

基于 Fragstats4 的昭通市城市景观格局指数动态研究

龚雪

云南师范大学

DOI:10.32629/eep.v9i1.3047

[摘要] 为揭示城市化进程中昭通市景观格局的动态变化特征及生态响应,以2010和2020年GlobalLand 30全球土地覆盖数据为基础,运用ArcGIS10.7进行数据处理,借助Fragstats4软件从斑块类型和景观两个层级选取核心景观格局指数,对昭通市景观格局变化开展定量分析,并提出针对性的景观生态优化策略。结果表明:2010—2020年,昭通市耕地、林地、草地、灌木地和湿地面积分别减少2.32%、0.51%、1.41%、5.02%和73.00%,水体和人造地表则大幅增加,增长率达189.68%和326.29%;斑块类型层级上,耕地破碎化加剧,水体连通性和聚集度提升,人造地表斑块不规则化显著且聚集度略有上升,湿地受破坏程度最为严重;景观层级上,研究区整体景观格局基本稳定,但存在优势斑块连通度下降、斑块形状不规则化现象突出等问题。研究认为,昭通市城市化发展对区域景观生态造成了明显干扰,亟需通过科学的土地利用规划、生态网络构建和湿地保护等措施,实现城市发展与景观生态保护的协同推进。

[关键词] 景观格局; 景观指数; 土地利用; 动态变化; 昭通市; Fragstats4

中图分类号: U412.1+4 **文献标识码:** A

Dynamic Study of Urban Landscape Pattern Indices in Zhaotong City Based on Fragstats4

Xue Gong

Yunnan Normal University

[Abstract] To reveal the dynamic changes and ecological responses of Zhaotong City's landscape pattern during urbanization, this study utilized 2010 and 2020 GlobalLand30 global land cover data processed with ArcGIS 10.7. Employing Fragstats4 software, core landscape pattern indices were selected at both the patch type and landscape levels to conduct quantitative analysis of Zhaotong's landscape pattern changes. Targeted landscape ecological optimization strategies were subsequently proposed. Results indicate: Between 2010 and 2020, Zhaotong City experienced reductions in cultivated land (2.32%), forest land (0.51%), grassland (1.41%), shrubland (5.02%), and wetland (73.00%). Conversely, water bodies and artificial surfaces increased significantly, with growth rates reaching 189.68% and 326.29%, respectively. At the patch type level, farmland fragmentation intensified, while water body connectivity and aggregation improved. Artificial surface patches exhibited significant irregularity with slightly increased aggregation, and wetlands suffered the most severe degradation. At the landscape level, the overall landscape pattern remained largely stable, but issues such as declining connectivity of dominant patches and pronounced irregular patch shapes emerged. The study concludes that urbanization in Zhaotong City has significantly disrupted regional landscape ecology. Urgent measures are needed—including scientific land-use planning, ecological network construction, and wetland conservation—to achieve synergistic advancement of urban development and landscape ecological protection.

[Key words] landscape pattern; landscape index; land use; dynamic change; Zhaotong City; Fragstats4

引言

景观格局是景观空间结构特征的直观体现,是自然和人为干扰共同作用下生态过程在不同尺度上的综合结果^[1],其动态变化直接影响区域生态系统的结构、功能和稳定性。城市作为人类活动最剧烈的区域,城市化进程引发的土地利用类型转变

是景观格局变化的核心驱动因子,开展城市景观格局动态研究,对揭示城市生态过程、优化城市生态空间布局、维护城市生态安全具有重要意义^[2-3]。

《全国生态保护“十三五”规划纲要》明确提出要保障生态空间、提升生态质量、增强生态功能,为城市生态建设指明了

方向^[4]。昭通市地处云、贵、川三省结合部的乌蒙山区腹地，是云南连接长江经济带和成渝经济区的重要通道，近年来城市化进程不断加快，土地利用结构发生显著变化，区域景观生态格局也随之改变。目前关于昭通市景观格局的系统性研究尚较为缺乏，难以支撑其城市生态建设的科学决策。

