

基于GIS与Fragstats的保山市隆阳区景观格局特征分析

刘彩围

云南师范大学地理学部, 云南 昆明

收稿日期: 2025年12月6日; 录用日期: 2026年1月13日; 发布日期: 2026年1月22日

摘要

为揭示山地城市区域人地关系相互作用的空间特征, 本文选取云南省保山市隆阳区为研究对象, 基于2015年与2020年两期土地利用数据, 综合运用GIS空间分析、土地利用转移矩阵及景观格局指数等方法, 对研究期内土地利用变化及景观格局演变特征进行定量分析。结果表明: (1) 研究期内土地利用结构变化显著, 呈现出耕地面积减少、建设用地持续扩张的典型特征; (2) 景观格局演变表现出明显差异性: 耕地景观在面积缩减的背景下连通性增强, 呈现集聚化趋势; 建设用地规模扩张的同时空间集聚性显著提高; 水域景观生态连通性明显下降, 破碎化程度加剧; 林地和草地景观整体保持较高稳定性; (3) 隆阳区景观格局演变是城镇化进程、农业结构调整等社会经济因素与山区复杂地形条件共同作用的结果。基于研究结论, 提出实施地形适配的差别化空间管控、修复水系生态连通功能及构建区域生态安全格局等优化策略, 以期为隆阳区国土空间可持续利用与生态安全维护提供科学参考。

关键词

景观格局指数, 土地利用变化, GIS, Fragstats, 隆阳区

Analysis of Landscape Pattern Characteristics and Evolution of a Mountainous City Based on GIS and Fragstats: A Case Study of Longyang District, Baoshan City

Caiwei Liu

Faculty of Geography, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

Received: December 6, 2025; accepted: January 13, 2026; published: January 22, 2026

文章引用: 刘彩围. 基于GIS与Fragstats的保山市隆阳区景观格局特征分析[J]. 土壤科学, 2026, 14(1): 57-66.
DOI: 10.12677/hjss.2026.141007

Abstract

This paper investigates the spatial characteristics of human-land interactions in mountainous urban areas, focusing on Longyang District, Baoshan City, Yunnan Province. Utilizing land use data from 2015 and 2020, the study employs various methods, including GIS spatial analysis, land use transfer matrices, and landscape pattern indices. A quantitative analysis was performed to assess land use changes and the evolution of landscape patterns during the study period. The findings indicate that: (1) The land use structure underwent significant changes, characterized by a reduction in cultivated land area and a continuous expansion of construction land; (2) The evolution of landscape patterns exhibited notable differences: Despite a decrease in area, the connectivity of cultivated land landscapes increased, demonstrating a trend toward agglomeration. While the scale of construction land expanded, its spatial agglomeration improved significantly. Conversely, the ecological connectivity of water landscapes declined markedly, leading to increased fragmentation. Overall, the stability of forest and grassland landscapes remained relatively high. (3) The evolution of the landscape pattern in Longyang District results from the interplay of social and economic factors, including urbanization and agricultural structural adjustments, alongside the complex terrain characteristic of mountainous regions. Based on the research findings, this study proposes optimization strategies such as implementing differentiated spatial control tailored to terrain conditions, restoring the ecological connectivity of water systems, and establishing a regional ecological security framework. These strategies aim to provide scientific guidance for the sustainable use of territorial space and the maintenance of ecological security in Longyang District.

Keywords

Landscape Pattern Index, Land Use Change, GIS, Fragstats, Longyang District

Copyright © 2026 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

土地利用是人类为满足发展需求对土地资源进行改造和使用的所有活动的总和。对其变化开展分析，旨在通过长时间序列、固定空间范围内的信息，揭示特定土地利用类型或区域在用地方式上的演变过程，进而总结变化规律，并辨析人类活动及自然环境演变对土地利用产生的作用[1]。作为人与自然互动最为根本的呈现形式，土地利用与开发既是区域社会经济可持续发展的基础，也体现了全球化背景下各地关联日益紧密的趋势。因此，土地在相当程度上构成了人类生存与进步的根基。随着经济社会进步与人口持续增加，人类对土地的干预日益深化，引发土地利用类型与景观格局的转变，这一过程折射出人类用地方式的调整，具有重要的研究价值[2]。当前采用的土地利用数据产品，主要基于 Landsat TM/ETM/OLI 系列遥感影像，经过融合、几何校正、增强与拼接等预处理，采用人机交互目视解译方法，将全国土地利用划分为 6 个一级类、25 个二级类及部分三级类，来源于 globalland30 平台。

