doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2025. 06. 009

基于 AHP-GIS 的滇西北老君山生态敏感性研究

孙华倩
(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:根据滇西北老君山的区域特征,选取高程、坡度、坡向、河流缓冲区、土地利用类型、植被覆盖指数 6 个因子,利用层次分析法确定因子权重,在 GIS 中按各因子的权重进行叠加分析,得出滇西北老君山生态敏感性综合分布图,对生态敏感度进行定量分析。结果表明,在研究区的 5 个生态敏感性等级中,不敏感、低度敏感、中度敏感、高度敏感、极度敏感区分别占研究区总面积的 7. 87%、15. 72%、23. 66%、35. 44%、17. 31%,中度和高度敏感区面积占 59. 10%,表明滇西北老君山生态敏感性程度较高,生态脆弱而敏感。在今后的保护与利用规划中,应结合生态敏感程度统筹规划保护和发展项目,建立健全有效的生态保护体系,实现区域生态保护与利用协调发展。

关键词:生态敏感性;层次分析法;GIS;滇西北老君山

中图分类号:S718. 557;S759. 9 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2025)06-0062-08

引文格式:孙华倩. 基于 AHP-GIS 的滇西北老君山生态敏感性研究[J]. 林业调查规划,2025,50(6):62-69.
doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2025. 06. 009

SUN Huaqian. Ecological Sensitivity of Laojun Mountain in Northwest Yunnan Based on AHP-GIS[J]. Forest Inventory and Planning, 2025, 50(6): 62-69. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2025. 06. 009

Ecological Sensitivity of Laojun Mountain in Northwest Yunnan Based on AHP-GIS

SUN Huaqian
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: Based on the regional characteristics of Laojun Mountain in northwest Yunnan, six factors of elevation, slope, slope direction, river buffer zone, land use type, and vegetation cover index were selected. The weight of each factor was determined using the analytic hierarchy process. Superposition analysis was then conducted in GIS according to these weights to generate a comprehensive ecological sensitivity distribution map of Laojun Mountain, enabling a quantitative assessment of its ecological sensitivity. The results showed that among the five ecological sensitivity levels identified in the study area, the non-sensitive, low-sensitive, moderately sensitive, highly sensitive, and extremely sensitive areas accounted for 7. 87%, 15. 72%, 23. 66%, 35. 44%, and 17. 31% of the total study area, respectively. The combined area of moderately and highly sensitive areas comprised 59. 10% of the total, suggesting a generally high level of ecological sensitivity and fragility in Laojun Mountain. In the future protection and

收稿日期:2024-09-09;**修回日期**:2024-11-20
基金项目:云南省林业和草原局专项资金项目(2023111005).
第一作者:孙华倩(1987-),女,工程师. 主要从事林业调查规划和野生动植物研究监测工作. Email:826226409@ qq. com

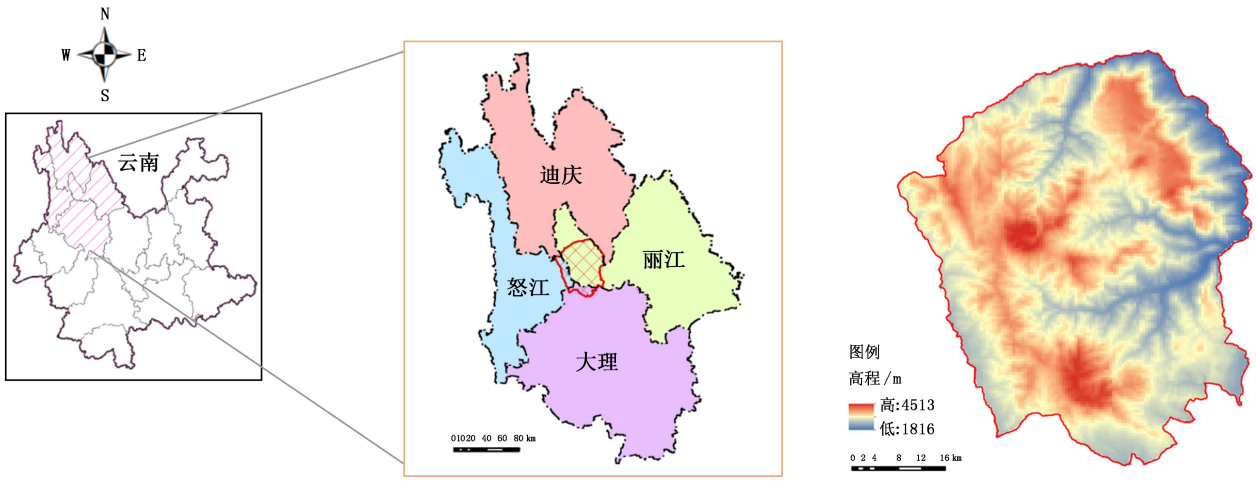
utilization planning, the degree of ecological sensitivity should be combined with the integrated planning of protection and development projects, the establishment of a sound and effective ecological protection system, and the realization of the coordinated development of regional ecological protection and utilization.

