

引用格式: 付爱铃, 李智国. 山区土地利用空间冲突测度及传导机制的情景分析——以云南省为例[J]. 山地学报, 2025, 43(1): 59-71.

FU Ailing, LI Zhiguo. Scenario analysis of land use spatial conflict and transmission mechanisms in mountainous regions: A case study of Yunnan Province, China [J]. Mountain Research, 2025, 43(1): 59-71.

山区土地利用空间冲突测度及传导机制的情景分析 ——以云南省为例

付爱铃, 李智国*

(云南财经大学 a. 财政与公共管理学院; b. 云南省高校高原山地土地利用重点实验室, 昆明 650221)

摘要: 山地国土空间冲突的“垂直梯度分异 + 多尺度耦合”特征在高原山区表现尤为显著。因其空间分布的广泛多样性和问题求解的高度复杂性, 已成为制约山区省份新时代山地城镇建设的关键因素。当前研究大多聚焦于土地利用空间冲突的时空演变特征, 而针对未来冲突的预测性分析相对匮乏, 且研究区域多局限于经济发达的平原城市圈, 对山区土地利用空间冲突的传导机制探讨不足。本研究选取典型的低纬度高原山区省份——云南省作为研究对象, 综合运用 GeoSOS-FLUS 模型、土地利用空间冲突综合指数模型以及空间自相关方法, 对云南省的土地利用空间冲突强度进行测度与预测。研究结果显示: (1) 2020 年, 云南省的中度冲突 ($0.72 \leq CS < 0.82$) 和严重冲突 ($0.82 \leq CS \leq 1$) 区域主要集中在滇中城市群、边境沿线的城市圈以及产业集群区。与 2020 年的冲突现状相比, 至 2030 年, 在设定的所有情景下, 云南省超过 89% 的土地利用空间冲突区域将属于可控型冲突 ($0 \leq CS < 0.72$), 且这些可控型冲突主要分布在高海拔山区; 而强冲突 ($0.72 \leq CS \leq 1$) 区域则与坝区的分布高度一致。(2) 山区土地利用空间冲突呈现出横向与纵向两种发展趋势。在横向上, 坝区的用地压力将进一步增大; 在纵向上, 受空间溢出效应的影响, 冲突类型的边界将逐渐向更高海拔、地形相对平缓的山区扩展。在山区土地开发利用过程中, 生态约束虽能在一定程度上缓解空间冲突, 但有效的解决策略还需依赖于“山-坝”协同治理的成功耦合。本研究不仅可以为深入探究高原山区土地利用空间冲突的传导机制提供理论支持, 同时也可以为寻求山区特有的土地开发利用模式奠定基础。

关键词: 土地利用空间冲突; 山区; 冲突求解; 云南省

中图分类号: F301.2

文献标志码: A

由于土地利用的多宜性, 不同利益主体在利用土地资源、土地资产与土地空间时形成的不协调状态, 被定义为土地利用空间冲突。这种冲突可导致生态环境与社会经济之间关系失调, 进而引发由土地利用负外部性所带来的邻域干扰和矛盾。土地利用空间冲突因其判别复杂性、空间分布多样性以及求解难度高, 已成为国土空间规划优化和土地资源调控的重点内容。识别土地利用空间冲突类型及其

在多种情景下的特征, 探索冲突求解路径, 对协调与优化国土空间资源、实现可持续利用具有重要意义。

学界围绕土地利用空间冲突研究已形成较完善的理论与方法体系。研究焦点涵盖了土地利用空间冲突的概念和内涵^[1-3]、表现形式与类型^[4-7]、利益相关者分析^[8-9]、冲突识别与强度诊断^[3, 10-12]、时空演变及其驱动机制^[13-15], 以及冲突解决措施^[16-18]等多个方面。在冲突测度方面, 主要形成了

收稿日期 (Received date): 2024-09-04; 改回日期 (Accepted date): 2025-02-10

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金 (41461113)。[National Natural Science Foundation of China (41461113)]

作者简介 (Biography): 付爱铃 (1998-), 女, 四川成都人, 硕士研究生, 主要研究方向: 土地利用与规划。[FU Ailing (1998-), female, born in Chengdu, Sichuan Province, M. Sc. candidate, research on land use and planning] E-mail: 2310102158@qq.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 李智国 (1977-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 土地资源管理。[LI Zhiguo (1977-), male, Ph. D., professor, research on land use management] E-mail: ZZ1225@ynufe.edu.cn

两种主流方法:一是景观格局法,该方法借助景观生态学中的生态风险评价模型,构建了土地利用空间冲突综合指数^[19-23],用于显现冲突的定量测度以及时空演变特征分析,具有数据易获取、客观性强、冲突区域定位准确等优势,但忽略了社会经济等因素对冲突的影响^[24];二是适宜性评价法^[25-27],该方法综合考虑了自然地理与社会经济因素,具有全面性,但在指标选取上存在一定的主观性。

在技术路径上,GeoSOS-FLUS 模型^[28]、PLUS 模型^[29]、CLUE-S 模型^[30]已被应用于土地利用多情景模拟,其研究尺度也拓展至省^[31]、市^[32]、县^[33]、城市群^[34]、特殊地貌区^[25]、农牧交错带^[19]等多个层面。然而,现有研究大多聚焦于东部发达城市或平原地区,对中国西南山区的土地利用空间冲突关注不足,且多集中于冲突现状的强度分析与时空演变特征探讨,对未来冲突的预测分析相对匮乏。在研究方法上,多模型的综合集成应用及其在典型区域的实践探索仍有待加强。

云南是典型的低纬度高原山区省份,在国土空间规划与山区综合开发战略驱动下,其区域空间冲突呈现“垂直梯度分异”与“多尺度耦合”的复合特征,土地利用空间冲突演化具有特殊研究价值:(1)地貌组合复杂,垂直分异显著,土地利用构成立体空间格局;(2)生态-生产矛盾突出,用地结构逐渐失衡;(3)战略定位特殊,承担民族团结示范区、生态文明排头兵与南亚东南亚辐射中心三重使命。

本研究以云南省为例,从土地利用空间冲突的视角出发,运用 GeoSOS-FLUS 模型,模拟 2030 年在“一切照旧”“经济优先”“生态保护”三种情境下的土地利用格局;借助生态风险理论构建土地利用空间冲突综合指数模型;对云南省 2020 年及 2030 年三种情景下的土地利用空间冲突进行整体表征。本研究旨在探究高原山区与坝区之间土地利用空间冲突的传导路径,科学预测冲突的演变趋势,并为寻求高原山区土地利用空间冲突的解决方案提供理论依据与实践参考。

1 区域概况与研究方法

1.1 研究区概况

云南省(21°08'~29°15'N,97°31'~106°11'E)地处中国西南边陲,横跨第一、第二级阶梯过渡带,

地形起伏显著,海拔高差达 6663.6 m,形成“高山峡谷-高原坝区-干热河谷”的立体地貌格局。省域总面积 $38.3 \times 10^6 \text{ km}^2$,其中山地、高原占比 94%,坝区仅 6%,属于典型低纬度高原山区^[35](图 1)。现有研究表明^[35-37],云南省坝区(坡度 $\leq 8^\circ$)集中分布于滇中、滇东高原盆地及西部、西北部宽谷地带,山区(坡度 $> 8^\circ$)则广泛覆盖高原和丘陵区。属亚热带高原季风型气候,水系分属长江、珠江等六大水系,生物多样性占全国的 50% 以上,森林覆盖率达 55.25%,为全球生物多样性热点区域之一。地势自西北向东南呈阶梯式下降,不同海拔带土地利用模式差异显著:高海拔区($> 2500 \text{ m}$)以林地、草地为主,生态保护压力突出;中海拔坝区($1500 \sim 2500 \text{ m}$)耕地与建设用地密集,生产-生态矛盾尖锐;低海拔河谷($< 1500 \text{ m}$)则面临区域发展与水土流失、环境污染等多重挑战,国土空间资源竞争利用与冲突呈现“水平蔓延”与“垂直扩散”复合特征。作为国家“一带一路”南向门户,云南省需统筹民族团结示范区、生态文明排头兵与南亚、东南亚辐射中心三重使命,其国土空间开发在边疆稳定与发展、跨境合作与生态屏障功能间的平衡,进一步加剧了“山-坝”系统空间冲突的复杂性。

