

doi: 10.6046/zrzyg.2023242

引用格式: 王芳蕾,张磊,翟富祥. 基于 EWM-CRITIC-TOPSIS 模型的新疆典型自然景观评估[J]. 自然资源遥感, 2025, 37(1): 94-101. (Wang F L, Zhang L, Zhai F X. Evaluation of typical natural landscapes in Xinjiang based on an EWM-CRITIC-TOPSIS model[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2025, 37(1): 94-101.)

基于 EWM-CRITIC-TOPSIS 模型的 新疆典型自然景观评估

王芳蕾^{1,2,3}, 张磊^{1,2}, 翟富祥⁴

(1. 中国科学院空天信息创新研究院数字地球重点实验室, 北京 100094; 2. 可持续发展大数据国际研究中心, 北京 100094; 3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 航天时代飞鸿技术有限公司, 北京 100094)

摘要: 2021 年我国启动了第三次新疆综合科学考察, 为建立以国家公园为主体的自然保护地体系、实现世界自然遗产申报与保护的目标, 利用天地一体化技术进行自然景观识别, 文章构建了 EWM-CRITIC-TOPSIS 模型对新疆 15 类 460 处典型自然景观进行评价。结果表明: ①相比传统的多指标评价方法, EWM-CRITIC-TOPSIS 模型减轻了单一赋权法的局限性, 综合考虑了各项评价指标, 在景观评估中具有良好的应用性; ②分类别进行景观评估, 地质地貌景观中 I, II, III, IV 级占比分别为 2.9%, 30.5%, 44.7%, 21.9%; 陆地生物景观中 I, II, III, IV 级占比分别为 1.7%, 24.6%, 40.0%, 33.7%; I, II, III, IV 级湿地景观占比分别为 12.2%, 26.7%, 52.2%, 8.9%。研究可为新疆自然景观资源的保护、利用和管理提供重要依据和参考。

关键词: 典型自然景观调查; 景观评价; 熵权法; CRITIC 赋权法; 逼近理想解排序法

中图法分类号: P 94; TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-034X(2025)01-0094-08

0 引言

自然景观的相关研究涉及旅游、生态、规划和地理等多个领域。在旅游学中, 将自然景观视为由自然环境、物质、景象构成, 具有游览、休闲、疗养等价值的景物或景物综合体, 侧重美学价值和经济效益^[1]; 在景观生态学和地理学中, 将自然景观视为由不同镶嵌体组成的空间异质性区域, 是具有经济、生态和美学功能的自然综合体, 侧重空间性、异质性和功能性^[2]。不同领域的视角不同, 但共同揭示了自然景观是具有多重价值和功能的宝贵资源。新疆维吾尔自治区地处亚欧大陆腹地, 生态系统多样, 自然景观独特, 资源丰富。2021 年, 我国启动了第三次新疆科学考察, 以推动建立以国家公园为主体的自然保护地体系, 助力国家公园设立、世界自然遗产申报和生物多样性保护跨境合作等生态环境保护工作; 同时充分发挥战略位置的优越性, 推动新疆高质量发展与丝绸之路经济带核心区建设。

新疆地区辽阔广袤, 自然景观相关研究尺度普

遍较小, 有必要采用遥感、地理信息系统 (geographic information system, GIS)、地面调查等技术, 对特定景观的面积、分布、地形地貌、生物多样性等进行调查^[3-4]。我国在 1956—1960 年与 1985—1989 年先后开展了第一次、第二次新疆综合考察, 主要通过野外科学考察对新疆的地貌、水文、地质等状况进行了调查, 掌握了部分自然景观信息, 但并未针对典型自然景观进行全疆的系统调查。自然景观评价是定量和定性地衡量和描述自然景观生态、环境和文化等特征的综合性评价方法。目前相关研究的对象通常为某类景观或者某个公园^[5], 缺少对一定数目不同类型景观的评估; 评价的内容包括视觉质量评价^[6]、声景评价^[7]和生态风险评价^[8]等, 聚焦于景观的某一功能或属性, 常用的定量评价方法有描述因子法、调查问卷法和直接评价法等^[9]。第三次新疆综合科学考察基于历史调查方法与成果, 参考目前自然景观评价思路及方法, 打破原有的技术、理论限制, 对全疆的典型自然景观进行系统全面的调查与评价。