随着时间推移，用地紧张与矛盾日益凸显，尤其在城镇扩展过程中，建设需求持续扩大，这是社会发展、人口增加与城市化推进的必然结果。隆阳区同样呈现这一趋势，居住、生产等需求不断提升，而土地资源优化配置必须建立在合理利用的基础上，因此如何科学用地成为关键问题[3]。土地空间的拓展不仅推动城市设施升级，也成为宏观调控的重要手段[4]：一方面，建设空间扩大为经济提供了更多载体；另一方面，资本、劳动与技术的持续投入，显著促进了经济增长。

从景观层面分析格局特征,有助于理解土地利用变化的强度与模式。景观格局指数可用于定量描述景观空间组成与结构特征[5][6]。结合研究区实际,本文在景观水平选取斑块数量(NP)、集聚度指数(AI)等进行评估;在类型水平则选用斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、散布与并列指数(IJI)、斑块内聚力指数(COHESION)及有效网格大小(MESH),解析各景观类型的结构特点。这类指数能以较高效率概括景观信息,精确、定量地表征其在结构与空间配置方面的属性[7],进而揭示格局特征与动态,是景观相关研究的常用定量手段[8]。一般而言,景观格局指数可从斑块水平、类型水平与景观水平三个层次进行测算[9]。借鉴景观生态学相关研究,本文从景观与类型两个层面选取对应指标,以量化反映空间格局差异。

隆阳区土地开发历史较长,积累了丰富的用地经验。近年来,该区土地资源配置逐步优化,利用结构与布局更趋合理。本研究以促进隆阳区土地资源可持续利用、协调经济与生态关系为目标,通过分析2015年与2020年两期土地利用状况及其变化,计算并对比各用地类型的景观指数,据此识别变化的驱动因素,以探索资源优化配置的可行路径。本文旨在评估隆阳区土地资源利用的合理性,并就其配置与开发提出改进建议,为区域全面、协调与可持续发展提供科学依据。同时,也可为今后隆阳区相关政策的制定积累经验,推动城镇规划与建设走向可持续。通过对比2015年与2020年土地利用变化,本文梳理了土地开发利用状况,探讨是否存在违背客观规律的用地行为,并对当前亟待缓解的各类土地占用问题提出针对性对策。此类研究具有较强的现实意义,可为隆阳区社会经济协调发展提供多角度参考。

2. 研究区概况

隆阳区,位于云南省西部、横断山脉南端,地跨东经98°43'~99°26'、北纬24°46'~25°38'之间[10]。东隔澜沧江与永平县相望,东南与昌宁县交界,南与施甸县相连,北与大理州云龙县毗邻。南北长约96千米,东西宽约78千米,总面积5011平方千米[10]。隆阳区,隶属云南省保山市,是保山市委、政府所在地,位于云南省西部、横断山脉南端(见图1)。东隔澜沧江与永平县相望,东南与昌宁县交界,南与施甸县相连,北与大理州云龙县毗邻,总面积5011平方千米[10]。2022年,隆阳区常住人口90.2万人,户籍人口94.66万人[11]。隆阳区位于云南省西部(98°43'~99°26'E, 24°46'~25°38'N),为保山市政治、经济、文化中心。全区总面积约5011 km²,2022年常住人口90.2万人[10]。地形以中山、盆地为主,属横断山脉南延部分,北高南低,平均比降14.5%。境内河流分属怒江与澜沧江水系,主要河流包括东河、勐赖河等[11]。气候属亚热带高原山地气候,年均温15.9℃,年均降水量约988 mm。土壤类型多样,以红壤、黄壤、水稻土等为主。植被垂直分异明显,生物资源丰富,高黎贡山国家级自然保护区部分位于区内,具有较高的生态保护价值[10][12]。