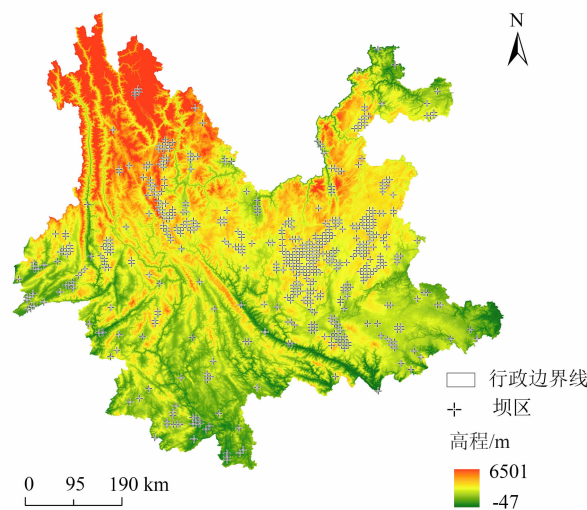


图 1 研究区域概况

Fig. 1 Overview of the study area

1.2 数据来源及处理

本研究所使用的 2010 年、2020 年云南省土地利用数据、归一化植被指数(NDVI)、道路网、自然保护区、人均 GDP、夜间灯光指数、水系等数据来自资

源环境科学与数据平台 (<https://www.resdc.cn/>); 人口密度 (POP) 数据来源于 World Pop (<https://www.worldpop.org/>); 高程 (DEM) 数据来源于地理空间数据云 (<https://www.gscloud.cn/search>)。土地利用数据包含 6 个一级类和 25 个二级类, 一级分类制图综合精度达 95.53% (Kappa 值为 0.937), 二级分类制图综合精度均在 90% 以上, 满足省域尺度研究的需要。高程和坡度由 DEM 提取。为消除粒度效应, 研究以 30 m 为间隔, 对比 30 ~ 360 m 分辨率景观格局指数损失度, 最终选用 300 m × 300 m 栅格数据 (行列数: 2949 × 3033), 与 GeoSOS-FLUS 模型中各类数据分辨率和行列数保持一致。

1.3 研究思路与方法

1.3.1 研究思路

研究框架如图 2 所示, 具体流程包括: (1) 整合土地利用与土地覆盖变化 (Land-Use and Land-Cover Change) 与驱动因子数据, 调试 GeoSOS-FLUS 模型参数; (2) 设置“一切照旧”“经济优先”“生态保护”三种情景邻域权重, 生成 2030 年土地利用栅格; (3) 基于 Fragstats4.2 测算外部压力、脆弱性及稳定性指数, 构建土地利用空间冲突综合指数模型; (4) 对比 2020 年与 2030 年冲突演变特征, 绘制传导机制图并提出对策。

1.3.2 GeoSOS-FLUS 模型

模型通过土地类型竞争、转换成本、邻里密度和惯性系数模拟真实土地利用变化^[38]。

(1) 适宜性概率分布模拟

采用人工神经网络 (Artificial Neural Network) 计算土地利用适用性概率, 计算公式如下:

$$p(p, k, t) = \sum_j w_{j,k} \times \text{sigmoid}(\text{net}_j(p, t)) \quad (1)$$

$$\text{sigmoid}(\text{net}_j(p, t)) = \frac{1}{1 + e^{-\text{net}_j(p, t)}}$$

$$\text{net}_j(p, t) = \sum_i w_{i,j} \times x_i(p, t)$$

式中, p, k, t 为栅格 p 在 t 时刻出现 k 土地类型的概率; $w_{j,k}$ 为隐藏层和输出层的自适应权重; $\text{sigmoid}(\text{net}_j(p, t))$ 为隐藏层与输出层的关联函数; $\text{net}_j(p, t)$ 为 j 输入层上栅格 p 在 t 时间向神经元 j 发送的信号, 即 t 时间第 j 类土地中的栅格 p 发生变化的强度; $w_{i,j}$ 为输入层和隐藏层之间的自适应权重; $x_i(p, t)$ 为 t 时刻变量 i 与输入层神经元 i 中栅格 p 的关系函数。

(2) 驱动因子和邻域权重确定

参考已有研究^[39]并结合研究区特征, 选取高程、坡度、NDVI 等 10 个驱动因子 (表 1), 结合《云南省国土空间规划 (2021—2035 年)》^[40] 和《云南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》^[41], 设置三种情景:

一切照旧: 延续历史发展趋势。

经济优先情景: 强化建设用地扩张。

生态保护情景: 限制自然保护区内用地转化, 适当加强耕地、经济功能区建设用地的扩张。

邻域权重经与 2010—2020 年土地利用转移矩阵中的转换概率、规划文件和已有研究^[42] 校准, 反映各地类扩张强度, 其值为 0 ~ 1 (表 2)。

1.3.3 土地利用空间冲突综合指数构建

基于“风险源-风险受体-风险效应”生态风险评估概念模型^[43-45] 构建空间冲突指数 (CS)。其中, 风险源是指能够引发风险事件的因素或条件, 以外部压力指数 (PI) 衡量; 风险受体是指可能受到风险源影响的对象或群体, 以空间脆弱性指数 (VI) 衡量; 风险效应是指风险源对风险受体造成的实际影响或结果, 以空间稳定性指数 (SI) 衡量, 以上数据均作标准化处理, 计算公式如下:

$$CS = PI + VI - SI \quad (2)$$

(1) PI 以面积加权平均分维数 (Area-weighted Mean Patch Fractal Dimension) 测量景观斑块空间形

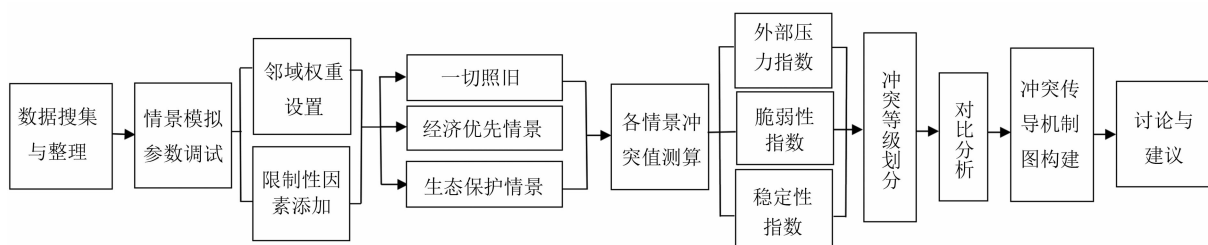


图 2 研究思路图

Fig. 2 Map of the research ideas

表 1 土地利用模拟驱动因子及限制因素
Tab. 1 Land use modelling drivers and constraints

数据类型	数据名称	描述
自然地理驱动因子	高程	各栅格的高程值
	坡度	各栅格的坡度值
	归一化植被指数	各栅格的 NDVI
社会经济驱动因子	人口密度	各栅格的人口密度
	人均 GDP	各栅格的 GDP
	夜间灯光指数	各栅格的夜间灯光指数
可达性驱动因子	距离省道的距离	各栅格中心距最近省道的距离
	距离国道的距离	各栅格中心距最近国道的距离
	距离铁路的距离	各栅格中心距最近铁路的距离
	距离河流的距离	各栅格中心距最近河流的距离
限制性因素	开放性水面	水域矢量面数据
	自然保护区	保护区矢量面数据

表 2 土地利用变化模拟邻域权重参数
Tab. 2 Neighbourhood weighting parameters for land use change simulation

年份	情景	权重参数					
		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2020 年	土地利用现状	0. 50	0. 50	0. 50	0. 50	0. 70	0. 70
	一切照旧	0. 50	0. 50	0. 50	0. 50	0. 70	0. 20
2030 年	经济优先情景	0. 55	0. 55	0. 43	0. 60	0. 94	0. 20
	生态保护情景	0. 50	0. 85	0. 65	0. 75	0. 70	0. 20