本文以昭通市为研究区，选取2010和2020年两期土地利用数据，运用Fragstats4软件从斑块类型和景观两个层级定量分析其景观格局动态变化特征，探讨城市化对区域景观生态的影响，并提出针对性的优化策略，以为昭通市城市生态保护与高质量发展提供数据支撑和理论参考。

1 研究区概况

昭通市为云南省下辖地级市，位于云南省东北部，地处金沙江下游沿岸，四川盆地向云贵高原抬升的过渡地带，辖区总面积23021km²。该市历史上为“南丝绸之路”要冲，素有“锁钥南滇，咽喉西蜀”之称，是内地通往南亚、东南亚和云南通往内地的双向大走廊。昭通市区域水能资源丰富，境内有溪洛渡、向家坝、白鹤滩三座巨型电站，煤、硫储量居云南省首位，同时也是全国野生天麻核心区域和中国南方优质苹果基地。特殊的地理区位和资源禀赋，使得昭通市城市化发展与生态保护的矛盾日益突出。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究采用GlobalLand30全球土地覆盖数据，分辨率为30m，中央子午线105° E，数据年份为2010年和2020年，数据总体精度达85.72%以上，满足研究精度要求。借助ArcGIS10.7软件对原始数据进行投影转换、图像合并、研究区裁剪等预处理，得到昭通市研究区土地利用数据。参照原始数据分类体系，将研究区土地利用类型划分为耕地、林地、草地、灌木地、湿地、水体和人造地表7大类。

2.2 研究方法

2.2.1 景观格局指数选取

景观格局指数是定量描述景观格局特征和生态过程的重要工具，结合研究区实际和研究目的，依据系统性、代表性、可操作性原则，从斑块类型层级和景观层级选取核心景观格局指数进行分析^[5-6]。斑块类型层级选取斑块类型总面积(CA)、斑块数量(NP)、最大斑块面积指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、景观聚集度指数(AI)；景观层级选取斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块面积指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、蔓延度指数(CONTAG)、散布与并列指数(IJI)、景观聚集度指数(AI)。各指数的生态含义见表1。

2.2.2 指数计算与分析

运用Fragstats4.0软件，分别对2010和2020年昭通市土地利用数据进行斑块类型层级和景观层级的景观格局指数计算^[7]，采用对比分析法，从面积变化、斑块数量、形状特征、聚散性等方面^[8-9]，分析2010—2020年昭通市景观格局的动态变化特征及驱动机制，最终结合分析结果提出景观生态优化策略。

表1 景观格局指数表

指数	缩写	单位	生态含义
斑块类型	CA/TA	hm ²	在斑块类型层次上，CA表示某一类型景观内斑块的总面积；在景观层次上，TA表示整个景观区域范围内的总面积，是基础的景观格局指数。
总面积			
斑块数量	NP	个	表示某一斑块类型或者景观区域内的斑块总数，其值与景观的破碎度呈现正相关的关系，一般NP值小的景观破碎度低，反之则高。
斑块密度	PD	个/100hm ²	表示每100hm ² 土地范围内的斑块数量。
最大斑块	LPI	%	LPI值大小为斑块类型中最大面积的斑块占整体景观面积的比例。该景观格局指数直接体现了景观的优势类型，直接体现了人类活动对于土地利用和景观生态变化的干扰强度和频率的变化。
面积指数			
景观形状指数	LSI	—	LSI值体现了景观中斑块形状的变化，LSI值增大时，斑块不规则情况增加。
散布与并列	IJI	%	IJI在景观级别上代表各个斑块类型间的总体散布与并列状况，描述景观中某一斑块类型与其他斑块类型的邻近状况，IJI值趋于0时表明一种斑块类型仅与其他一种类型相邻接；IJI=100表明各斑块间的比邻概率是均等的。
指数			
蔓延度指数	COHESION	%	CONTAG指标描述的是景观中不同斑块类型的团聚程度或延展趋势，代表了景观空间中的空间信息，是描述景观格局的最重要的指数之一。CONTAG值较小时表明景观中存在许多小斑块，景观破碎化现象严重；CONTAG值大时，表明景观中有连通度极高的优势斑块类型存在。
景观破碎化指数	SPLIT	—	直接反映景观空间被分割后的破碎化程度，直接反映了某一斑块类型或景观区域的受干扰程度。SPLIT越高，人类对生态系统的影响越大。
景观聚集度指数	AI	—	表示景观区域内的斑块离散程度，取值范围0-100，AI值小时，表示景观中某斑块的比例降低，且不断细化，连通性降低；AI值大时，表示景观中同类型的斑块相互聚合，结构紧凑。