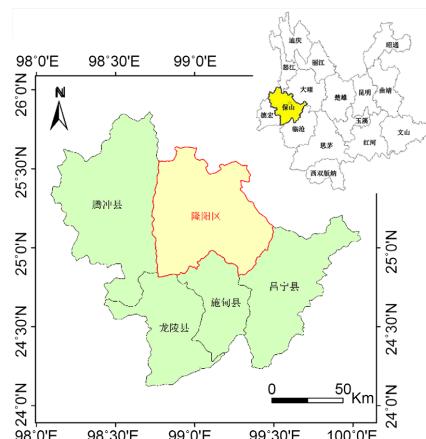


Figure 1. Location of Longyang District, Baoshan City
图 1. 保山市隆阳区地理位置

3. 数据来源与处理方法

3.1. 数据来源

土地利用数据来源于地理空间数据云平台提供的 2015 年与 2020 年两期 GlobeLand30 土地利用遥感解译产品, 空间分辨率为 30 m。原始数据经影像融合、几何校正、镶嵌与裁剪等预处理后, 统一转换为 Albers 投影坐标系, 并保持 30 m 原始空间分辨率用于后续分析。辅助数据包括隆阳区行政区划矢量数据、数字高程模型(DEM)及相关社会经济统计资料。

3.2. 数据处理与分析

在 ArcGIS 10.6 平台中, 将两期土地利用数据统一重分类为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地 6 个一级类型, 并采用土地利用转移矩阵方法分析 2015~2020 年各地类之间的相互转化关系。基于 DEM 数据提取高程与坡度信息, 用于辅助分析土地利用空间分布特征及其地形约束效应。景观格局指数的计算在 Fragstats 4.2 软件中完成, 分别从景观水平和类型水平选取相应指标, 对隆阳区景观格局特征及其演变进行定量分析。

4. 结果与分析

4.1. 土地利用与景观格局指数特征

2015~2020 年间, 隆阳区土地利用结构发生明显变化, 主要表现为耕地面积减少, 建设用地显著增加。景观格局指数计算结果见表 1、表 2。各个景观格局指数因以栅格数据为分析目标, 象元值则为计算基础通过相关文献认识到景观指数具有明显的尺度效应[11][13]。隆阳区 2015 年与 2020 年景观格局指数通过 ArcGIS 统计出土地利用类型(见图 2、图 3)。

依据相关性较强的景观格局指数: 斑块个数(NP)、集聚度指数(AI); 在类型水平选择斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、散布与并列指数(IJI)、斑块内聚力指数(COHESION)、有效网格大小(MESH) (表 1、表 2 所示)。

4.2. 隆阳区景观格局分析

研究期内, 隆阳区土地利用的核心变化表现为耕地资源减少与建设用地扩张。耕地斑块数量(NP)从 180 个减少至 129 个, 斑块密度(PD)相应降低, 直观反映了耕地面积的流失。与此相反, 居民建筑交通用地的 NP 从 24 个增加至 30 个, PD 也从 0.0050 升至 0.0062, 表明城镇化与基础设施建设导致了建设用地的明显增长。林地和草地的 NP 与 PD 变化幅度较小, 体现了生态用地在总量上的相对稳定。

耕地景观从“破碎”转向“集聚”。尽管耕地面积减少, 但其斑块内聚力指数(COHESION)从 80.65 大幅提升至 92.14, 集聚度指数(AI)从 44.39 升至 59.71。这表明, 减少的耕地可能多为边缘、零散的斑块, 剩余耕地在空间上趋向于集中连片分布, 景观连通性反而增强。这可能是由于城市扩张优先占用了坝区边缘分散的耕地, 以及农业内部结构调整(如退耕还林)共同作用的结果。建设用地景观扩张且趋于“规整与集聚”。建设用地的 LSI 从 5.125 略增至 5.364, 表明其形态复杂性稍有增加, 这与新增建设用地沿交通线或填充式发展有关。同时, 其 COHESION (52.03→72.61)和 AI (34.00→55.14)的显著上升, 共同揭示了建设用地不仅在数量上增加, 而且在空间上呈现出更强的集聚性和连接度, 反映出城镇连片发展的趋势。水域景观连通性遭受“严重破坏”。水域的变化尤为突出。其 NP 虽仅有少量减少(32→26), 但 COHESION 从 49.05 骤降至 13.55, AI 从 28.80 暴跌至 3.85, 有效网格大小(MESH)也从 10.46 锐减至 0.95。这一系列指数变化强烈表明, 隆阳区的水体在面积变化不大的情况下, 其空间连通性遭到严重切割