状复杂性,该值越大斑块越复杂,产生土地利用空间冲突的可能性越大^[46]计算公式如下:

$$PI = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\frac{2\ln(0.25P_{ij})}{\ln(a_{ij})} \left(\frac{a_{ij}}{A} \right) \right] \quad (3)$$

式中, m 和 n 分别为空间评价单元总数和空间类型总数; ij 为第 i 个空间单元内第 j 种空间类型; P_{ij} 和 a_{ij} 分别为空间单元斑块周长和空间单元斑块面积; A 为各地类空间单元总面积。

(2) VI 用以衡量景观斑块受到人类活动影响时产生破坏的难易程度,反映景观的抗干扰能力^[19],计算公式如下:

$$VI = \sum_{j=1}^n \left(F_i \cdot \frac{a_i}{S} \right) \quad (4)$$

式中, n 为景观类型总数; F_i 为不同地类景观的脆弱性指数,不同土地利用类型抵抗外部压力的能力存在较大差异,依据现有研究^[46-47] 确定为:林地 1、

草地为 2、耕地为 3、水域为 4、未利用地为 5、建设用 地为 6; a_i 为各地类景观面积; S 为总面积。

(3) SI 通过景观破碎度指数(B_i)来衡量^[41],公 式如下:

$$B_i = 1 - \frac{PD - PD_{\min}}{PD_{\max} - PD_{\min}} \quad (5)$$

$$PD = \frac{n_i}{A} \quad (6)$$

式中, PD 为斑块密度; n_i 为土地利用类型 i 的斑 块数。

借助 Fragstats4.2 软件测度土地利用空间冲突 水平。其中,渔网设置参考现有研究^[46],并对比 2 km×2 km,4 km×4 km,6 km×6 km,8 km×8 km, 10 km×10 km 渔网冲突值空间特征和空间自相关 性,选用 6 km×6 km 网格作为评价单元,并将研究 区边界因未填满 1/3 单位面积而造成景观格局指数

无法测度的网格舍弃。借鉴冲突倒“U”型曲线模型^[48],按累积频率将CS划分为完全可控[0, 0.46)、基本可控[0.46, 0.59)、轻度冲突[0.59, 0.72)、中度冲突[0.72, 0.82)和严重冲突[0.82, 1] 5个等级。

1.3.4 空间自相关指数

采用全局与局部莫兰指数解析冲突空间集聚特征。计算公式如下:

$$I_{\text{Global Moran}} = \frac{k \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \omega_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \omega_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

(7)

$$I_{\text{Local Moran}} = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j=1}^k \omega_{ij} (x_j - \bar{x})$$

(8)

式中, $I_{\text{Global Moran}}$ 为全局莫兰指数; $I_{\text{Local Moran}}$ 为局部莫兰指数; k 为地理空间单元的总和; x_i 和 x_j 分别为地理

单元*i*和*j*处的土地利用空间冲突值; \bar{x} 为地理单元观测值的平均值; ω_{ij} 为空间权重矩阵的元素,表示地理单元*i*和*j*之间的空间关系强度。

2 结果与分析

2.1 多情景下的土地利用变化特征

基于GeoSOS-FLUS模型模拟的云南省2030年土地利用变化结果(图3),不同情景下建设用地与水域面积均呈增长趋势(表3)。从局部变化特征来看,一切照旧情景中,由于缺乏生态保护约束,社会经济发展对建设用地的需求仍较旺盛,耕地非农化、非粮化趋势未受遏制,滇中地区建设用地和耕地的扩张较为明显。经济优先情景下,建设用地增速最快(主要源于林地和草地的转化),滇中城市群扩张

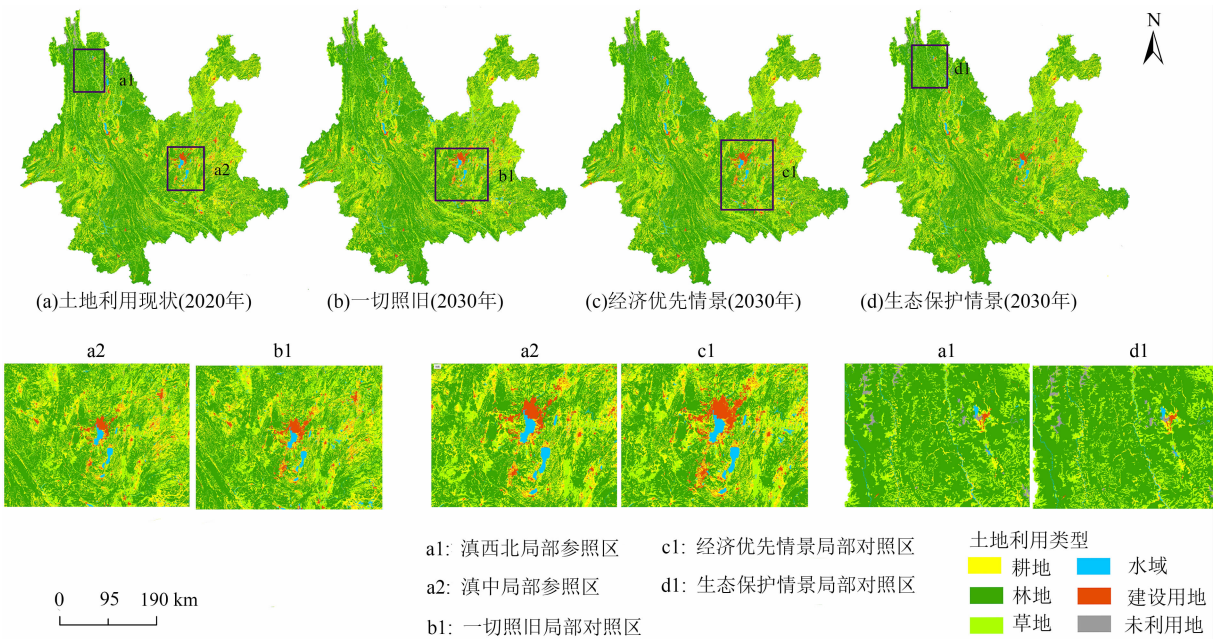


图3 2030年云南省多情景土地利用变化模拟结果

Fig. 3 Simulated land use changes under multi-scenarios in Yunnan Province (2030)

表3 2030年各情景下云南省土地利用类型栅格数量

Tab. 3 Number of land use rasters in Yunnan Province under multi-scenarios (2030)

情景	渔网网格数/个					
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
土地现状	749 285	2 440 930	953 968	42 387	52 682	17 298
一切照旧	741 046	2 435 173	949 206	49 909	64 170	17 057
经济优先	739 650	2 434 683	948 673	49 879	66 621	17 055
生态保护	743 839	2 437 635	951 897	54 241	58 245	17 052

尤为突出。生态保护情境则通过坡耕地退耕还林(草)等措施,显著提升水域面积,抑制耕地与林草地减少,进而对生态保护产生积极影响。上述结果揭示两点规律:其一,无论何种情景或发展模式,建设用地扩张是区域经济发展的必然需求,但一切照旧与经济优先情景将加剧土地利用结构失衡,形成横向冲突(水平蔓延)的内生驱动力;其二,生态保护情景通过限制地类转化,可缓解冲突强度,促进土地利用格局稳定。

2.2 多情景土地利用空间冲突特征

土地利用空间冲突综合指数模型显示(图4),云南省2020年冲突以完全可控(36.19%)、基本可控(32.93%)为主,中度(6.09%)与严重冲突(1.34%)集中于滇中城市群及边境坝区,与国土空间规划确定的“滇中崛起、沿边开放、滇东北开发、滇西一体化”战略核心区高度重叠(表4)。进一步对比云南省坝区划定成果,发现强冲突区($0.72 \leq CS \leq 1$)的分布与坝区的分布高度一致,表明坝区是云南省土地利用空间冲突强度最突出的区域,社会经济发展对土地资源的竞争利用程度在急剧加深。

通过进一步比较发现:

(1)冲突强度与情景政策显著相关。经济优先情景下,中度及以上冲突区占比升至10.09%(三种情景中最高),生态保护情景则降至7.14%,适当的生态保护措施能缓解冲突(表4)。