3 结果与分析

3.1 土地利用类型面积动态变化

2010—2020年昭通市土地利用转型显著(图1—3)，呈现“五减两增”特征：耕地、林地、草地、灌木地、湿地面积缩减，水体与人造地表大幅扩张。耕地面积减少2.32%(8508.85→8311.52km²)，减幅最大，反映城市化对耕地的侵占；林地微降0.51%(9390.35→9342.11km²)，仍为优势景观类型；草地、灌木地分别减少1.41%和5.02%；湿地锐减73.00%(3.65→0.98km²)，生态退化最为剧烈。水体面积激增189.68%(60.71→175.86km²)，源于大型电站及水库建设；人造地表增幅最高(326.29%，61.24→261.07km²)，直接表征城市化快速推进。

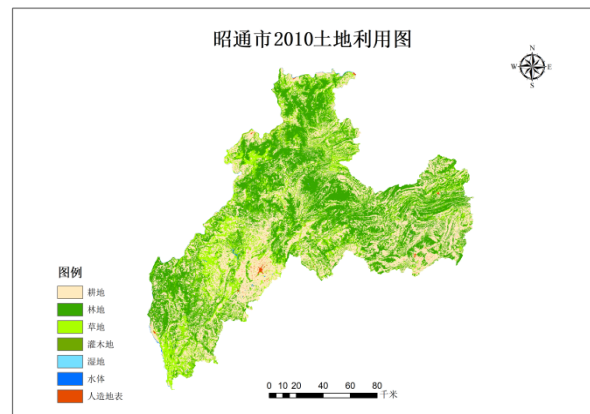


图1 昭通市2010土地利用图

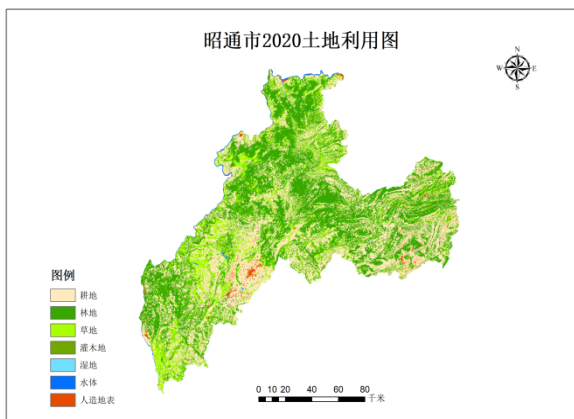


图2 昭通市2020土地利用图

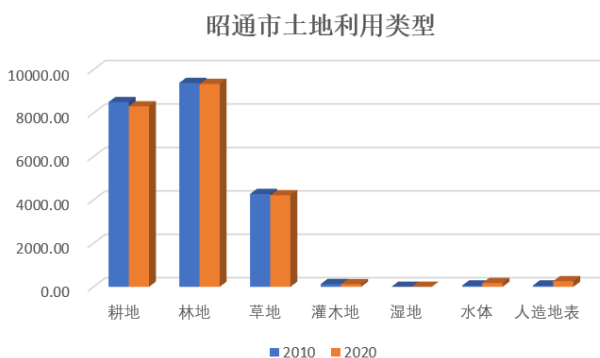


图3 昭通市2010-2020土地利用类型变化图

3.2 斑块类型层级景观格局指数变化分析

3.2.1 斑块面积与数量特征

表2 斑块面积指数(CA/hm²)表

年份/地类	耕地	林地	草地	灌木地	湿地	水体	人造地表
2010年	850884.48	939034.89	427485.51	13029.21	364.68	6070.86	6124.32
2020年	831151.98	934210.71	421454.43	12375.72	98.46	17586.36	26107.20
增长率	-2.32%	-0.51%	-1.41%	-5.02%	-73.00%	189.68%	326.29%