和破坏，破碎化程度急剧加深。这可能与山区小型水利设施建设、河道渠化、以及农业活动对自然水系的干扰密切相关，是威胁区域水生态安全的关键信号。林地与草地景观维持相对“稳定与完整”。林地和草地的各项指数变化幅度很小，COHESION 始终保持在 92 以上的高水平，AI 也较为稳定或略有波动。这说明研究区内主要的生态用地类型在景观水平上保持了较高的完整性和连通性，可能得益于生态保护政策的实施。

综上所述，2015~2020 年间隆阳区的土地利用变化不仅体现在数量结构的转换上，更深层次地表现为景观空间格局的重构。这一重构过程清晰地反映了强烈的人类活动干扰：城镇化与经济发展驱动了建设用地的集聚性扩张和耕地的被动集中化；同时，人类对水系的局部改造与利用，导致了水域生态连通性的隐性退化。而林、草地景观的稳定性，则揭示了生态保护红线等政策干预的潜在成效。这些景观格局的定量变化，为理解隆阳区人地关系相互作用的空间过程与生态效应提供了精确的依据。

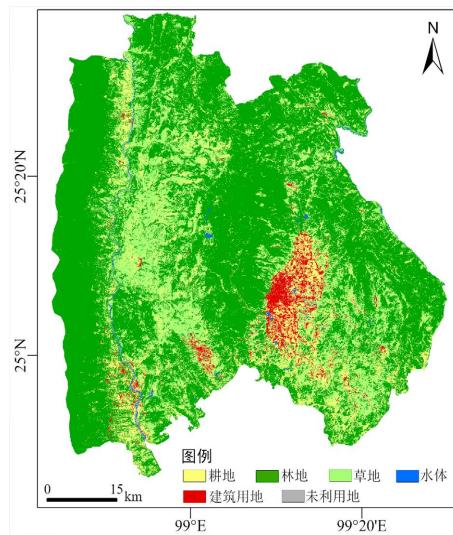


Figure 2. Land use overview map of Longyang District in 2015
图 2. 2015 年隆阳区土地利用概况图

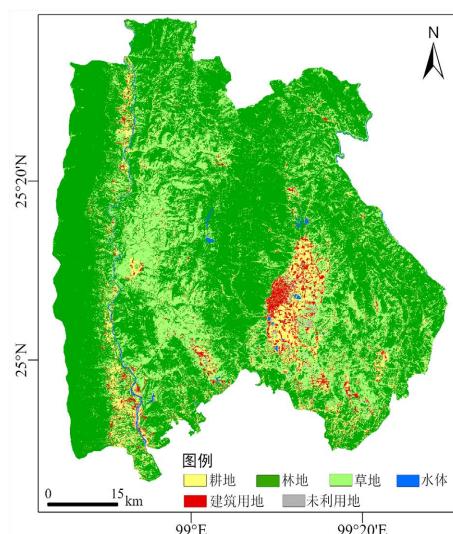


Figure 3. Land use overview map of Longyang District in 2020
图 3. 2020 年隆阳区土地利用概况图