(2)空间分布具有地形梯度依赖性。高程和坡度严重影响云南省土地利用空间冲突类型边界变动。强冲突区(图5)集中于坝区平坦地带,此类区域属于城市建设区、产业开发区以及农业耕作区,人口密度大,景观结构复杂,破碎化程度以及脆弱性较

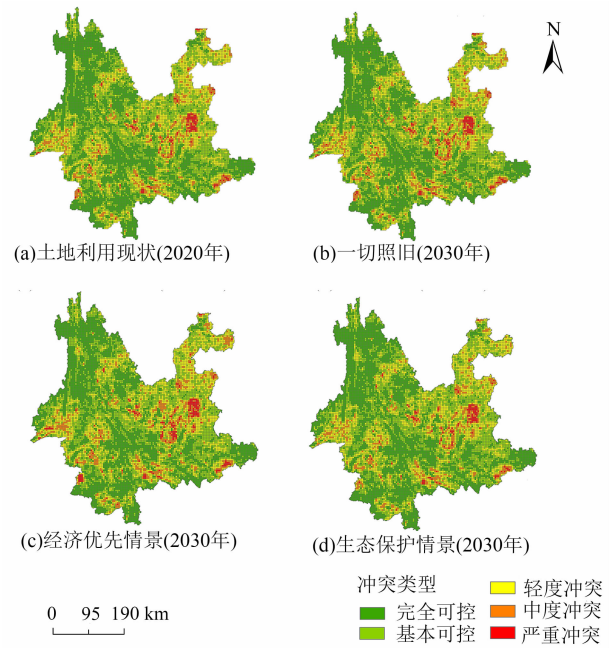


图4 云南省土地利用冲突空间格局
Fig. 4 Spatial patterns of land use conflicts in Yunnan Province

高。弱冲突区分布于高海拔山区($>2500\text{ m}$),此类地区主要以林地、草地、未利用地为主,人类活动干扰较小,脆弱性指数较低。

(3)冲突演化呈现“水平蔓延”与“垂直扩散”双向传导复合特征。横向维度上,以滇中地区为例,滇中坝区冲突均值在经济优先情景下升至0.596(三种情景中最大),生态保护情景仅升至0.553(三种情景中最小)(图6)。这表明未来土地利用空间冲突在横向上将表现为坝区内部冲突强度升级,而生态保护措施仅能起到一定的缓解作用,无法从根本上解决土地利用空间冲突问题;纵向维度上,三种情景下,严重冲突区所在的高程均值均有升高(经济优先情景下增长最大),强冲突区呈现出向高海拔缓坡区迁移趋势(图5)。同时,三种情景下的坡

表4 云南省土地利用空间冲突等级分布

Tab. 4 Spatial conflict levels of land use in Yunnan Province

冲突等级	2020 年		一切照旧(2030 年)		经济优先(2030 年)		生态保护(2030 年)	
	渔网个数/个	占比/%	渔网个数/个	占比/%	渔网个数/个	占比/%	渔网个数/个	占比/%
完全可控	3821	36.19	3679	34.85	3265	30.39	3956	37.47
基本可控	3476	32.93	3427	32.46	3258	30.86	3386	32.07
轻度冲突	2476	23.45	2551	24.16	3026	28.66	2462	23.32
中度冲突	643	6.09	721	6.83	791	7.49	619	5.86
严重冲突	141	1.34	179	1.70	217	2.06	134	1.27

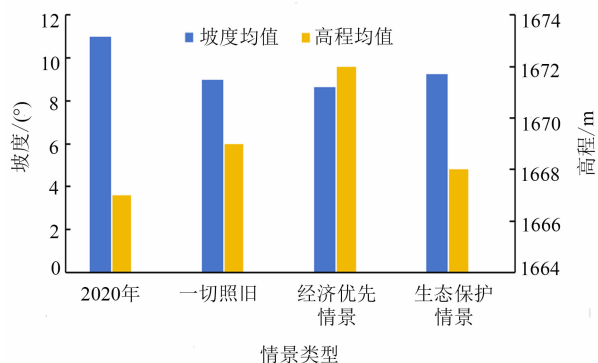


图5 强冲突区地形因子变化

Fig. 5 Terrain factor changes in the high-conflict zones

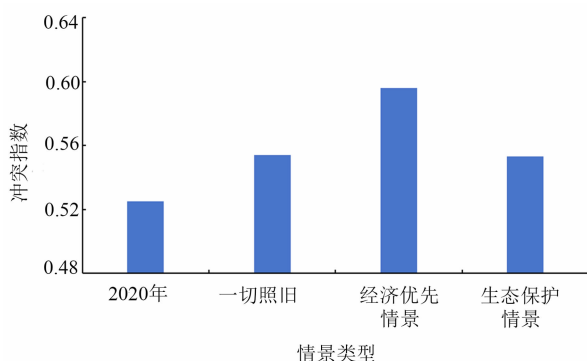


图6 各情景下滇中坝区冲突均值变化

Fig. 6 Changes in the mean values of conflict in the dam area of central Yunnan under various scenarios

度均值均在下降,表明受空间溢出效应影响加剧,未来强冲突区边界线将在纵向上进一步向高海拔山区相对平缓的地形区移动,加剧山区生态压力。

2.3 空间集聚特征

全局 Moran's I 指数显示(表5),各情景下土地利用空间冲突均呈显著空间正相关($I = 0.75$, $P < 0.001$)。ArcGIS 10.8 冷热点分析结果显示(图7),云南省不同情景下土地利用空间冲突局部特征

表现为:第一,热点区(高-高聚集)集中于滇中城市群等强冲突集中连片地区,冷点区(低-低聚集)分布于滇西北、滇东南和滇西南山区,此类区域以山地为主,海拔较高,坡度较大,土地利用复杂程度低,开发利用难度大,人类活动强度较弱。第二,经济优先情景下,热点区面积较生态保护情景扩大0.98%,表明高强度开发加剧空间冲突的极化(图8)。生态保护情景下,高-高聚集面积与另两种情景相比分别下降了0.49%和0.98%,低-低聚集区面积比经济优先情景增加2.15%,此种情景在滇西北高山峡谷区呈现出集中连片聚集态势尤为明显。

表5 各情景全局自相关结果

Tab. 5 Scenario-wide self-relevant results

情景	Moran's I	统计量 Z	P 值
2020 年	0.75	107	0.00
一切照旧 (2030 年)	0.75	107	0.00
经济优先 (2030 年)	0.75	110	0.00
生态保护 (2030 年)	0.75	110	0.00

3 山区土地利用空间冲突传导机制分析

如前所述,云南省土地利用空间冲突的传导机制表现为横向结构升级与纵向边界扩散的双重路径(图9),其演化过程受自然地理环境条件与人类活动等多尺度耦合作用驱动。水平维度上,表现为坝区内部各功能用地之间竞争利用的结构性矛盾,尤其是建设用地扩张与生态用地收缩持续激化,形成“开发强度升高—景观稳定性下降—冲突升级”的负反馈机制。以滇中城市群为例,经济优先情景下坝区土地利用空间冲突指数均值较2020年有所增

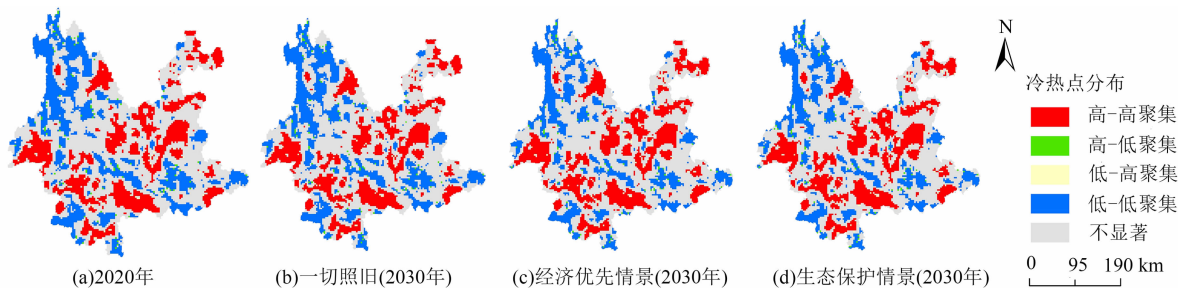


图7 云南省土地利用空间冲突冷热点分布

Fig. 7 Cold/hot spots of the land use spatial conflicts in Yunnan Province

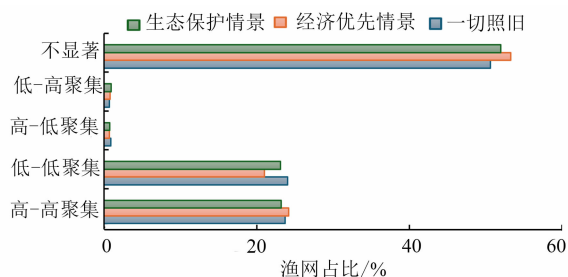


图8 土地利用空间冲突局部自相关面积统计图

Fig. 8 Statistical map of the localized autocorrelation areas of the land-use spatial conflict

