km², 主要转为耕地和林地。通过比较草地与耕地转出面积, 发现二者转出面积相差不大。耕地转入最多, 转入 339.61 km², 主要由草地和林地转入。水域、建设用地和未利用地总体变化幅度较小。

表 5 为 2018~2023 年龙川江流域土地利用类型转移矩阵, 根据表 5 的数据分析, 2018 至 2023 年间, 研究区域的土地利用结构总体保持稳定。耕地是转出面积最大的土地利用类型, 共转出 341.25 km², 主要转化为林地。其次是草地, 共转出 250.04 km², 主要转化为耕地和林地。林地转入最多, 转入 306.18 km², 主要由耕地转入。其次是耕地, 转入 294.95 km²。通过对比分析发现, 林地和耕地的转入面积差异不显著。水域、建设用地和未利用地的面积变化幅度较小, 说明这些土地利用类型在研究期间保持了较

高的稳定性。

Table 5. Land use transfer matrix of the Longchuan River Basin from 2018 to 2023

表 5. 2018~2023 年龙川江流域土地利用转移矩阵

转移面积/km ²		2023 年地类					
2018 年地类	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	转出
草地	—	170.1	2.26	76.32	1.21	0.15	250.04
耕地	103.34	—	2.23	229.12	6.55	0.01	341.25
建设用地	0.48	0.54	—	0.02	0.97	—	2.01
林地	37.1	121	0.01	—	0.18	—	158.29
水域	1.6	3.31	0.01	0.72	—	—	5.64
未利用地	0.06	—	—	—	0.21	—	0.27
转入	142.58	294.95	4.51	306.18	9.12	0.16	757.50

Table 6. Land use transfer matrix of the Longchuan River Basin from 2003 to 2023

表 6. 2003~2023 年龙川江流域土地利用转移矩阵

转移面积/km ²		2023 地类					
2003 地类	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	转出
草地	—	453.3	8.45	230.72	2.55	0.14	695.16
耕地	134.38	—	14.46	429.8	12.12	0.10	590.86
建设用地	0.22	0.67	—	0.02	0.67	—	1.58
林地	69.33	309.64	0.08	—	0.28	—	379.33
水域	2.50	6.85	0.21	2.39	—	—	11.95
未利用地	0.01	0.01	—	—	0.55	—	0.57
转入	206.44	770.47	23.2	662.93	16.17	0.24	1679.45

表 6 为 2003~2023 年龙川江流域土地利用类型转移矩阵，根据表 6 的数据分析，2003 年至 2023 年间，研究区域的土地利用结构总体保持稳定，但内部发生了明显的地类转换。草地是面积减少最多的土地利用类型，共减少了 695.16 km²，其中大部分转化为耕地。耕地面积减少了 590.86 km²，主要转变为林地。然而，耕地同时也是面积增加最多的土地利用类型，共增加了 770.47 km²，这些新增耕地主要来源于草地的转化。水域、建设用地和未利用地总体变化幅度较小。林地和建设用地一直持续增加，其中建设用地增加 23.2 km²。这体现出当地对龙川江流域生态环境的重视，但同部分林地和草地转为耕地，体现出龙川江流域在农业发展与保护生态环境安全两者之间有一定的矛盾。同时，建设用地面积的持续缓慢增加，这表明研究区域在建设、发展的同时又合理的控制其规模和布局，避免过度占用生态用地和农业用地。

4.3. 龙川江流域景观格局指数分析

土地利用变化会直接影响其景观格局变化，本研究结合龙川江流域的实际地理情况，将其视为一个总体来分析其景观格局指数变化。通过大量文献的阅读并结合龙川江流域的实际地理环境，研究从景观数量、景观集聚、景观形状和景观多样性四个方面选取了斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块面积指

数(LPI)、蔓延度(CONTAG)、聚合度(AI)、边界破碎度(ED)、景观形状指数(LSI)、面积加权分维数(FRAC_AM)、香浓均匀度指数(SHEI)和香浓多样性指数(SHDI)等多个指数来分析龙川江流域的景观格局。