Table 1. 2015 based on patch landscape pattern index**表 1.** 2015 年基于斑块景观格局指数

土地利用类型	NP	PD	LSI	COHESION	MESH	AI
耕地	180	0.0372	16.8667	80.648	1212.6729	44.3925
林地	82	0.0169	15.7033	96.6912	30106.1713	66.8894
草地	91	0.0188	18.0000	96.1988	22193.0444	58.4642
水域	32	0.0066	6.2353	49.0485	10.4644	28.8000
居民建筑交通用地	24	0.0050	5.1250	52.0281	9.4530	34.0000
未利用土地	3	0.0006	1.5000	0.0000	0.0619	0.0000

Table 2. 2020 patch landscape pattern index**表 2.** 2020 年基于斑块景观格局指数

土地利用类型	NP	PD	LSI	COHESION	MESH	AI
耕地	129	0.0266	14.9589	92.1354	9440.4084	59.7074
林地	91	0.0188	15.5957	96.2955	31459.5091	68.0037
草地	95	0.0196	16.4429	92.2236	5342.2030	53.7639
水域	26	0.0054	5.1667	13.5487	0.9488	3.8462
居民建筑交通用地	30	0.0062	5.3636	72.6100	80.2805	55.1402
未利用土地	2	0.0004	1.3333	0.0000	0.0413	0.0000

4.3. 地形约束效应分析

隆阳区位于横断山脉南端, 是典型的山地—坝区复合型城市, 复杂起伏的地形条件对土地利用空间分布及其演变过程具有显著约束作用。为进一步揭示地形因素对景观格局演变的影响, 本文结合坡度与高程分布特征, 对不同地形条件下土地利用变化的空间差异进行分析, 从而突出山地城市景观演变的地形适配特征。

从坡度分布格局(图 4)看, 隆阳区坡度整体呈现出由坝区向四周山地逐渐增大的空间特征, 不同坡度等级上的土地利用变化强度与转移方向存在明显差异。在 $0^{\circ}\sim10^{\circ}$ 与 $10^{\circ}\sim15^{\circ}$ 的低坡度区, 土地利用变化最为活跃, 是建设用地扩张和耕地转出的主要空间载体。该坡度区多分布于坝区及河谷地带, 地形平缓、工程建设条件优越, 城镇建设、交通基础设施及相关配套用地优先布局于此, 导致耕地向建设用地转化现象最为集中。在 $15^{\circ}\sim25^{\circ}$ 的中坡度区, 土地利用变化强度明显减弱, 转化类型以耕地向林地或草地转变为主, 建设用地扩展规模有限, 呈现出零散分布特征。这一坡度区既受到一定开发需求影响, 又受制于地形条件, 体现出土地利用变化由“开发主导”向“生态调节”过渡的特征。当坡度大于 25° 时, 土地利用类型整体保持高度稳定, 林地和草地占据绝对优势, 建设用地扩展几乎不存在, 土地利用转移极为有限。陡坡地形条件显著提高了建设成本和生态风险, 对人类开发活动形成了明显的物理约束, 表现出强烈的地形限制效应。总体来看, 隆阳区土地利用转移在坡度维度上呈现出明显的“低坡活跃—中坡过渡—高坡稳定”的分异格局(表 3), 充分体现了山地城市土地利用变化对坡度条件的高度敏感性。

从高程分布特征(图 5)看, 隆阳区地形起伏显著, 土地利用变化在垂直方向上呈现出明显分异规律。总体上表现为低海拔区变化集中、高海拔区结构稳定的特征。在 $652\sim1000\text{ m}$ 与 $1000\sim1500\text{ m}$ 的低—中海拔区, 土地利用结构变化最为显著。该高程带与坝区城镇及主要交通廊道高度重合, 是建设用地扩张和耕地减少的核心区域, 土地利用转化以耕地向建设用地转变为主, 反映出城镇化进程对土地资源配置的直接影响。在 $1500\sim2000\text{ m}$ 的中高海拔区, 土地利用变化强度有所减弱, 主要表现为耕地向林地、草地

的转化，体现出一定程度的生态恢复或农业结构调整特征。这一高程带在开发与保护之间呈现出明显的过渡属性。当高程超过 2000 m 后，土地利用结构趋于高度稳定，林地和草地成为绝对优势类型，建设用地分布极少，土地利用变化幅度有限。高海拔地区受自然条件制约强烈，人类活动强度明显降低，地形对土地利用演变的约束作用尤为突出。综合来看，隆阳区土地利用变化在高程维度上呈现出清晰的“坝区集中开发 - 中山过渡调节 - 高山严格约束”的垂直分异格局(表 4)，凸显了山地城市土地利用演变的地形适配特征。