针对新疆地区自然景观奇特、种类多、数量大、

收稿日期: 2023-08-04; 修订日期: 2023-09-25

基金项目: 国家第三次新疆综合科学考察项目“基于天-空-地协同的自然保护地综合资源调查”(编号: 2021xjkk1201) 资助。

第一作者: 王芳蕾 (1999-), 女, 硕士研究生, 主要从事土地覆盖遥感监测和生态环境评估研究。Email: wangfanglei21@mails.ucas.ac.cn。

通信作者: 张磊 (1965-), 男, 博士, 研究员, 主要从事土地覆盖遥感监测和生态环境评估研究。Email: zhanglei@radi.ac.cn。

分布广的特点,本研究通过天地一体化技术对自然景观进行识别。以单个自然景观为评价单元,基于熵权法(entropy weight method, EWM)、CRITIC 权重法(criteria importance through intercriteria correlation)和逼近理想解排序法(technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS),建立 EWM-CRITIC-TOPSIS 模型,对大范围、不同类型的景观进行科学、高效的综合评价,旨在为新疆自然景观资源的保护、利用和管理提供重要依据和参考。

1 研究区概况及数据源

1.1 研究区概况

新疆地处欧亚大陆中心,受青藏高原新构造隆

起和大陆板块运动影响,形成了“三山夹二盆”地形格局。在景观尺度上,又形成了新疆复杂的地质结构、高山峡谷、火山、温/气泉、岩石地貌等典型的景观。由于远离海洋,西风带和季风气团很难到达,年降水量多在 200 mm 以下,干燥的气候形成了全球最典型的风蚀地貌、风积地貌以及荒漠植被景观。在气候与地壳内外营力的共同作用下,形成了新疆独特的冰川-高山草甸-荒漠-绿洲的垂直自然景观。这是国内自然景观资源最为丰富的省区之一。

1.2 数据来源

为进行新疆典型自然景观识别与评价,采集了新疆地区的遥感影像、土地覆盖、归一化差异植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)、生态系统服务价值和生态系统敏感性等数据(表 1)。

表 1 数据收集清单

Tab.1 List of data collection

序号	类型	名称	分辨率/m	数据来源
1	栅格数据	Sentinel-2A 卫星影像	10	Google Earth Engine
		高分系列卫星影像(全色,多光谱)	2,8	对地观测数据共享计划平台
		SRTM DEM 数据	90	Google Earth Engine
		Sentinel-2 Land Cover 数据	10	ArcGIS Living Atlas of the World
		MOD13Q1 006 NDVI 数据	250	Google Earth Engine
		生态系统服务价值空间数据集	1 000	资源环境科学与数据中心
		中国生态系统敏感性数据集	1 000	中国生态系统评估与生态安全格局数据库
2	矢量数据	中国维管植物种数空间分布数据	—	生态环境部南京所《中国生物多样性本底评估报告》
		行政边界	—	全国地理信息资源目录服务系统
		主要河流	—	Open Street Map
3	其他	自然保护地边界	—	国家林业和草原局自然保护地管理司
		新疆自然景观相关图册、论文	—	中国知网等

2 研究方法

2.1 建立景观分类系统

新疆典型自然景观指新疆地区具有代表性、独特性和优越性的自然景观,是能够体现新疆地质地貌、生态系统、环境变迁和地壳运动等特征的,审美

价值高且具有一定规模的地貌或生态系统。根据典型性原则,选取具有特殊地质结构、地貌形态的地质地貌景观,具有生物保护、美学价值的陆地生物景观和具有生物栖息地保护、美学价值的湿地景观。按景观质地划分 3 个 I 级类;按地层结构、内外营力、植被类型、水体状态划分 15 个 II 级类(表 2)。