4.3.1. 景观数量

从斑块数量、斑块密度和最大斑块面积这三个方面来反应不同地类景观斑块的分布特征,因此选取NP、PD和LPI作为景观格局指数。

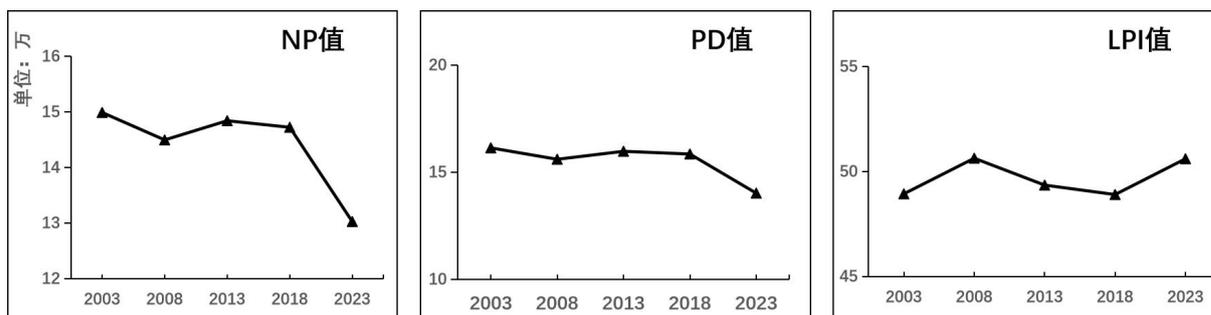


Figure 2. Changes in the values of landscape pattern indices NP, DP and LPI in the Longchuan River Basin

图 2. 龙川江流域景观格局指数 NP、DP、LPI 值变化

根据图 2 可知,在 2003~2023 年间 NP 值总体呈大幅度下降,表明各地类在 2003~2023 年间景观斑块数量减少,破碎度较低,龙川江流域内整体景观趋向规整。PD 值总体呈小幅度下降,表明各地类在 2003~2023 年间斑块密度变小。斑块密度在 2003~2018 年间缓慢下降,且在 2018~2023 年间迅速下降,这与斑块数目趋势变化趋于一致。2003~2023 年龙川江流域 LPI 值总体表现出上升趋势。这表明,随着人类在此流域活动的干扰强度日益增强,各地类的景观斑块产生了扩大现象。

4.3.2. 景观集聚

从蔓延度、聚合度这两个方面来反应各地类斑块在空间分布上的集聚程度,因此选取 AI 和 CONTAG 作为景观格局指数。

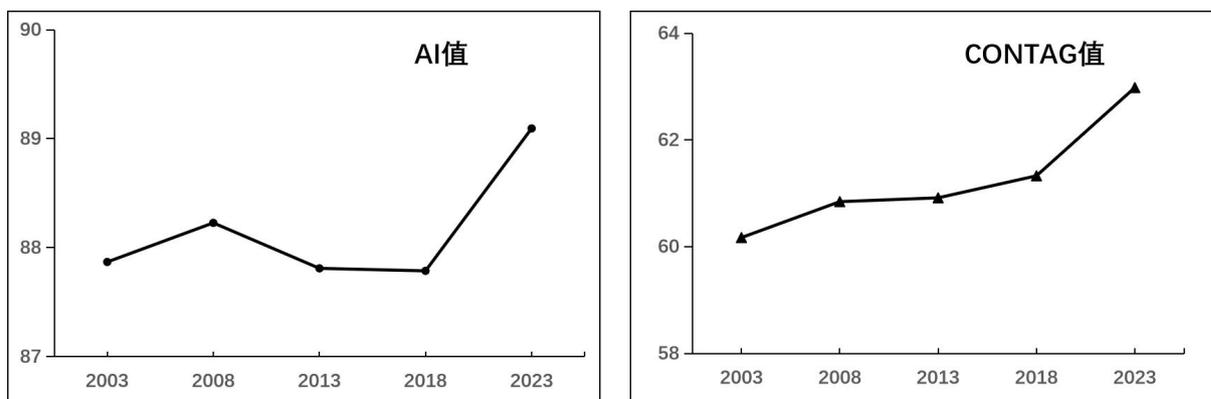


Figure 3. Changes in the values of landscape pattern indices AI and CONTAG in the Longchuan River Basin

图 3. 龙川江流域景观格局指数 AI、CONTAG 值变化

根据图 3 可知,在 2003~2023 年间 AI 值总体上升,表明在 2003~2023 年间龙川江流域各地类景观类型集聚程度加强。在 2003~2018 年间 AI 值基本不变,说明此流域的各地类景观聚合度变化不大,斑块较稳定。但在 2018~2023 年间 AI 值较前面 15 年有明显上升,说明这 5 年各地类景观聚合度增加,同斑块