Key words: ecological sensitivity; analytic hierarchy process; GIS; Laojun Mountain in northwest Yunnan

生态环境敏感性是生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反映程度,包括生态系统的稳定性和可能性,即生态系统受到干扰的适应能力和生态系统遭到破坏后的恢复能力,这是生态敏感性评价及等级划分的重要依据[1-2]。生态敏感性分析与评价实质上是评价区域在自然变化和人为干扰情况下发生生态环境问题的可能性[3],在旅游资源规划、生物多样性保护、景观格局规划、城市建设等领域应用越来越广[4]。土地利用是生态环境变化的重要动力,生态环境变化则是土地利用的累积性结果,土地利用方式、模式、结构与生态环境因子、区域景观格局、区域生态系统之间存在着明显的对应关系[5-7]。通过滇西北老君山生态敏感性评价,分析该区域生态环境脆弱性空间分布格局,结合保护现状,对生态敏感性高的保护空缺区域进行土地利用类型分析,为科学谋划老君山保护与利用,建立健全有效的生态保护体系,实现区域生态保护与利用协调发展提供参考借鉴。

1　研究区概况

滇西北老君山地处三江并流腹地,是我国横断山脉的核心地带,全球生物多样性最丰富的热点地区之一,也是中国三大植物物种起源和分化的中心之一。研究区位于丽江市玉龙县、大理州剑川县、怒江州兰坪县的交界处,地跨金沙江、澜沧江水系,四至界线:北部沿金沙江、金庄河等至玉龙县与维西县的交界处;西部沿兰坪罗古箐风景名胜区边界、通甸河至白石江;南部沿伐木箐、月亮坪河至剑川县羊岑乡金坪村,沿自然地形至玉龙县与剑川县交界处;东部沿九河坝大河、冲江河等接入金沙江。地理坐标为 99°25′08″~99°57′46″E,26°31′15″~27°09′40″N,南北平均长约 72 km,东西平均宽约 54 km,面积为 26.00 万km^2(图 1)。



注:该图基于云南省地理信息公共服务平台审图号云 S(2021)57 号标准地图绘制,边界无修改。

图 1　研究区地理位置

Fig. 1　Location of the study area

老君山山体大致呈南北走向,最高峰金丝厂金山玉峰海拔 4 513 m,最低点为位于金沙江河谷的石鼓江面,海拔 1 816 m,相对高差 2 697 m。以山脊分水岭为界,研究区内水系呈树枝状发育,河流深切,河流、沟谷多呈“V”字型,高山峡谷并列,地势起伏跌宕,地形崎岖复杂,总体上属于构造侵蚀高山峡谷地貌,主要包括侵蚀高山、侵蚀中山、夷平面、峡谷、宽谷、山间盆地、河流阶地、冰川地貌、丹霞地貌、岩

浆岩地貌等[8-9]。地质、地貌自然遗迹丰富,生物垂直分布明显,物种分化剧烈,特有种属多,植被类型丰富而且系列完整,高山冰蚀湖泊众多,高山亚高山沼泽化草甸资源丰富,湿地生态脆弱而敏感。

研究区内包括了三江并流风景名胜区老君山片区、兰坪罗古箐风景名胜区、云南箐花甸国家湿地公园、云南玉龙黎明—老君山国家地质公园、玉龙雪山风景名胜区等5个保护地,是老君山区域的重要组成部分,该区域生物多样性丰富,生态区位重要,水塔作用显著,保护意义重大。

2 数据来源与方法

2.1 数据来源

本研究区高程、坡度、坡向3个因子信息由30 m的DEM影像图(来源于地理空间数据云:GDEMV2 30 m分辨率数字高程数据)提取。植被覆盖度(NDVI)因子信息利用ENV 5.3软件,采用像元二分法对老君山区域遥感影像(来源于地理空间数据云:Landsat 8 OLI_TIRS卫星数字产品,云量≤5%,年份为2020年)进行解译获取。土地利用类型和水环境数据在2020年土地利用数据基础上,通过2020年和2023年两期遥感影像对比分析,人工目视解译生成(来源于中国科学院资源环境与数据中心:中国2023年土地利用现状遥感监测数据)。