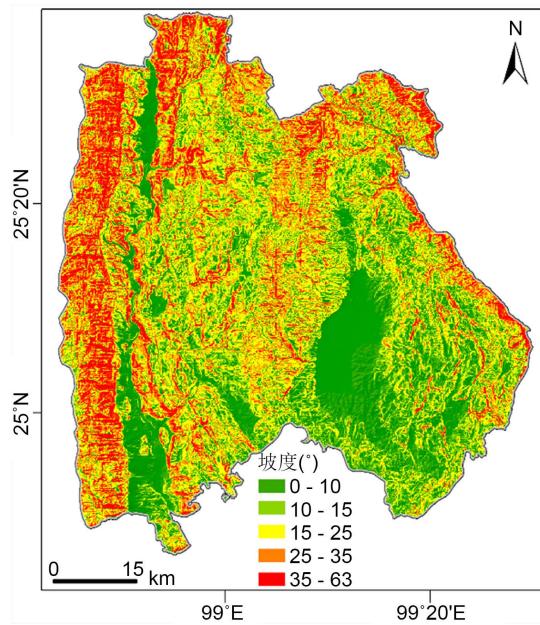


Figure 4. Slope classification of Longyang District
图 4. 隆阳区地形坡度图

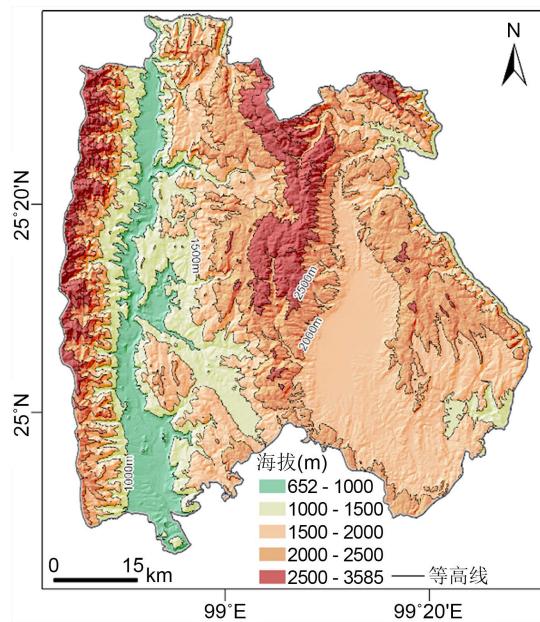


Figure 5. Elevation classification of Longyang District
图 5. 隆阳区地形高程图

Table 3. Land-use transition characteristics across slope gradients (2015~2020)**表3.** 不同坡度等级上的土地利用转移特征(2015~2020年)

坡度等级(°)	主导土地利用类型	主要转移方向	转移强度特征
0~10	耕地、建设用地	耕地→建设用地	高
10~15	耕地、林地	耕地→建设用地/林地	中-高
15~25	林地、草地	耕地→林地、草地	中
≥25	林地、草地	基本无明显转移	低

注：转移强度为基于土地利用分布图与坡度分级图的空间对比分析结果。

Table 4. Land-use structure change characteristics across elevation zones (2015~2020)**表4.** 不同高程带上的土地利用结构变化特征(2015~2020年)

高程带(m)	主导土地利用类型	主要变化特征	变化强度
652~1000	耕地、建设用地	建设用地扩张、耕地减少	高
1000~1500	耕地、林地	耕地向建设用地转化明显	中-高
1500~2000	林地、草地	耕地向林草地转化	中
≥2000	林地、草地	结构稳定，变化有限	低