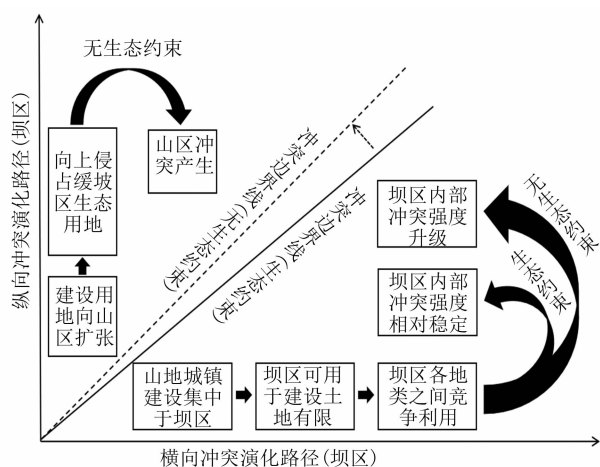


图9 山地地区土地利用空间冲突传导机制

Fig. 9 Mechanisms for the formation of spatial conflicts over land uses in mountainous areas

长,凸显国土空间资源竞争利用的结构性矛盾。垂直维度上,受坝区土地承载极限与地形约束,冲突边界由坝区向高海拔缓坡带(坡度 $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$)移动,经济优先情景下强冲突区平均高程上升5 m、坡度均值下降 0.8° ,表明建设用地沿低阻地形向高海拔低丘缓坡区渗透趋势显著。这一过程同时体现多尺度交互特征:局地尺度上,坝区用地竞争直接驱动冲突升级;区域尺度上,垂直梯度分异促使冲突沿高山峡谷区—坝区—河谷区地形廊道扩散,水平蔓延与垂直扩散双向传导,交互影响。政策尺度上,生态保护情景尽管能够促使高海拔地区冲突强度下降,保持坝区各地类之间相对平衡,维持区域内部冲突强度和等级,以及坝区与山区之间空间冲突边界线相对稳定,但未能阻断坝区开发—山区受压传导机制。由此表明,云南省山区和坝区土地利用空间冲突治理需超越单一政策工具,构建山-坝协同机制,以实现人地关系可持续优化。

4 讨论与结论

4.1 讨论

云南土地利用空间冲突的时空演变特征与全国平原地区的研究成果具有相似性,即冲突程度随开发强度升高而加剧,且空间分布极不平衡^[33, 49]。然而,山区省份的独特地形地貌赋予了其冲突演化特殊的三维立体传导特征——冲突不仅沿水平方向蔓延,更依托垂直梯度分异向高海拔区域扩散。这一现象与平原地区二维平面冲突模式形成鲜明对比,凸显了山区人地系统的多样性和复杂性。

本研究初步提出了“山-坝冲突边界线”概念,揭示了地形约束与政策干预对冲突传导的协同调控作用。这一结果与已有研究关于坝区划定及其冲突分布特征^[35, 50],以及云南典型区域土地利用冲突研究的结果^[36, 50-52]一致,且进一步从多尺度耦合视角阐明了“地形梯度-政策响应-冲突传导”的交互机制。然而,当前研究对“山-坝”系统冲突分界线的量化界定尚未深入,尽管基于多情景模拟揭示了冲突边界的动态迁移特征,但如何科学结合山区地形地貌特征与土地利用模式、生态脆弱性、人地关系等构建分界线量化模型,仍需进一步探索。

针对前述云南省土地利用空间冲突特征和多情景预测结果及传导机制,提出山区土地利用空间冲突求解建议。

(1)空间分类治理。坝区需严守“三线”(耕地保护红线、生态保护红线、城镇开发边界),有序实施“五级三类四体系”,以及“山、水、林、田、湖、草、沙、城”全要素、精细化管控,有效推进空间治理和用途管控战略布局精准落地,通过土地集约、节约利用缓解横向冲突;高海拔山区应重点实施生态型、环境友好型发展模式,推行“生态银行”、生态产品价值核算等价值转化机制,将提升森林覆盖率与碳汇能力纳入补偿标准,抑制冲突纵向扩散。

(2)协调发展路径。在垂直梯度上,建立高山生态保护区-中海拔协调带-低海拔优化区的分层管控体系,限制坡度大于 15° 区域的开发活动;在政策协同上,需整合生态保护与乡村振兴战略,探索保护-开发平衡机制,促进生态产品价值到核心资产的转化,避免形成“山-坝”之间冲突相互传导的恶性模式。

4.2 结论

本研究基于 GeoSOS-FLUS 模型、土地利用空间冲突指数模型和空间自相关方法对云南省山-坝区的土地利用空间冲突指数进行测度,并进一步探究了多情景下冲突的演化机制,结果表明。

(1) GeoSOS-FLUS 模型、土地利用空间冲突指数模型和空间自相关方法的综合运用,能够较好模拟、预测和识别云南省不同情境下的土地利用空间冲突时空特征,并能揭示冲突产生的内在原因。

(2) 三种情景下,云南省 89% 区域均属可控冲突类型,但坝区冲突强度显著高于山区。

(3) 未来云南省土地利用空间冲突将呈现横向加剧、纵向扩散的态势,生态保护措施可在一定程度上缓解冲突但无法根治,冲突求解取决于云南省山区与坝区之间的协调发展模式和路径的优化和成功耦合。

参考文献 (References)