2.2 评价因子的选取与分级

自然因素和人为因素是造成生态敏感性差异的主要原因。地形因子通过控制光、水、气候、土壤及生物因素发挥其对生物的影响,进而影响生态系统。海拔高度、坡度和坡向是其生态作用的主要表现方面。随着海拔高度的变化,山地的光照强度、气候、土壤按一定规律发生变化,并影响生态系统的生物多样性、气候调节、水源涵养等。坡向主要影响光照强度和日照时数,并引起温度、水分和土壤条件的变化;坡度的陡缓控制着水分的运动、物质的淋溶、侵蚀的强弱以及土壤的厚度、颗粒大小、养分,并影响动植物的种类、数量、分布和形态。研究区内有丰富的水资源,湖泊众多,河流纵横,水系发达,人类活动对水域环境的影响也十分敏感,可根据距离水源的远近距离判断区域的生态敏感性程度。NDVI数据体现自然植被覆盖程度,土地利用现状反映区域内自然资源开发利用和人为干扰状况。因此,选取高程、坡度、坡向、水域缓冲区、NDVI指数、土地利用类型6个因子构建生态敏感性指标体系。结合区域特点,参考相关研究成果[10-16],对各个因子进行生态敏感性等级划分。滇西北老君山生态敏感性划分为不敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感和极度敏感5个等级(表1)。

表1 滇西北老君山生态敏感性因子指标分级体系

Tab. 1 Ecological sensitivity factor index classification system of Laojun Mountain in northwest Yunnan

评价指标	海拔/m	坡度/(°)	坡向	NDVI	水域缓冲区/m	土地利用类型
不敏感	≤2000	≤5	平地、南	≤0.2	>800	建设用地、耕地
轻度敏感	>2000~2500	>5~10	东南、西南	>0.2~0.4	>500~800	园地、其他林地
中度敏感	>2500~3000	>10~20	东、西	>0.4~0.6	>200~500	灌木林地、草地
高度敏感	>3000~3500	>20~25	东北、西北	>0.6~0.8	>50~200	乔木林
极度敏感	>3500	>25	北	>0.8	≤50	水域及水利设施用地、湿地、未利用地(裸土地、裸岩石砾地)

2.3 研究方法

2.3.1 层次分析法

AHP层次分析法是一种解决多目标复杂问题的定性和定量相结合计算决策权重的研究方法。该方法基于专家经验,以评价因子对生态环境的影响程度为标准,通过因子间两两比对打分,确定各因子的权重。AHP层次分析法的实施步骤包括权重计算和一致性检验,因专家打分法是基于专家经验的量化评价过程,评价结果存在一定的主观性和逻辑性错误,需进行一致性验证[17-20]。

1)判断矩阵构建和权重值计算

邀请经验丰富的生态学、林学、环境科学等领域的5名专家进行打分,专家以1~5分标度法对各个因子进行逐项比较并打分,5、4、3、2、1分别代表非常重要、比较重要、一般重要、比较不重要、十分不重要,用和积法计算出最终打分结果,使用SPSSAU

软件,计算矩阵的权重,得到 6×6 判断矩阵的结果(表 2)。

表 2　AHP 分析判断矩阵

Tab. 2　Judgment matrix of AHP analysis

评价因子	高程	坡度	坡向	水域缓冲区	植被覆盖度	土地利用类型
高程	1.000	0.577	1.414	0.258	0.258	0.333
坡度	1.732	1.000	2.000	0.258	0.333	0.333
坡向	0.707	0.500	1.000	0.200	0.200	0.258
水域缓冲区	3.873	3.873	5.000	1.000	0.333	1.000
植被覆盖度	3.873	3.000	5.000	3.000	1.000	1.414
土地利用类型	3.000	3.000	3.873	1.000	0.707	1.000

通过一致性检验得到了各个因子的重要性权重值(表 3)。

表 3　AHP 层次分析结果

Tab. 3　Results of AHP analysis

评价因子	特征向量	权重值/%	最大特征根	CI 值
高程	0.41	6.83	6.18	0.036
坡度	0.56	9.23		
坡向	0.31	5.19		
水域缓冲区	1.39	23.23		
植被覆盖度	2.00	33.36		
土地利用类型	1.33	22.16		

从表 3 可知,通过高程、坡度、坡向、水域缓冲区、植被覆盖度、土地利用类型共 6 项因子构建 6 阶判断矩阵进行 AHP 层次法研究,分析得到特征向量分别为 0.41、0.56、0.31、1.39、2.00、1.33,对应的权重值分别为 6.83%、9.23%、5.19%、23.23%、33.36%、22.16%。除此之外,结合特征向量计算出最大特征根为 6.18,接着利用最大特征根值计算得到 CI 值(一致性指标值)为 0.036,CI 值用于下述的一致性检验使用。