注：变化强度基于土地利用图与高程分级图的综合空间判读结果。

5. 讨论与结论

本研究通过对隆阳区2015~2020年土地利用变化与景观格局演变的综合分析，揭示了典型山地城市背景下人地关系作用的空间特征及其驱动机制。总体来看，研究期内隆阳区土地利用变化呈现出“耕地收缩、建设用地扩张、生态用地微调”的基本格局，景观结构则相应表现为耕地形态趋于规整、建设用地集聚性显著增强以及水域景观连通性下降等特征。这些变化是城镇化进程、基础设施建设、农业结构调整及生态保护政策等多重因素共同作用的结果[14]。“耕地减少、建设用地增加”这一变化模式在云南其他坝区(如大理坝、昆明坝)及西南丘陵地区的相关研究中具有较强的普遍性，反映了快速城镇化阶段土地利用演变的共性特征[15] [16]。已有研究普遍指出，城镇扩张是坝区边缘优质耕地被占用的主要原因[1]，这一结论与本研究中耕地面积减少的趋势一致。从景观格局响应角度看，耕地斑块数量减少、形状趋于规整的现象，也与建设用地扩张导致耕地被动整合和边缘形态简化的研究结论相吻合[5]。

与此同时，隆阳区土地利用与景观格局演变也表现出显著的区域独特性，突出体现在地形条件对人类活动的深度约束作用上。与东部平原地区连绵式的城市蔓延模式不同[5]，隆阳区作为典型的山地坝区，其建设用地扩张在空间上明显受河谷与盆地地形引导，呈现出“组团式”或“串珠状”分布特征。这一特征与西南丘陵地区建设用地增长受坡度和高程条件显著制约的研究结论高度一致[17]，表明地形因素在山地城市土地利用演变中具有不可忽视的基础性作用。

值得关注的是，本研究发现隆阳区水域景观连通性(COHESION)在研究期内出现明显下降，这一现象不同于水网平原区因围垦或填埋导致水域面积大幅减少的典型机制[18]。在隆阳区，该变化更可能与山区分散式农业灌溉、小型水利设施建设以及局部河道渠化和沟塘改造等人类活动有关。这类活动虽然未显著改变水域面积规模，却在空间结构上对自然水系造成切割，导致水域景观呈现出“形态相对保留、生态功能弱化”的演变特征[19]，是山地人地系统作用下值得警惕的潜在生态风险。在生态用地方面，隆阳区林地和草地景观格局整体保持相对稳定，这与部分生态脆弱区林草地明显退化的研究结果形成对比[14]，在一定程度上反映了近年来天然林保护、退耕还林还草等生态工程的积极成效[20]。但需要指出的是，景观格局的稳定并不必然意味着生态质量的持续提升，未来仍需进一步关注林草地内部结构、生物

多样性及生态系统服务功能的变化趋势[21]。

综合来看，隆阳区的研究表明，在西南山地城市背景下，土地利用与景观格局演变并非单一社会经济驱动的结果，而是在复杂地形条件约束下形成的“地形适配型”演变过程。其变化轨迹既遵循城镇化与经济发展的普遍规律，又深刻烙印了坡度、高程与水文格局等自然地理条件的地域特征。这一认识提示，在山地城市国土空间治理中，必须避免简单套用平原地区的发展模式，而应充分尊重自然地形约束，因地制宜优化空间结构。

基于上述分析，本文提出以下结论与建议：

- (1) 实施“地形适配”的差别化空间管控策略。在坝区及低坡度、低海拔区域，严格落实耕地和永久基本农田保护制度，引导建设用地以集约更新和存量优化为主；在山丘区和中高坡度区域，严守生态保护红线，合理引导建设活动向环境承载力较高的缓坡台地集中，避免对陡坡林草地的无序侵占。
- (2) 推行以生态连通性为核心的水系功能修复。在水域治理中超越单纯的面积控制，重点关注河流廊道、小型水体及湿地之间的空间连通性，通过生态化水利设施改造、河岸缓冲带建设和自然河道保护等措施，遏制水域景观破碎化趋势。
- (3) 构建契合山地本底的国土空间生态网络。将景观格局指数作为识别生态关键区域的重要工具，系统保护生态源地、廊道与节点，构建与“山-坝-河”自然格局相协调的生态安全格局。
- (4) 探索生产-生活-生态协同演进的山区发展路径。在严格保护生态空间和耕地红线的前提下，充分利用地形和气候多样性，科学发展山地特色农业、林下经济与生态旅游，实现土地利用优化与区域高质量发展的协同推进。