- [1] 周德, 徐建春, 王莉. 近 15 年来中国土地利用冲突研究进展与展望[J]. 中国土地科学, 2015, **29**(2): 21–29. [ZHOU De, XU Jianchun, WANG Li. Process of land use conflict research in China during the past fifteen years [J]. China Land Sciences, 2015, **29**(2): 21–29] DOI: 10.13708/j.cnki.cn11-2640.2015.02.003
- [2] 王健, 刘欣雨. 基于“风险-效应”的土地利用空间冲突识别与测度[J]. 农业工程学报, 2022, **38**(12): 291–300. [WANG Jian, LIU Xinyu. Recognizing and measuring spatial conflict of land use via “risk-effect” [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, **38**(12): 291–300] DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.12.033
- [3] 于伯华, 吕昌河. 土地利用冲突分析: 概念与方法[J]. 地理科学进展, 2006, **25**(3): 106–115. [YU Bohua, LYU Changhe. The progress and prospect of land use conflicts [J]. Progress in Geography, 2006, **25**(3): 106–115] DOI: 10.11820/dlkxjz.2006.03.013
- [4] HUA Limin, SQUIRES V R. Managing China's pastoral lands: Current problems and future prospects [J]. Land Use Policy, 2015, **43**: 129–137. DOI: 10.1016/j.landusepol.2014.11.004
- [5] 方创琳, 刘海燕. 快速城市化进程中的区域剥夺行为与调控路径[J]. 地理学报, 2007, **62**(8): 849–860. [FANG Chuanglin, LIU Haiyan. The spatial privation and the corresponding controlling paths in China's urbanization process [J]. Journal of Geography, 2007, **62**(8): 849–860]. DOI: 10.3321/j.issn:0375-5444.2007.08.007
- [6] 王秋兵, 郑刘平, 边振兴, 等. 沈北新区潜在土地利用冲突识别及其应用[J]. 农业工程学报, 2012, **28**(15): 185–192. [WANG Qiubing, ZHENG Liuping, BIAN Zhenxing, et al. Potential land use conflict identification and its application in Shenbei New District [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, **28**(15): 185–192] DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.15.030
- [7] 王爱民, 马学广, 闫小培. 基于行动者网络的土地利用冲突及其治理机制研究——以广州市海珠区果林保护区为例[J]. 地理科学, 2010, **30**(1): 80–85. [WANG Aimin, MA Xueguang, YAN Xiaopei. Land use conflicts and their governance mechanics on actors network theory: A case of fruit tree protection zone of Haizhu District, Guangzhou City [J]. Scientia Geographica Sinica, 2010, **30**(1): 80–85] DOI: 10.13249/j.cnki.sgs.2010.01.020
- [8] 李占军, 刁承泰. 西南丘陵地区土地资源利用的冲突与协调——以重庆江津区为例[J]. 水土保持研究, 2009, **16**(2): 239–244 + 248. [LI Zhanjun, DIAO Chengtai. Land resource conflicts and coordination in hilly area of southwestern China: A case study of Jiangjin District, Chongqing [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2009, **16**(2): 239–244 + 248]
- [9] 马学广, 王爱民, 闫小培. 城市空间重构进程中的土地利用冲突研究——以广州市为例[J]. 人文地理, 2010, **25**(3): 72–77. [MA Xueguang, WANG Aimin, YAN Xiaopei. A study on land use conflicts in the urban spatial reconstruction process: A case study of Guangzhou City [J]. Human Geography, 2010, **25**(3): 72–77] DOI: 10.13959/j.issn.1003-2398.2010.03.016
- [10] 杨永芳, 朱连奇. 土地利用冲突的理论及诊断方法[J]. 资源科学, 2012, **34**(6): 1134–1141. [YANG Yongfang, ZHU Lianqi. The theory and diagnostic methods of land use conflicts [J]. Resource Science, 2012, **34**(6): 1134–1141]. DOI: 10.3969/j.issn.1003-2363.2012.05.035
- [11] 杨永芳, 安乾, 朱连奇. 基于 PSR 模型的农区土地利用冲突强度的诊断[J]. 地理科学进展, 2012, **31**(11): 1552–1560. [YANG Yongfang, AN Qian, ZHU Lianqi. Diagnosis based on the PSR model of rural land-use conflicts intensity [J]. Progress in Geoscience, 2012, **31**(11): 1552–1560] DOI: 10.11820/dlkxjz.2012.11.017
- [12] 周德, 徐建春, 王莉. 环杭州湾城市群土地利用的空间冲突与复杂性[J]. 地理研究, 2015, **34**(9): 1630–1642. [ZHOU De, XU Jianchun, WANG Li. Land use spatial conflicts and complexity: A case study of the urban agglomeration around Hangzhou Bay, China [J]. Geography Research, 2015, **34**(9): 1630–1642] DOI: 10.11821/dlyj201509003
- [13] 刘巧芹, 赵华甫, 吴克宁, 等. 基于用地竞争力的潜在土地利用冲突识别研究——以北京大兴区为例[J]. 资源科学, 2014, **36**(8): 1579–1589. [LIU Qiaolin, ZHAO Huaifu, WU Kening, et al. Identifying potential land use conflict based on competitiveness of different land use types in Beijing, China [J]. Resource Science, 2014, **36**(8): 1579–1589]

- [14] 闵婕, 汪洋, 白茹月, 等. 基于多目标适宜性的山地城市土地利用潜在冲突研究——以重庆市綦江区为例[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2018, **35**(3): 82 – 89 + 150. [MIN Jie, WANG Yang, BAI Ruyue, et al. The research on identification of land use potential conflict based on multiobjective suitability evaluation on mountainous city: A case study of Qijiang District of Chongqing Municipality [J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2018, **35**(3): 82 – 89 + 150] DOI: 10.11721/cqnj20180307
- [15] SHAN Liping, YU A T W, WU Yuzhe. Strategies for risk management in urban-rural conflict: Two case studies of land acquisition in urbanising China [J]. Habitat International, 2017, **59**: 90 – 100. DOI: 10.1016/j.habitatint.2016.11.009
- [16] 杨永芳, 刘玉振, 朱连奇. 土地利用冲突权衡的理论与方法[J]. 地域研究与开发, 2012, **31**(5): 171 – 176. [YANG Yongfang, LIU Yuzhen, ZHU Lianqi. Theories and methods on trade-offs of land-use conflicts [J]. Areal Research and Development, 2012, **31**(5): 171 – 176] DOI: 10.3969/j.issn.1003 – 2363.2012.05.035
- [17] HUI E C M, BAO Haijun. The logic behind conflicts in land acquisitions in contemporary China: A framework based upon game theory [J]. Land Use Policy, 2013, **30**(1): 373 – 380. DOI: 10.1016/j.landusepol.2012.04.001
- [18] 阮松涛, 吴克宁, 刘巧芹. 土地利用冲突与土地价值的博弈与重构[J]. 国土资源科技管理, 2014, **31**(1): 123 – 128. [RUAN Songtao, WU Kening, LIU Qiaolin. Land utilization conflict and game and reconstruction of land value [J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2014, **31**(1): 123 – 128] DOI: 10.3969/j.issn.1009 – 4210.2014.01.020
- [19] 董兆蓉, 苑全治, 王紫晨, 等. 川西农牧交错带“三生”空间冲突演变特征分析及模拟预测——以阿坝州四县为例[J]. 生态学报, 2023, **43**(15): 6243 – 6256. [DONG Zhaorong, YUAN Quanzhi, WANG Zichen, et al. Analysis and simulation prediction of the evolutionary characteristics of the living-production-ecological spatial conflicts in the agriculture-pastoral ecotone in western Sichuan: Taking four counties in Aba Prefecture as examples [J]. Acta Ecologica Sinica, 2023, **43**(15): 6243 – 6256] DOI: 10.5846/stxb202109132566
- [20] 陈士梅, 艾东, 付野. 基于生态安全的空间冲突测度与影响因素研究——以昆明市为例[J]. 中国农业大学学报, 2020, **25**(5): 141 – 150. [CHEN Shimei, AI Dong, FU Ye. Spatial conflict measurement and influencing factors based on ecological security: A case study of Kunming City [J]. Journal of China Agricultural University, 2020, **25**(5): 141 – 150] DOI: 10.11841/j.issn.1007 – 4333.2020.05.15
- [21] 邱国强, 牛潜, 吴振华, 等. 苏锡常城市群土地利用冲突空间测度及异质性分析[J]. 水土保持研究, 2022, **29**(4): 400 – 406 + 414. [QIU Guoqiang, NIU Qian, WU Zhenhua, et al. Spatial evaluate and heterogeneity analysis of land use conflict in Su-Xi-Chang urban agglomeration [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022, **29**(4): 400 – 406 + 414] DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.20211110.001
- [22] 廖超明, 韦媛媛, 唐丹, 等. 喀斯特地区土地利用冲突识别与影响机制[J]. 水土保持研究, 2025, **32**(1): 358 – 367. [LIAO Chaoming, WEI Yuanyuan, TANG Dan, et al. Identification and mechanism of land use conflict in karst area [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2025, **32**(1): 358 – 367] DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.2025.01.028
- [23] 王志伟, 魏宇, 李申, 等. 胶东半岛三生空间的时空演变与冲突测度研究[J]. 环境工程技术学报, 2023, **13**(1): 386 – 393. [WANG Zhiwei, WEI Yu, LI Shen, et al. Spatio-temporal evolution and conflict measurement of ecological-production living spaces in Jiaodong Peninsula [J]. Journal of Environmental Engineering and Technology, 2023, **13**(1): 386 – 393] DOI: 10.12153/j.issn.1674 – 991X.20210633
- [24] 董光龙, 周俏薇, 孙传淳, 等. 基于“多宜性—稀缺性—多样性”的粤港澳大湾区土地利用冲突识别[J]. 农业工程学报, 2023, **39**(17): 245 – 255. [DONG Guanglong, ZHOU Xiaowei, SUN Chuanchun, et al. Identification of land use conflicts in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area based on “multi-suitability-scarcity-diversity” [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2023, **39**(17): 245 – 255] DOI: 10.11975/j.issn.1002 – 6819.202305176
- [25] 张新鼎, 崔文刚, 韩会庆, 等. 基于“三生”适宜性的典型喀斯特乡村土地利用冲突识别及分析[J]. 水土保持研究, 2023, **30**(4): 412 – 422. [ZHANG Xinding, CUI Wengang, HAN Huiqing, et al. Identification and analysis of land use conflicts in typical karst villages based on ‘production-living-ecology’ suitability [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, **30**(4): 412 – 422] DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.2023.04.009
- [26] 钱凤魁, 王贺兴, 项子璇. 基于潜在土地利用冲突识别的主城区周边耕地保护[J]. 农业工程学报, 2021, **37**(19): 267 – 275. [QIAN Fengkui, WANG Hexing, XIANG Zixuan. Cultivated land protection in the periphery of the main urban areas based on potential land use conflict identification [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, **37**(19): 267 – 275] DOI: 10.11975/j.issn.1002 – 6819.2021.19.031
- [27] 岳海凤, 闵婕, 廖梓均. 基于多目标适宜性和竞争力的区域潜在土地利用冲突的诊断研究[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2022, **39**(3): 116 – 127. [YUE Haifeng, MIN Jie, LIAO Zijun. Research on regional land use conflict diagnosis based on multi-objective suitability and competitiveness [J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2022, **39**(3): 116 – 127] DOI: 10.11721/cqnj20220318