2)一致性检验分析

根据 CI 值、RI(Satty 模拟 1 000 次得到的随机一致性指标)计算 CR 值(随机性一致性比值),判断矩阵设定是否合理,计算公式为:

$$CR = CI/RI \quad (1)$$

当 CR 值越小时,表示判断矩阵的一致性越好。若 CR 值小于 0.1,则判断矩阵通过一致性检验。若 CR 值大于 0.1,则说明缺乏一致性,需要对判断矩阵进行调整并重新分析。通过计算,本研究的 CR 值为 0.029,小于 0.1,通过一致性检验(表 4)。

表 4　一致性检验结果

Tab. 4　Results of consistency test

最大特征根	CI 值	RI 值	CR 值	一致性检验结果
6.18	0.036	1.26	0.029	通过

2.3.2 GIS 加权分析法

通过 ArcGIS 软件,根据生态敏感性指标分级体系进行重分类、栅格转面、面积计算得到单因子的生态敏感性分布和面积。然后根据层次分析法确定的 6 个生态敏感因子指标权重,进行加权叠加分析,使用自然间断点法将生态敏感性划分为不敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感、极度敏感 5 个等级,得到滇西北老君山综合生态敏感性分布图。

3 结果与分析

3.1 生态敏感性单因子分析

滇西北老君山面积为 2 600.24 km^2,各因子生态敏感性分级统计见表 5,单因子生态敏感性分布见图 2。

3.1.1 高程生态敏感性分析

滇西北老君山地形复杂,高海拔区域面积较大,其中海拔 2 500 m 以上的分布面积占 83.52%。高程生态敏感性分析结果如图 2(a)所示,主要以中、高度敏感区为主,占总面积 71.87%。不敏感区主要分布于金沙江沿岸的低海拔地区,面积为 86.89 km^2,仅占总面积的 3.34%;轻度敏感区主要位于玉龙县黎明乡境内的金庄河流域以及石头乡境内的冲江河、仁河、大左沟河沿线,面积为 336.46 km^2,占比 12.94%;中度敏感区主要位于研究区的西北、西南以及东南部,面积为 970.29 km^2,占比 37.32%;高度敏感区面积为 898.45 km^2,占比 34.55%,主要分布于研究区西北部的除城镇和村庄以外的海拔较高区域,并向西南的东北方向延伸;极度敏感区主要位于老君山九十九龙潭、金丝厂的金丝玉峰和格拉丹片区,该区域也是冰蚀湖泊、沼泽湿地分布的重要区域,面积为 308.15 km^2,占比 11.85%。

表 5　滇西北老君山生态敏感性单因子分级统计

Tab. 5　Single factor classification statistics of ecological sensitivity of Laojun Mountain in northwest Yunnan

生态因子	不敏感		轻度敏感		中度敏感		高度敏感		极度敏感	
	面积/km^2	占比/%	面积/km^2	占比/%	面积/km^2	占比/%	面积/km^2	占比/%	面积/km^2	占比/%
高程	86. 89	3. 34	336. 46	12. 94	970. 29	37. 32	898. 45	34. 55	308. 15	11. 85
坡度	250. 32	9. 63	1610. 58	61. 93	641. 64	24. 68	92. 86	3. 57	4. 84	0. 19
坡向	292. 74	11. 26	638. 71	24. 56	734. 21	28. 24	622. 21	23. 93	312. 37	12. 01
水域缓冲区	953. 56	36. 67	466. 04	17. 92	632. 63	24. 33	383. 91	14. 76	164. 10	6. 32
植被覆盖度	220. 51	8. 48	240. 68	9. 26	373. 72	14. 37	690. 92	26. 57	1074. 41	41. 32
土地利用类型	167. 42	6. 44	86. 72	3. 34	248. 87	9. 57	2062. 83	79. 33	34. 40	1. 32