参考文献

- [1] 陈静, 左翔, 彭建松, 等. 基于 MSPA 与景观连通性分析的城市生态网络构建——以保山市隆阳区为例[J]. 西部科学学报, 2020, 49(4): 118-124.
- [2] 向雨星. 云南省龙陵县土地利用变化和景观格局梯度分析[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 云南大学, 2019.
- [3] 王永庶, 唐岱, 延相东, 等. 保山市城区景观格局时空变化研究[J]. 西南林业大学学报, 2020, 40(6): 98-106.
- [4] Chen, Y., Jones, C.A., Dunse, N.A., Li, E. and Liu, Y. (2023) Housing Prices and the Characteristics of Nearby Green Space: Does Landscape Pattern Index Matter? Evidence from Metropolitan Area. *Land*, **12**, Article No. 496. <https://doi.org/10.3390/land12020496>
- [5] 吴莉, 侯西勇, 徐新良, 等. 山东沿海地区土地利用和景观格局变化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(5): 207-216.
- [6] 刘琳. 天津市土地利用景观格局梯度分析及区域生态风险评价[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津理工大学, 2015.
- [7] 刘文鹏, 李博, 宋志宏, 等. 基于 CA-Markov 模型的云南自由贸易试验区土地利用和景观格局时空演变分析及模拟预测[J]. 国土与自然资源研究, 2024(1): 22-28.
- [8] 王鹏凯, 刘学录, 高敏, 等. 兰州市土地利用景观格局指数的粒度效应[J]. 甘肃农业大学学报, 2024, 59(3): 253-262.
- [9] 年雁云, 王晓利, 陈璐. 1930-2010 年额济纳三角洲土地利用景观格局变化[J]. 应用生态学报, 2015, 26(3): 777-785.
- [10] 保山市隆阳区志续修编纂委员会. 保山市隆阳区志(1978-2005) [M]. 昆明: 云南人民出版社, 2018.
- [11] 隆阳区人民政府. 隆阳区 2022 年国民经济和社会发展统计公报[Z].
- [12] 云南省地方志编纂委员会办公室. 保山市志[Z].
- [13] Akin, A. and Erdoan, M.A. (2020) Analysing Temporal and Spatial Urban Sprawl Change of Bursa City Using Landscape Metrics and Remote Sensing. *Modeling Earth Systems and Environment*, **6**, 1331-1343. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00766-1>
- [14] 宋冬梅, 肖笃宁, 张志城. 甘肃民勤绿洲的景观格局变化及驱动力分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 535-539.
- [15] 周泽, 全斌, 张海波. 土地利用冲突特征识别及驱动力分析——以滇中城市群为例[J]. 山地学报, 2024(2): 210-224.

-
- [16] 王涛, 张超, 于晓童, 等. 泾海流域土地利用变化及其对景观生态风险的影响[J]. 生态学杂志, 2017, 36(7): 7.
 - [17] 杨桂山. 长江三角洲近 50 年耕地数量变化的过程与驱动机制研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(2): 121-127.
 - [18] Ren, S., Zhao, H., Zhang, H., Wang, F. and Yang, H. (2023) Influence of Natural and Social Economic Factors on Landscape Pattern Indices—The Case of the Yellow River Basin in Henan Province. *Water*, **15**, Article No. 4174. <https://doi.org/10.3390/w15234174>
 - [19] 李克让, 陈育峰, 黄政, 等. 气候变化对土地覆被变化的影响及其反馈模型[J]. 地理学报, 2000, 55(51): 57-63.
 - [20] 李传君. 守住耕地红线, 建设更多“良”田[J]. 农民日报中央级, 2022, 15(2): 134-141.
 - [21] “中国全球变化中的土地利用问题”学术研讨会在北京举行[J]. 资源科学, 1996(6): 80.