- [28] 曹帅, 金晓斌, 杨绪红, 等. 耦合 MOP 与 GeoSOS-FLUS 模型的县级土地利用结构与布局复合优化[J]. 自然资源学报, 2019, **34**(6): 1171 – 1185. [CAO Shuai, JIN Xiaobin, YANG Xuhong, et al. Coupled MOP and GeoSOS-FLUS models research on optimization of land use structure and layout in Jintan District [J]. Journal of Natural Resources, 2019, **34**(6): 1171 – 1185] DOI: 10.31497/zrzyxb.20190604
- [29] 李沛尧, 王新军, 许世贤, 等. 基于 PLUS 土地利用模拟的阿克苏河流域 NEP 时空格局研究[J]. 干旱区研究, 2024: 1 – 10. [LI Peiyao, WANG Xinjun, XU Shixian, et al. Spatiotemporal pattern of NEP in Aksu River Basin based on PLUS land use simulation [J]. Arid Zone Research, 2024: 1 – 10] DOI: 10.13866/j.azr.2024.06.14
- [30] 于芝琳, 赵明松, 高迎凤, 等. 基于 CLUE-S 和 PLUS 模型的淮北市土地利用模拟对比及多情景预测[J]. 农业资源与环境学报, 2023: 1 – 15. [YU Zhilin, ZHAO Mingsong, GAO Yingfeng, et al. Land use simulation and multi-scenario prediction based on CLUE-S and PLUS models in Huaibei City [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2023: 1 – 15] DOI: 10.13254/j.jare.2022.0853
- [31] 刘希朝, 李效顺, 陈鑫, 等. 江苏省城镇化与生态环境耦合测度及空间冲突诊断[J]. 农业工程学报, 2023, **39**(13): 238 – 248. [LIU Xizhao, LI Xiaoshun, CHEN Xin, et al. Coupling measurement and spatial conflict diagnosis between urbanization and ecological environment in Jiangsu Province of China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2023, **39**(13): 238 – 248] DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.202302108
- [32] 马琪, 耿盼, 赵永宏, 等. 生态脆弱区重要湿地空间冲突的时空演变研究——以榆林市为例[J]. 生态科学, 2023, **42**(5): 188 – 195. [MA Qi, GENG Pan, ZHAO Yonghong, et al. Spatio-temporal patterns of land use spatial conflict of important wetlands in ecological fragile area: A case study of Yulin City [J]. Ecological Science, 2023, **42**(5): 188 – 195] DOI: 10.14108/j.cnki.1008-8873.2023.05.022
- [33] 王检萍, 余敦, 卢一乾, 等. 基于“三生”适宜性的县域土地利用冲突识别与分析[J]. 自然资源学报, 2021, **36**(5): 1238 – 1251. [WANG Jianping, YU Dun, LU Yiqian, et al. Recognition and analysis of land use conflicts at county level based on “Production-Living-Ecological” suitability [J]. Journal of Natural Resources, 2021, **36**(5): 1238 – 1251] DOI: 10.31497/zrzyxb.20210512
- [34] 李晨欣, 陈松林, 李晶, 等. 基于“三生”空间的土地利用冲突时空演变特征研究——以厦门、漳州和泉州城市群为例[J]. 水土保持通报, 2022, **42**(3): 247 – 254 + 262. [LI Chenxin, CHEN Songlin, LI Jing, et al. Evolution of spatio-temporal characteristics of land use conflict based on production-living-ecological space [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, **42**(3): 247 – 254 + 262] DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.03.032
- [35] 杨子生, 赵乔贵. 基于第二次全国土地调查的云南省坝区县、半山半坝县和山区县的划分[J]. 自然资源学报, 2014, **29**(4): 564 – 574. [YANG Zisheng, ZHAO Qiaogui. Study on dividing flatland county, semi-mountainous & semi flatland county and mountainous county in Yunnan Province based on the Second National Land Survey [J]. Journal of Natural Resources, 2014, **29**(4): 564 – 574] DOI: 10.11849/zrzyxb.2014.04.002
- [36] 罗斌, 甘淑, 袁希平. 山坝乡村聚落时空变化特征分析研究: 以宁洱镇为例[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2020, **42**(5): 886 – 895. [LUO Yi, GAN Shu, YUAN Xiping. Analysis and research on spatiotemporal variation characteristics of rural settlements in dam areas and mountain areas: An example from Ning'er Town [J]. Journal of Yunnan University (Natural Science Edition), 2020, **42**(5): 886 – 895] DOI: 10.7540/j.ynu.20190569
- [37] 李倩, 刘毅, 许开鹏, 等. 基于生态空间约束的云贵地区可利用坝区面积与空间分布[J]. 中国环境科学, 2013, **33**(12): 2215 – 2219. [LI Qian, LIU Yi, XU Kaipeng, et al. Research of area and distribution of flatland in Yunnan and Guizhou based on ecological spatial constraints [J]. China Environmental Science, 2013, **33**(12): 2215 – 2219]
- [38] 王保盛, 廖江福, 祝薇, 等. 基于历史情景的 FLUS 模型邻域权重设置——以闽三角城市群 2030 年土地利用模拟为例[J]. 生态学报, 2019, **39**(12): 4284 – 4298. [WANG Baosheng, LIAO Jiangfu, ZHU Wei, et al. The weight of neighborhood setting of the FLUS model based on a historical scenario: A case study of land use simulation of urban agglomeration of the Golden Triangle of southern Fujian in 2030 [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, **39**(12): 4284 – 4298] DOI: 10.5846/stxb201808021649
- [39] 王超越, 郭先华, 陆晨东, 等. 基于 FLUS 的成渝城市群三生空间演变及模拟预测[J]. 生态科学, 2024, **43**(5): 157 – 168. [WANG Chaoyue, GUO Xianhua, LU Chendong, et al. Evolution and simulation of production-living-ecological space in Chengdu-Chongqing urban agglomeration based on FLUS [J]. Ecological Science, 2024, **43**(5): 157 – 168] DOI: 10.14108/j.cnki.1008-8873.2024.05.018
- [40] 云南省自然资源厅. 云南省国土空间规划(2021—2035 年)(国函[2024]10 号)[EB/OL]. (2024-10-23) [2024-11-09]. https://dnr.yn.gov.cn/html/2024/subqitawenjian_1024/4047892.html [Department of Natural Resources of Yunnan Province. Territorial spatial planning of Yunnan (2021 – 2035) (State Council Letter [2024] No. 10) [EB/OL]. (2024-10-23) [2024-11-09]. https://dnr.yn.gov.cn/html/2024/subqitawenjian_1024/4047892.html]
- [41] 云南省人民政府. 云南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要(云政发[2021]4 号)[EB/