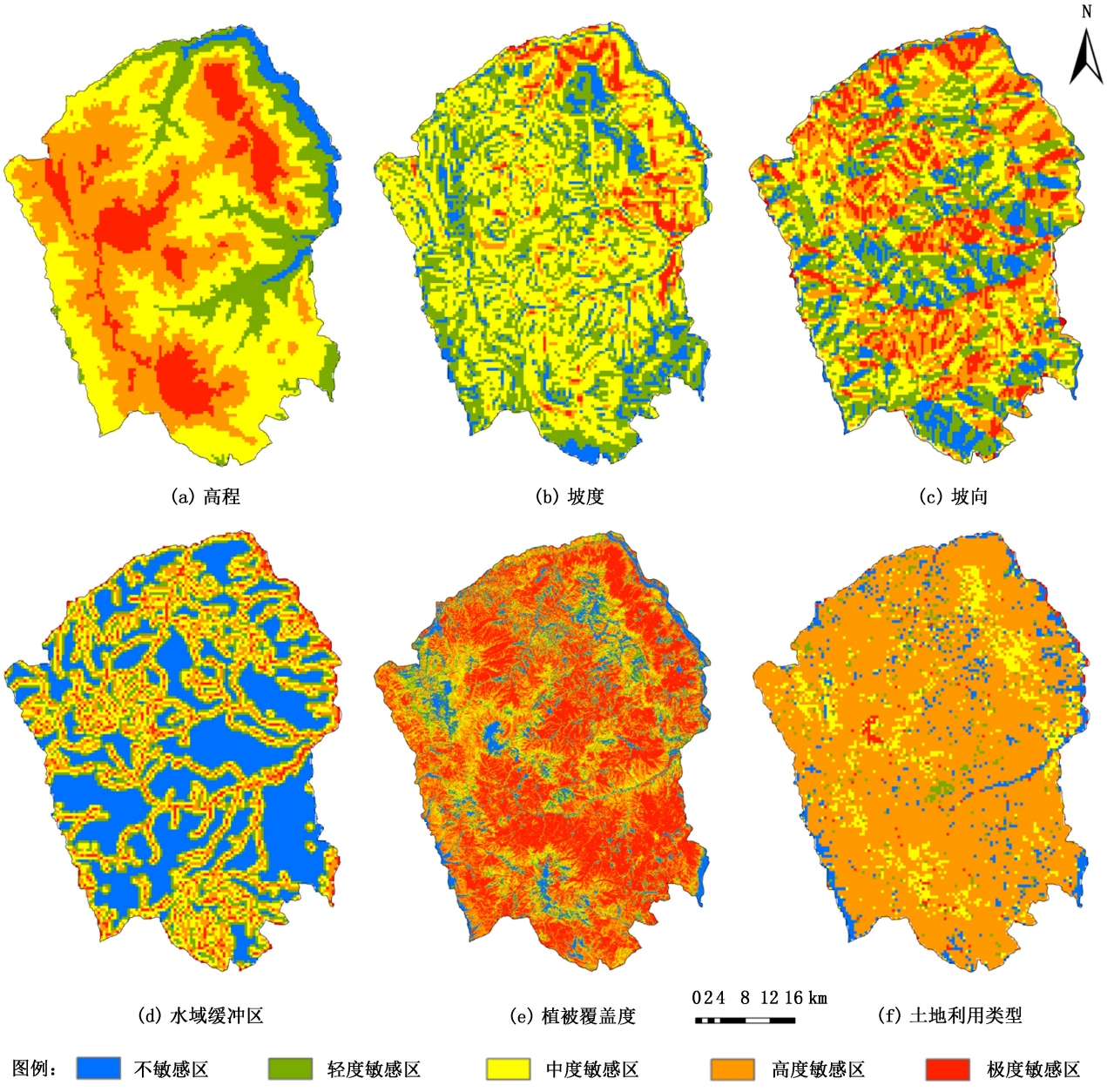


图 2　滇西北老君山单因子生态敏感性分布

Fig. 2　Distribution of single factor ecological sensitivity of Laojun Mountain in northwest Yunnan

3.1.2 坡度生态敏感性分析

滇西北老君山坡度生态敏感性分析结果如图 2(b)所示,以轻度敏感区为主,主要分布于研究区南部和西南部的相对平缓区域,面积为 1 610.58 km^2,占总面积的 61.93%;不敏感区面积为 250.32 km^2,主要位于研究区内的村庄以及周边的平缓地带,占比 9.63%;中度敏感区面积为 641.64 km^2,主要位于金沙江沿岸以及金庄河等河流两岸,占比 24.68%;高度敏感区面积 92.86 km^2,主要位于研究区东部的石鼓镇新华村和北部黎明乡中和村,占比 3.57%;极度敏感区位于北部黎明乡的白岩子山和石鼓镇仁河两岸的干热河谷地区,面积 4.84 km^2,占比 0.19%。