表3 斑块数量指数(NP)表

年份/地类	耕地	林地	草地	灌木地	湿地	水体	人造地表
2010年	9363	80735	244533	22851	23	1922	509
2020年	9947	79543	241983	22046	23	1127	1709
增长率	6.24%	-1.48%	-1.04%	-3.52%	0.00%	-41.36%	235.76%

斑块类型总面积(CA)变化与土地利用转型一致,耕地、林地CA下降,水体、人造地表CA大幅上升(表2)。斑块数量(NP)变化揭示不同景观的破碎化差异(表3):耕地NP增长6.24%(9363→9947个)而面积下降,破碎化加剧;人造地表NP激增235.76%(509→1709个),体现建设用地的多区域蔓延;水体NP下降41.36%(1922→1127个)而面积大增,表明斑块融合、连通性提升;湿地

NP维持23个不变但面积锐减,反映整体规模急剧萎缩;林草灌木地NP变化平稳。

3.2.2 斑块优势度与形态特征

最大斑块面积指数(LPI)显示(表4):湿地LPI降幅74.42%(0.0043→0.0011),优势度几近消失;水体、人造地表LPI分别增长843.13%和116.50%,大型斑块规模显著扩大,前者源于水库电站建设,后者反映城市核心区的形成。耕地、林地LPI小幅下降,草地LPI略升11.46%。

表4 斑块最大面积指数(LPI)表

年份/地类	耕地	林地	草地	灌木地	湿地	水体	人造地表
2010年	6.5807	6.6188	1.3102	0.0295	0.0043	0.0262	0.0606
2020年	6.2539	6.513	1.4604	0.0271	0.0011	0.2471	0.1312
增长率	-4.97%	-1.60%	11.46%	-8.14%	-74.42%	843.13%	116.50%

3.2.3 斑块形态与聚散特征

景观形状指数(LSI)显示(表5):人造地表LSI激增93.91%(30.37→58.90),形状不规则化显著,反映城市建设缺乏统一规划、斑块无序蔓延;湿地、水体LSI分别下降31.53%和27.65%,形状趋于规则,主要受人工围垦和水利工程建设影响;耕地LSI略升2.46%,形态略趋复杂;林草灌木地LSI小幅下降。

表5 斑块景观形状指数(LSI)表

年份/地类	耕地	林地	草地	灌木地	湿地	水体	人造地表
2010年	225.6506	366.0845	599.3744	173.3377	8.8281	77.0596	30.3736
2020年	231.2052	363.7128	593.9653	168.9394	6.0448	55.7525	58.8989
增长率	2.46%	-0.65%	-0.90%	-2.54%	-31.53%	-27.65%	93.91%

景观聚集度指数(AI)显示(表6):水体AI增幅最大(24.09%,70.57→87.57),斑块聚合与连通性显著提升;湿地AI下降3.86%(87.44→84.06),虽聚合度仍较高,但面积萎缩导致生态功能受损;人造地表AI微升0.60%(88.69→89.22),城市核心区集聚效应初显;耕地AI略降0.29%,与破碎化加剧相呼应;林草AI基本稳定;灌木地AI维持最低水平(约54.58)。

表6 斑块景观聚集度指数(AI)表

年份/地类	耕地	林地	草地	灌木地	湿地	水体	人造地表
2010年	92.6909	88.6927	72.5305	54.5847	87.4373	70.5695	88.6903
2020年	92.4221	88.7379	72.5856	54.567	84.0641	87.5729	89.2217
增长率	-0.29%	0.05%	0.08%	-0.03%	-3.86%	24.09%	0.60%

3.3 景观层级景观格局指数变化分析

从整体景观视角来看,2010-2020年昭通市景观层级指数变化较小,整体景观格局基本保持稳定,但局部生态特征呈现负面变化(表7)。斑块数量(NP)从359936个降至356378个,斑块密度(PD)从16.05个/100hm²降至15.89个/100hm²,二者均小幅下降,