间联系更加密切。CONTAG 值在 2003 年~2023 年期间呈现出上升的趋势。这表明景观中不同斑块类型的团聚程度在不断增强,而且景观类型在空间上的分布越来越趋向于连续和集中,景观的整体性和连贯性在增强。

4.3.3. 景观形状

从边界破碎度、景观形状指数和面积加权分维数这三个方面来反应各地类的斑块形状,因此选取 ED、LSI 和 FRAC_AM 作为景观指数。

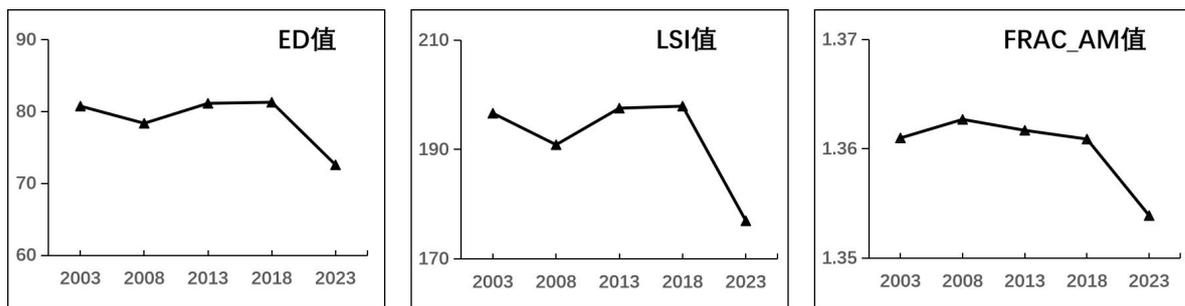


Figure 4. Changes in the values of landscape pattern indices ED, LSI and FRAC_AM in the Longchuan River Basin
图 4. 龙川江流域景观格局指数 ED、LSI、FRAC_AM 值变化

根据图 4 可知,从 2003~2023 年,ED 值在 2003~2018 年基本保持稳定,数值在 80 左右波动,说明这段时间内各地类斑块的边界破碎度相对稳定。然而,在 2018~2023 年期间,ED 值下降,从约 80 降至约 70,这表明各地类斑块的边界破碎度降低,斑块变得更加规整。LSI 值在 2003 年~2018 年期间也较为稳定,数值在 200 左右波动,说明这段时间内景观斑块的形状复杂程度变化不大。但 2018~2023 年,LSI 值大幅下降,从约 200 降至约 170,这意味着景观斑块的形状变得更加简单。且在 2018~2023 年间迅速下降,这与边界破碎度趋势变化趋于一致。FRAC_AM 值在 2003~2023 年期间基本不变化。主要是由于人类活动(如农业规模化、城市规划等)使得原本形状复杂的斑块被改造为形状规则的斑块。

4.3.4. 景观多样性

从香浓多样性指数和香浓均匀度指数这两个方面来反应景观多样性,因此选取 SHDI 和 SHEI 作为景观指数。

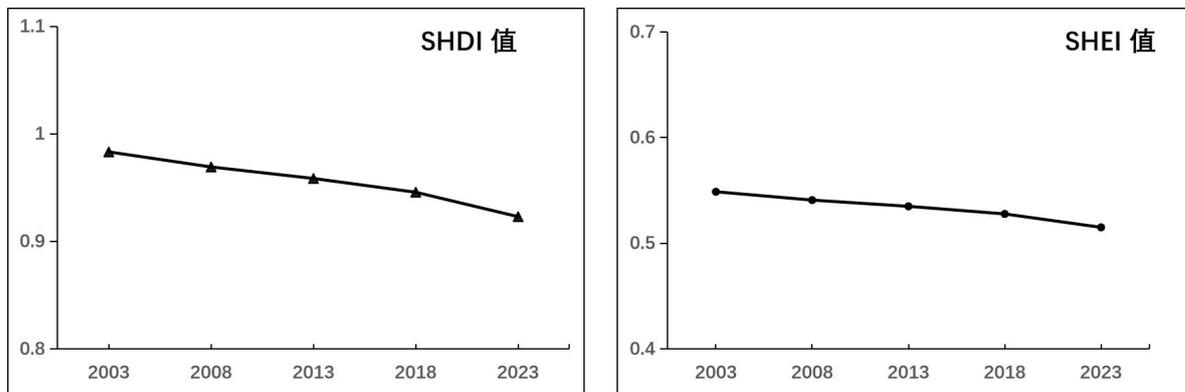


Figure 5. Changes in the values of landscape pattern indices SHDI and SHEI in the Longchuan River Basin
图 5. 龙川江流域景观格局指数 SHDI、SHEI 值变化