3.1.3 坡向生态敏感性分析

滇西北老君山坡向生态敏感性分析结果如图 2(c)所示,中度敏感区面积最大,主要分布于黎明乡的茨科和堆美村片区、西北角小羊场经云南兰坪箐花甸国家湿地公园至金丝厂一带以及石头乡的兰溪村和九河乡吉米村、应龙村一带,面积为 734.21 km^2,占总面积的 28.24%;其次是高度敏感区,主要分布于金庄河、金沙江以及冲江河的右岸等区域,面积为 622.21 km^2,占比 23.93%;不敏感区主要分布于拉巴支村的大左沟河、冲江河左岸以及剑川县的柏邑箐等区域,面积为 292.74 km^2,占比 11.26%;轻度敏感区主要分布于兰坪县箐花村片区、玉龙县的利苴片区以及剑川县的柏邑箐等区域,面积 638.72 km^2,占比 24.56%;极度敏感区主要分布于黎明乡茨科一带、金沙江、大左沟河、冲江河右岸等区域,面积 312.37 km^2,占比 12.01%。

3.1.4 水域缓冲区生态敏感性分析

滇西北老君山水域缓冲区生态敏感性分析结果如 2(d)所示,不敏感区为优势,主要分布于距离研究区内主要河流较远区域,面积为 953.56 km^2,占总面积的 36.67%;轻度敏感区面积 466.04 km^2,占比 17.92%;中度敏感区面积 632.63 km^2,占比 24.33%;高度敏感区面积 383.91 km^2,占比 14.76%;极度敏感区面积 164.10 km^2,占比 6.32%。

3.1.5 植被覆盖度生态敏感性分析

滇西北老君山植被覆盖度生态敏感性分析结果如图 2(e)所示,极度敏感区为优势,分布较广,面积为 1 074.41 km^2,占总面积的 41.32%;不敏感区主要位于箐花甸湿地公园、金丝厂冰蚀湖泊、格拉丹高山草甸、金沙江右岸、通甸河左岸以及村镇周边等植被稀少地区,面积为 220.51 km^2,占比 8.48%;轻度敏感区主要分布于箐花甸、格拉丹以及老君山片区的人为活动相对频繁区域,面积为 240.68 km^2,占比 9.26%;中度敏感区主要分布于箐花甸、金丝厂、格拉丹、老君山片区的海拔较高区域,面积为 373.72 km^2,占比 14.37%;高度敏感区面积为 690.92 km^2,占比 26.57%。

3.1.6 土地利用类型生态敏感性分析

滇西北老君山土地利用类型生态敏感性分析结果如图 2(f)所示,以高度敏感区为主,分布区域较广,面积为 2 062.83 km^2,占总面积的 79.33%;不敏感区主要位于西南部通甸镇的城镇居民区、黎明乡镇府所在地以及周围的村庄和石鼓镇以及周边的村庄,面积为 167.42 km^2,占比 6.44%;轻度敏感区主要位于中部石头乡桃花村,面积为 86.72 km^2,占比 3.34%;中度敏感区主要位于西北部的罗古箐以及从格拉丹往东南到石鼓镇一带,面积为 248.87 km^2,占比 9.57%;极度敏感区主要位于金丝厂金丝玉峰以及老君山高海拔地区,面积为 34.40 km^2,占比 1.32%。

3.2 生态敏感性综合分析

采用 ArcGIS 加权分析法对以上 6 个生态敏感性因子的权重进行叠加处理,得出滇西北老君山生态敏感性评价指数为 1.13~4.76,其生态敏感性分级见表 6,生态敏感性综合分布见图 3。

表 6　滇西北老君山综合生态敏感性分级

Tab. 6　Comprehensive ecological sensitivity classification of Laojun Mountain in northwest Yunnan

敏感性等级	生态敏感指数分级	面积/km^2	占比/%
不敏感	1.13~2.44	204.73	7.87
轻度敏感	2.44~2.93	408.86	15.72
中度敏感	2.93~3.33	615.17	23.66
高度敏感	3.33~3.75	921.50	35.44
极度敏感	3.75~4.76	449.98	17.31
合计		2600.24	100.00

根据分析结果,滇西北老君山生态敏感性以高度敏感区为主,生态敏感指数为 3.33~3.75,面积为 921.50 km^2,占总面积的 35.44%;不敏感区生态敏感指数为 1.13~2.44,面积为 204.73 km^2,占比 7.87%;轻度敏感区生态敏感指数为 2.44~2.93,面积为 408.86 km^2,占比 15.72%;中度敏感区生态敏感指数为 2.93~3.33,面积为 615.17 km^2,占比 23.66%;