表明研究区整体景观破碎化程度略有缓解;最大斑块面积指数(LPI)从6.62%降至6.51%,小幅下降,说明研究区优势景观类型的斑块规模略有萎缩,景观优势度有所降低;景观形状指数(LSI)从329.57微升至329.75,数值始终处于较高水平,表明研究区整体斑块形状不规则化现象突出,长条形、指型等不适宜物种繁衍的斑块形状广泛存在,且十年间未得到改善,对区域生物多样性保护不利;蔓延度指数(CONTAG)从59.54%降至58.02%,降幅1.52%,表明研究区景观中优势斑块的团聚程度和连通性有所下降,整体景观的空间连续性受到干扰;散布与并列指数(IJI)从40.48%升至42.58%,小幅上升,表明不同斑块类型间的邻近程度略有增加,景观空间异质性略有提升;景观聚集度指数(AI)保持86.88%不变,处于较高水平,表明研究区整体景观的聚合程度较好,连通性未发生明显变化。

表7 景观格局指数变化

景观指数	2010年	2020年
斑块数量 NP(个)	359936.00	356378.00
斑块密度 PD(个/100 hm ²)	16.05	15.89
最大斑块面积指数 LPI(%)	6.62	6.51
景观形状指数 LSI	329.57	329.75
蔓延度指数 CONTAG(%)	59.54	58.02
散布与并列指数 IJI(%)	40.48	42.58
景观聚集度指数 AI(%)	86.88	86.88

4 讨论

4.1 昭通市景观格局变化的驱动机制

2010—2020年昭通市景观格局演变是自然地理基底、城市化进程与政策调控共同作用的结果,其中快速城市化和大型水利工程建设是主导驱动力^[10-12]。

(1)城市化的人为干扰效应。城镇化率快速提升驱动建设用地无序扩张,人造地表面积增长326.29%,斑块数量激增且形态高度不规则,导致耕地被大量侵占并加剧破碎化^[13]。城市规划中生态空间管控缺位,是造成景观结构失衡的首要因素^[14]。

(2)水利工程的景观重塑作用。溪洛渡、向家坝、白鹤滩等巨型水电站及配套水库建设使人工水体面积增长189.68%,水体斑块融合度与连通性显著提升,体现了重大工程对景观格局的正向调控能力^[15]。

(3)生态政策执行效能不足。湿地面积锐减73.00%,反映湿地保护政策落实不到位,围垦开发活动管控缺失;林地作为优势景观类型面积仍小幅下降,表明森林资源保护力度有待加强^[10]。

(4)地形条件的本底约束。乌蒙山区复杂地形限制了耕地和建设用地的连片分布,构成斑块形态不规则的自然基础,加剧了景观破碎化程度^[12,16]。

4.2 昭通市景观生态优化策略

基于景观格局演变特征及驱动机制,提出“管控—连通—修复—优化”四位一体的优化路径:

(1)强化国土空间管控,遏制建设用地蔓延。划定耕地和生态保护红线,建立土地利用动态监测机制,严控城市无序扩张,保障生态用地规模^[17]。

(2)构建全域生态网络,提升景观连通性。以林草地为生态源地、河流水系为廊道,串联破碎化斑块;重点打造水体生态廊道,恢复湿地生态系统连通性^[16]。

(3)加强关键类型保护,恢复受损生态功能。优先实施湿地生态修复工程,通过人工补水、植被恢复等措施恢复湿地规模;加强林地封育保护,推进土地整理以缓解耕地破碎化^[10]。

(4)优化景观斑块形态,改善生境质量。约束不规则斑块开发,城市地区通过公园绿地优化人造地表格局,乡村地区结合乡村振兴战略规整耕地与宅基地布局^[17]。

(5)推动生态建设融合,实现多功能协同。将绿色基础设施与灰色基础设施有机结合,利用破碎化斑块发展生态农业、建设口袋公园,促进生态保护与经济发展双赢。

4.3 研究不足与展望

本研究基于2010、2020年两期数据开展短期分析,未能揭示长时间序列演变规律;景观指数选取未涵盖多样性、均匀度等指标,对异质性刻画不够全面。未来研究应:增加多期数据,开展长时序动态研究;结合地理加权回归等方法定量解析驱动因子贡献率;耦合遥感生态指数(RSEI)综合评价景观生态质量,为区域生态建设提供精准支撑。