根据图 5 可知,从 2003~2023 年,SHDI 值呈现逐渐下降的趋势。该指数下降表明景观中斑块类型的

多样性在逐渐减少。SHEI 值在 2003~2023 年期间也呈现出下降的趋势。在 2003~2023 年间该指数下降表明研究区中景观斑块类型的面积分布越来越不均匀。SHDI 和 SHEI 值均呈下降趋势, 这表明龙川江流域的景观多样性是减少的, 这与当地的气候环境变化与人类活动相关。

5. 结论与建议

5.1. 结论

本研究以龙川江流域为研究对象, 基于 2003 年、2008 年、2013 年、2018 年和 2023 年五期土地利用数据, 综合运用 GIS 的空间分析、景观格局指数分析等方法, 对龙川江流域近 20 年土地利用变化和景观格局特征进行研究。研究得出以下主要结论:

1. 2003~2023 年, 龙川江流域土地利用变化中建设用地增加最多且持续在增加, 草地和未利用地持续减少, 其余地类变化较小。建设用地在起初 5 年大幅度增加, 而未利用地在近 5 年大幅度减少。其中, 耕地在 2003~2008 年和 2018~2023 年间减少, 其余时间段增加。林地 在 2008~2013 年间减少, 其余时间段在增加。而水域则是在 2003~2013 年间持续减少, 后呈持续增加趋势。

2. 2003~2023 年, 龙川江流域土地利用变的地类主要是林地、耕地和草地。其中林地、耕地面积总体呈增加趋势, 而草地面积总体正逐步缩减, 其流失部分主要转化为耕地和林地。与此同时, 建设用地面积略有上升, 而水域与未利用地面积则保持相对稳定。其中 2018~2023 年间, 林地、耕地和草地三者转换幅度最大, 主要由耕地和草地转化为林地、耕地。

3. 2003~2023 年, 龙川江流域的景观格局在人类活动的干预下, 呈现出数量递减的趋势, 且景观的连续性较高, 破碎化程度较低。特别是在 2018 年至 2023 年这段时间内, 人类活动对流域景观的影响尤为显著, 导致景观数量显著减少。2003~2023 年间, 龙川江流域景观集聚度总体变高, 尤其在 2018~2023 年大幅度变高。2003~2023 年间, 龙川江流域景观形状变得更加简单, 其也是受人类活动影响, 并且在近 5 年受影响更加明显。2003~2023 年间, 龙川江流域景观多样性持续下降, 但总体下降缓慢。

5.2. 建议

在过去 20 年间, 龙川江流域的草地、耕地与林地持续发生转换。鉴于该流域林地资源极为丰富, 建议推广农林复合经营模式, 这不仅能提升该流域土地利用效率, 促进林地与耕地之间实现科学、合理的转换, 还能推动二者协调发展。在景观格局方面, 龙川江流域可通过实施生态修复、植被恢复等措施, 有效提升景观多样性。并设立生态自然保护区, 限制人类活动对自然景观的干扰与破坏, 对维护生物多样性具有重要意义。同时, 搭建长期、系统的土地利用与景观格局监测体系, 定期评估土地利用变化对生态环境产生的影响, 借此监测土地利用和景观格局的演变态势, 为及时制定并落实相应的生态保护策略提供支撑。

基金项目

云南省教育厅科学研究基金项目(2022J0818); 楚雄师范学院大学生科研项目(XDKY24018)。

参考文献

- [1] Arneth, A., Brown, C. and Rounsevell, M.D.A. (2014) Global Models of Human Decision-Making for Land-Based Mitigation and Adaptation Assessment. *Nature Climate Change*, 4, 550-557. <https://doi.org/10.1038/nclimate2250>
- [2] 李平, 李秀彬, 刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 129-138.
- [3] 郭青海, 马克明, 张易. 城市土地利用异质性对湖泊水质的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(2): 776-787.
- [4] 骆元家, 梁庆璇, 刘洪, 等. 1990-2020 年南宁市土地利用时空变化[J]. 湖北农业科学, 2024, 63(2): 128-136.