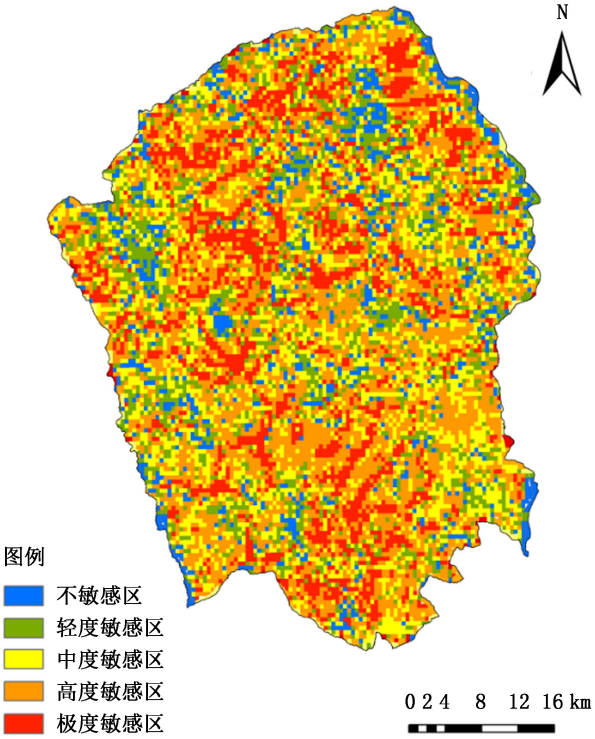
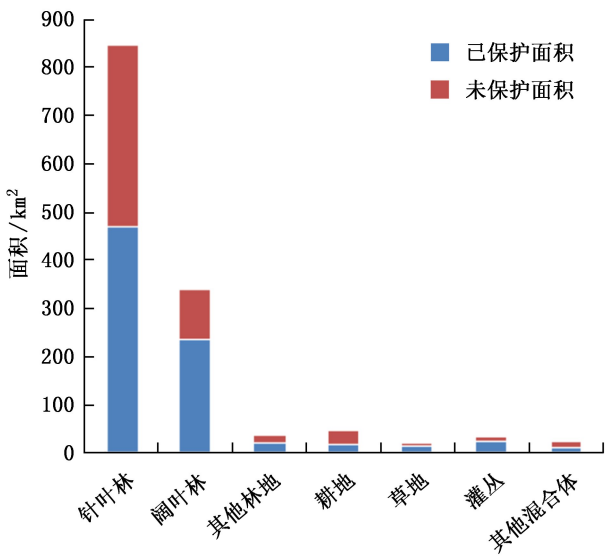


图 3　滇西北老君山综合生态敏感性分布

Fig. 3　Comprehensive ecological sensitivity distribution of Laojun Mountain in northwest Yunnan



注:其他混合体包括水体、建设用地、未利用地、湿地。

图 4　高度和极度敏感区各类用地类型被保护情况

Fig. 4　Protection status of various land use types in highly and extremely sensitive areas

极度敏感区生态敏感指数为 3. 75 ~ 4. 76,面积为 449. 98 km^2,占比 17. 31%。高度和极度敏感区面积为 1 371. 48 km^2,占总面积的 52. 75%。结合目前保护地建设情况,已保护面积占比 58. 68%,未保护面积占比 41. 32%;从用地类型来看,阔叶林、草地和灌丛的保护面积超过 50%,近 50%的针叶林、其他林地和超 50%的耕地未纳入保护范围(图 4)。

4　结论与建议

4. 1　结论

1)植被覆盖度指数、水域缓冲区和土地利用类型对生态敏感性影响程度较高,权重分别为 33. 36%、23. 23%和 22. 16%。坡向指标对生态敏感性影响程度最低,权重为 6. 83%。

2)高程生态敏感性主要以中、高度敏感区为主,占总面积 71. 87%,主要位于研究区的西北、西南以及东南部;坡度生态敏感性主要以轻度敏感区为主,占总面积 61. 93%,主要位于研究区的南部和西南部的相对平缓区域;坡向各级生态敏感性差异不大,其中中度、轻度、高度敏感区面积分别占总面积的 28. 24%、24. 56%、23. 93%;水域缓冲区生态敏感性以不敏感区为优势,占总面积的 36. 67%,其次为中度敏感区,占比 24. 33%;土地利用类型生态敏感性以高度敏感区为主,占总面积的 79. 33%;植被覆盖度生态敏感性以极度敏感区为优势,占总面积的 41. 32%,其次是高度敏感区,占比 26. 57%。

3)滇西北老君山生态敏感性以高度敏感区面积最大,占总面积 35. 44%,其次是中度敏感区、极度敏感区,分别占比 23. 66%、17. 31%。高度和极度敏感区内 41. 32%属保护空缺区域,主要包括以云南松、高山松、冷杉、云杉等为优势的针叶林,以栎类、其他阔叶树等为优势的阔叶林以及高山杜鹃灌丛和耕地等。