5 结论

2010—2020年昭通市景观格局在城市化快速推进和重大水利工程建设双重作用下发生显著变化,整体格局基本稳定但局部生态问题突出,主要结论如下:

(1)土地利用转型剧烈。耕地、林地、草地、灌木地、湿地面积下降,湿地降幅达73.00%;水体和人造地表面积分别增长189.68%和326.29%,反映城市化与工程建设的深刻影响。

(2)斑块层级特征分化。耕地破碎化加剧,人造地表斑块不规则化显著且多区域蔓延,水体聚合性和连通性大幅提升,湿地规模急剧萎缩,林草景观相对稳定。

(3)景观层级格局异化。整体破碎化程度略有缓解,聚合度维持在较高水平,但优势斑块连通性下降、形状不规则化突出,对区域生态安全构成潜在威胁。

(4)驱动机制与优化方向明确。城市化和水利工程是核心驱动力,地形条件和政策执行效能构成重要影响。通过国土空间管控、生态网络构建、关键类型保护及斑块形态优化,可实现城市发展与生态保护的协同推进。

【参考文献】

[1] 邬建国.景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2007.

[2] 王海琛.近20年来兰州市土地利用景观格局变化及驱动力分析[D].兰州:兰州大学,2019.

- [3]龙凌波.基于多源数据的上海市公园时空格局演变及其生态效益研究[D].上海:华东师范大学,2019.
- [4]环境保护部.全国生态保护“十三五”规划纲要[J].节能与环保,2016(11):34.
- [5]袁轶男,金云峰,聂晓嘉,等.基于Fragstats4的上海市城市景观格局指数动态研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2020,51(6):1-6.
- [6]郭晓妮,刘晓农,宋亚斌,等.基于Fragstats的海南省东方市景观格局动态研究[J].中南林业调查规划,2016,35(1):30-33, 52.
- [7]闫俊霞,张建峰,韩阳.基于Fragstats的邯郸市城区绿地景观格局研究[J].中国城市林业,2018,16(1):21-24.
- [8]方金萌.基于GIS和Fragstats的兰考县绿地景观格局分析与优化研究[D].郑州:郑州大学,2018.
- [9]刘凌霄.基于GIS和Fragstats的城市郊区大地景观生态规划研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2017.
- [10]刘强,尉飞鸿,夏雪,等.昭通市土地利用时空变化和景观格局演变特征研究[J].山地学报,2024,42(3):92-98.
- [11]李昇,高洁,方光达,等.我国流域梯级水电开发的回顾与展望[J].水电与抽水蓄能,2022,8(2):1-6.
- [12]杨帆,王静,张磊,等.滇西北平坝传统村落景观格局演变及影响因素——以云南省祥云县大仓村为例[J].经济地理,2023,43(9):215-224.
- [13]史培军,陈晋,潘耀忠,等.深圳快速城市化过程中的景观类型转化动态[J].生态学报,2007,27(4):788-795.
- [14]李和平,林涛.基于城市边缘区生态网络构建的国土空间布局优化方法——以贵州省习水县为例[J].城市学报,2023(5): 99-104.
- [15]王浩,李原,张强,等.金沙江下游梯级水电开发对河流生态系统服务功能的影响[J].水生态学杂志,2025,46(1):1-12.
- [16]史培军,官鹏,李晓兵,等.土地利用/覆盖变化研究的方法与实践[M].北京:科学出版社,2000.
- [17]李玢.城市边缘区绿色空间多元治理机制与优化路径——以北京市绿化隔离地区为例[J].中国国土资源经济,2024,37(2):47-56.

作者简介:

龚雪(2001--),女,汉族,云南昭通人,硕士研究生,云南师范大学地理学部,研究方向:自然地理。