- OL]. (2021-02-09) [2024-11-09]. https://www.yn.gov.cn/zzms/zxwj/202102/t20210209_217052.html [Yunnan Provincial People's Government. Outline of the fourteenth five-year plan for the national economic and social development of Yunnan Province and the visionary goals for the 2035 period (Yunnan Zhengfa [2021] No. 4) [EB/OL]. (2021-02-09) [2024-11-09] https://www.yn.gov.cn/zzms/zxwj/202102/t20210209_217052.html].
- [42] 杨宇萍, 陈彩虹, 余济云, 等. 多情景模拟下县域生境质量时空演变预测—以桃源县为例[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2024, **48**(6): 1–10. [YANG Yuping, CHEN Caihong, SHE Jiyun, et al. Prediction of the spatiotemporal evolution of county habitat quality under multi-scenario simulation: A case of Taoyuan County [J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition), 2024, **48**(6): 1–10] DOI: 10.12302/j.issn.1000–2006.202212038
- [43] 潘方杰, 万庆, 曾菊新, 等. 城镇化进程中湖北省“生产—生活—生态”空间冲突演化及其影响因素[J]. 经济地理, 2023, **43**(2): 80–92. [PAN Fangjie, WAN Qing, ZENG Juxin, et al. Evolution characteristics and influence factors of spatial conflicts between production living-ecological space in the rapid urbanization process of Hubei Province, China [J]. Economic Geography, 2023, **43**(2): 80–92] DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2023.02.009
- [44] 王珊珊, 毋兆鹏. 基于生态安全的乌鲁木齐市土地利用冲突识别[J]. 湖北农业科学, 2022, **61**(1): 46–53. [WANG Shanshan, WU Zhaopeng. Identification of land use conflicts based on ecological security in Urumqi [J]. Hubei Agricultural Science, 2022, **61**(1): 46–53] DOI: 10.14088/j.cnki.issn0439–8114.2022.01.009
- [45] 吕思雨, 张金燕, 毋兆鹏. 精河县绿洲土地利用及其空间冲突研究[J]. 生态与农村环境学报, 2022, **38**(4): 428–436. [LYU Siyu, ZHANG Jinyan, WU Zhaopeng. Study on the spatial conflict of land use in Jinghe County oasis [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2022, **38**(4): 428–436] DOI: 10.19741/j.issn.1673–4831.2021.0317
- [46] 彭佳捷, 周国华, 唐承丽, 等. 基于生态安全的快速城市化地区空间冲突测度——以长株潭城市群为例[J]. 自然资源学报, 2012, **27**(9): 1507–1519. [PENG Jiajie, ZHOU Guohua, TANG Chengli, et al. The analysis of spatial conflict measurement in fast urbanization region based on ecological security: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration [J]. Journal of Natural Resources, 2012, **27**(9): 1507–1519]
- [47] 陈竹安, 冯祥瑞, 洪志强, 等. 南昌市土地利用的空间冲突测算与分析[J]. 地域研究与开发, 2020, **39**(3): 150–155. [CHEN Zhu'an, FENG Xiangrui, HONG Zhiqiang, et al. Calculation and analysis of spatial conflicts in land use of Nanchang City [J]. Areal Research and Development, 2020, **39**(3): 150–155] DOI: 10.3969/j.issn.1003–2363.2020.03.027
- [48] 周国华, 彭佳捷. 空间冲突的演变特征及影响效应——以长株潭城市群为例[J]. 地理科学进展, 2012, **31**(6): 717–723. [ZHOU Guohua, PENG Jiajie. The evolution characteristics and influence effect of spatial conflict: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration [J]. Progress in Geography, 2012, **31**(6): 717–723] DOI: 10.11820/dlkxjz.2012.06.007
- [49] 田柳兰, 吕思雨, 毋兆鹏, 等. 乌鲁木齐市土地利用变化及其空间冲突测度[J]. 自然资源遥感, 2023, **35**(4): 282–291. [TIAN Liulan, LYU Siyu, WU Zhaopeng, et al. Measurement of land use change and spatial conflict in Urumqi [J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2023, **35**(4): 282–291] DOI: 10.6046/zrzyyg.2022341
- [50] 张述清, 王爱华, 王宇新, 等. 云贵高原地区坝子划定技术与方法研究——以云南省为例[J]. 地矿测绘, 2012, **28**(4): 1–4+8. [ZHANG Shuqing, WANG Aihua, WANG Yuxin, et al. Study on techniques and methods in demarcation of Bazi in Yunnan-Guizhou Plateau: Taking Yunnan Province as an example [J]. Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources, 2012, **28**(4): 1–4+8] DOI: 10.3969/j.issn.1007–9394.2012.04.001
- [51] 李志英, 李文星, 杨柳, 等. 昆明市土地利用冲突测度分析[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2024, **44**(6): 1–10. [LI Zhiying, LI Wenxing, YANG Liu, et al. Measurement and analysis of land use conflict in Kunming from the perspective of ecological-production-living spaces [J]. Journal of Southwest Forestry University (Natural Science), 2024, **44**(6): 1–10] DOI: 10.11929/j.swfu.202311056
- [52] 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, **42**(2): 210–224. [ZHOU Ze, QUAN Bin, ZHANG Hai-bo. Identification of land-use conflict characteristics and analysis of driving forces: Taking the central Yunnan urban agglomeration as an example [J]. Mountain Research, 2024, **42**(2): 210–224] DOI: 10.16089/j.cnki.1008–2786.000817

Scenario Analysis of Land Use Spatial Conflict and Transmission Mechanisms in Mountainous Regions: A Case Study of Yunnan Province, China

FU Ailing, LI Zhiguo *

(a. School of Finance and Public Administration; b. Key Laboratory of Yunnan Universities on
Land Utilization in Highland Mountainous Areas, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221, China)

Abstract: Mountain land-use spatial conflicts characterized by vertical gradient differentiation and multi-scale coupling are particularly pronounced in mountainous regions of plateaus in China. Because of the wide diversity of spatial distribution and high complexity of problem solving, the conflicts have become a key factor restricting the construction of mountain towns in mountainous provinces of China. Most of past research focused on the spatiotemporal evolution of land-use space conflicts and largely confined to economically developed urban agglomerations in plains, leaving the transmission mechanisms of land-use space conflicts underexplored in mountainous areas, moreover, relatively short of scenario analysis of future conflicts.

In this study, Yunnan Province, a typical mountainous area in a low-latitude plateau, was selected as the research area. By integrating a GeoSOS-FLUS model, a comprehensive land use space conflict index model, and spatial autocorrelation methods, the intensity of land use space conflict in Yunnan Province was measured in depth and predicted for the future.

(1) In 2020, there were moderate land-use space conflicts ($0.72 \leq CS < 0.82$) and severe conflict ($0.82 \leq CS \leq 1$), mainly concentrated in urban agglomeration in central Yunnan, as well as urban circles along the border and industrial cluster areas. Compared with the conflict status quo in 2020, by 2030, under all scenarios set, more than 89% of the land use space conflict areas in Yunnan Province would be of the controllable type ($0 \leq CS < 0.72$), and these controllable types of conflicts are mainly located in high-altitude mountainous areas, whereas the strong conflict ($0.72 \leq CS \leq 1$) areas are highly consistent with the distribution of basin areas.

(2) The development of land use space conflict in mountainous areas would diverge in two directions: in the horizontal or in the vertical. In the horizontal direction, the land-use pressure in basin areas could further increase; Longitudinally, affected by spatial spillover effects, the boundaries of conflict types would gradually expand to mountainous areas with higher altitudes and relatively gentle terrain. In the process of land development and utilization in mountainous areas, although ecological constraints can alleviate spatial conflicts to a certain extent, effective solutions still depend on the successful coupling of mountain-basin collaborative governance.

This study can provide theoretical support for exploring the transmission mechanism of land use space conflicts in mountainous areas of plateau and seeking unique land development patterns in such regions.

Key words: land use space conflict; mountainous regions; conflict solution; Yunnan Province

(责任编辑 李 嵘)