4. 2　保护与发展建议

1)从高程、坡度、坡向 3 个地形因子的生态敏感性分析来看,滇西北老君山总体海拔较高,相对高差大,低海拔地区地势相对平缓,有利于区域内城镇、村庄建设和旅游开发建设;从水域缓冲区生态敏感性分析来看,滇西北老君山水资源较为丰富,位于三江并流重要生态区,需注重水资源的保护与利用;从土地利用类型和植被覆盖度生态敏感性分析来看,滇西北老君山以乔木林为主,植被生长较好,植被覆盖度较高,整体生态环境较好,因该区域高海拔分布面积占优势,且生态敏感性以高度、极度敏感区为主,受干扰破坏后恢复困难,在旅游开发和设施建设时,应加强自然植被和自然景观的保护。

2)滇西北老君山的生态敏感性程度较高,以中度和高度敏感区为主,植被覆盖度较高,水系网络较为发达,抗干扰能力较弱。在高度和极度敏感区的保护空缺区域植被类型丰富,生物多样性保护价值较高,应加强对该区域的保护,建议建立自然保护地或者根据区域内物种的分布情况建立保护区或保护小区。

3)滇西北老君山区域涉及 5 个保护地,但各个保护地之间存在交叉重叠,建议按照各保护地的主要保护对象、保护目标和发展方向等进行整合优化,增强管理成效。

4)滇西北老君山自然资源和景观资源丰富,在开展区域保护利用规划时,应充分利用不敏感、轻度敏感和中度敏感区域的资源特点,合理布局生态保护和产业发展空间,适度开发生态旅游项目,构建科学合理的生态保护和产业发展格局,建立健全有效的生态保护体系,实现区域生态保护与利用协调发展。

参考文献:

[1] 刘康,欧阳志云,王效科,等. 甘肃省生态环境敏感评价及空间分布[J]. 生态学报,2003,23(12):2711-2718.

[2] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J]. 生态学报,2000(1):10-13.

[3] 鲁敏,孔亚菲. 生态敏感性评价研究进展[J]. 山东建筑大学学报,2014,29(4):348-352.

[4] 潘美言,潘悦,徐永涛. 基于 GIS 的霍尔果斯市生态敏感性分析[J]. 安徽农业科学,2024,52(1):56-60,71.

[5] 李边疆. 土地利用与生态环境关系研究[D]. 南京:南京农业大学,2007.

[6] 乔青,高吉喜,王维,等. 生态脆弱性综合评价方法与应用[J]. 环境科学研究,2008(5):117-123.

[7] 杨月圆,王金亮,杨丙丰. 云南省土地生态敏感性评价[J]. 生态学报,2008(5):2253-2260.

[8] 云南省环境科学研究所. 丽江老君山自然保护区综合考察报告[R]. 2002.

[9] 云南省丽江市玉龙纳西族自治县人民政府. 云南玉龙黎明—老君山国家地质公园规划专项研究报告(2014-2025)[R]. 2014.

[10] 余艳红,吴学灿,杨张,等. 丽江老君山综合生态系统管理模型研究及应用[J]. 生态经济,2014,30(8):153-158.

[11] 赵慧珍. 老君山国家地质公园地质遗迹资源评价[D]. 昆明:云南师范大学,2015.

[12] 陈俊任,杨海兰. 抚仙湖禄充景区生态环境敏感性研究[J]. 测绘技术装备,2024,26(1):1-5.

[13] 朱志熹,肖琳,李彬朝,等. 基于 GIS 的广州市生态敏感性分析研究[J]. 林业与环境科学,2024,40(2):27-35.

[14] 刘若琦,黄志强. 基于 AHP-GIS 的宜春市生态敏感性评价[J]. 地理空间信息, 2024,22(4):54-59.

[15] 环境保护部. 生态保护红线划定技术指南(环发〔2015〕56 号)[EB/OL]. (2015-05-08)[2024-04-18]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201505/t20150518_301834.htm.

[16] 彭特,刘健行,邓传远. 基于 GIS 和层次分析法的福州国家森林公园生态敏感性评价[J]. 台湾农业探索,2021(1):84-90.

[17] 张铭珺,王艳鸽,钱晶晶,等. 基于 GIS 的政和县生态敏感性评价[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2023,36(4):13-17.

[18] 周俊,马世澎. SPSSAU 科研数据分析方法与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2024.

[19] 韩利,梅强,陆玉梅,等. AHP-模糊综合评价方法的分析与研究[J]. 中国安全科学学报,2004,14(7):86-89.

[20] 谭跃进. 定量分析方法[M]. 北京:中国人民大学出版社,2012.

责任编辑:杨竣焓