- [5] 孙晓莉, 郑毅, 赵然, 等. 阳宗海流域土地利用景观格局时空变化分析[J]. 西南农业学报, 2022, 35(10): 2387-2394.
- [6] 陈朝, 吕昌河, 范兰, 等. 土地利用变化对土壤有机碳的影响研究进展[J]. 生态学报, 2011, 31(18): 5358-5371.
- [7] 赵丹, 李锋, 王如松. 城市土地利用变化对生态系统服务的影响——以淮北市为例[J]. 生态学报, 2013, 33(8): 2343-2349.
- [8] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用(第二版) [J]. 应用与环境生物学报, 2011, 17(2): 157.
- [9] 高文龙, 张景华, 刘洪, 等. 基于转移矩阵的大凉山区土地利用变化研究[J]. 西北地质, 2025, 58(1): 270-281.
- [10] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14.
- [11] 雷焯越, 蒲智, 周军. 基于 GEE 的艾比湖流域土地利用时空变化图谱分析[J]. 沈阳大学学报(自然科学版), 2025, 37(1): 8-15.
- [12] 郭笃发. 利用马尔科夫过程预测黄河三角洲新生湿地土地利用/覆被格局的变化[J]. 土壤, 2006, 38(1): 42-47.
- [13] 殷少美, 周寅康, 濮励杰, 等. 马尔科夫链在预测土地利用结构中的应用——以湖南娄底万宝镇为例[J]. 经济地理, 2006, 26(S1): 120-123+130.
- [14] 孙一帆, 徐梦菲, 汪霞. 洛阳市土地利用景观格局时空演变与预测分析[J]. 人民黄河, 2024, 46(8): 110-116+129.
- [15] 杨慧, 郝文渊, 王小姣, 等. 基于景观指数法的色季拉国家森林公园景观格局分析[J]. 高原农业, 2022, 6(5): 447-453.
- [16] Haque, S.M.N. and Uddin, A.S.M.S. (2025) Identifying Land Use Land Cover Change Using Google Earth Engine: A Case Study of Narayanganj District, Bangladesh. *Theoretical and Applied Climatology*, **156**, Article No. 94. <https://doi.org/10.1007/s00704-024-05340-8>
- [17] Masalvad, S.K., Patil, C., Vardhan, A.R., Yadav, A., Lavanya, B. and Sakare, P.K. (2025) Predicting Land Use Changes and Ecosystem Service Impacts with Ca-Markov and Machine Learning Techniques. *Environment, Development and Sustainability*, **27**, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s10668-025-06017-6>
- [18] Alogaidi, M.A.H., Asadzadeh, F., Rezapour, S., Khosravi Aqdam, K. and Shabani, F. (2025) A Quantitative Evaluation of Landscape Patterns' Impact on Soil Quality: A Regional-Scale Case Study. *Earth Systems and Environment*, **9**, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s41748-024-00565-z>
- [19] 胡琳, 李思悦. 不同空间尺度土地利用结构与景观格局对龙川江流域水质的影响[J]. 生态环境学报, 2021, 30(7): 1470-1481.
- [20] Yang, J. and Huang, X. (2021) The 30 M Annual Land Cover Dataset and Its Dynamics in China from 1990 to 2019. *Earth System Science Data*, **13**, 3907-3925. <https://doi.org/10.5194/essd-13-3907-2021>
- [21] 胡召玲, 杜培军, 赵昕. 徐州煤矿区土地利用变化分析[J]. 地理学报, 2007, 62(11): 1204-1214.
- [22] 张嘉洋, 杜崇. 基于 PLUS 模型的湘潭市土地利用变化及多情景模拟预测[J]. 吉林水利, 2025(1): 46-50.
- [23] 白金明, 王继山, 许莹, 等. 三江并流区林地与草地景观格局变化及其驱动因子[J]. 东北林业大学学报, 2025, 53(3): 46-57.
- [24] 陈洪敏, 刘凤莲, 杨博文. 昭通市土地利用时空变化和景观格局演变特征研究[J]. 上海国土资源, 2024, 45(3): 92-98.
- [25] 李媛媛. 昆明市域景观格局及其生态安全研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 云南大学, 2022.
- [26] 张佳楠. 清水河流域景观格局变化及其水沙过程研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2020.
- [27] 蒋朝阳. 郑州市近 20 年景观格局时空变化特征分析[J]. 经纬天地, 2024(4): 11-14.
- [28] 梁益铭. 滇池流域河岸带景观格局演变研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2022.