表 2 新疆典型自然景观分类系统

Tab.2 Classification system of typical natural landscapes in Xinjiang

I 级代码	I 级类型	II 级代码	II 级类型	II 级类型定义
1	地质地貌景观	11	地质剖面景观	具有保存完整、连续、代表性和科学价值的地质剖面,或者具有色彩鲜明的地层
		12	生物化石景观	大型的地层化石群,如硅化木、恐龙化石等
		13	风蚀地貌景观	由风蚀作用形成的,具有一定排列和组合方式的岩石地貌,如雅丹地貌
		14	风积地貌景观	由风积作用形成的,具有奇特排列和组合方式的松散堆积地貌,如坡面沙丘
		15	岩石地貌景观	受风化、季节性冲蚀、重力崩塌,以及岩性变化、解理作用,形成形态各异、色彩鲜明的岩石和山体地貌,如球形花岗岩、奇异侵入岩、丹霞地貌等
		16	岩溶地貌景观	灰岩、盐岩、第四纪沉积物经水环境溶蚀,及自身岩性、解理作用,形成喀斯特溶洞、石林、土林、盐山、泉华等
		17	构造地貌景观	由新构造运动和地质构造引起的地面隆起、褶皱(向斜和背斜)、大断裂,如险峰、陡崖、大峡谷、断裂带
		18	火山地貌景观	岩浆侵入或喷发,泥沙喷发形成火山口、熔岩流及侵入体地貌

(续表)

I 级代码	I 级类型	II 级代码	II 级类型	II 级类型定义
2	陆地生物景观	21	寒温带针叶林景观	山地高大、原始的针叶林
		22	山地草原草甸景观	山地生长致密的典型草原和草甸
		23	荒漠乔木林景观	在河流两侧、古河道分布的荒漠乔木林,如胡杨林
3	湿地景观	31	湖泊景观	大型的、纯净的湖泊
		32	沼泽景观	由湖泊和河流发育的沼泽地景观
		33	泉水与瀑布景观	由温泉、气泉、瀑布形成的景观
		34	永久冰川积雪景观	高海拔地区因极寒形成的永久性冰川和积雪

2.2 天地一体化景观识别

采用遥感监测与地面调查相结合的天地一体化技术进行景观识别。基于 Sentinel-2A 卫星影像、高分系列卫星影像等多源遥感数据,利用景观的光谱、纹理和形状信息进行多尺度分割,提取景观对象。以初步识别结果为样本开展外业调查,利用车载全球定位系统(global positioning system, GPS)与手持“外业精灵”景观采集系统对样本进行野外跟踪与标注,对典型景观组成要素进行照片采集和特征采集,完成景观位置、大小、形态、色彩和结构的探测与记录。对野外科考信息进行加工处理,根据科考成

果建立遥感目视解译标志,验证内业景观调查结果,对景观进行精准识别。

2.3 景观评价方法

2.3.1 建立评价指标体系

参考《风景名胜区总体规划标准》^[10]和《国家公园设立规范》^[11]的景观及公园评价标准建立综合评价层,根据新疆典型地质地貌景观、陆地生物景观、湿地景观的不同特性,建立项目评价层,并分别选择适宜的量化指标,构建以国家公园为主体的自然保护地体系、以世界自然遗产申报与保护为目标的新疆典型自然景观综合评价指标体系(表 3)。

表 3 典型自然景观综合评价指标体系

Tab.3 Integrate evaluation index system of typical natural landscapes

序号	综合评价层	项目评价层	地质地貌评价指标	陆地生物评价指标	湿地评价指标
1	美学价值	形态奇特性	景观奇特度	景观奇特度	景观形状指数
		色彩独特性	色彩丰富度	植被饱和度	色彩饱和度
		结构差异性	色彩饱和度	—	—
		空间组合度	景观差异度	景观类型指数	景观类型指数
2	科学价值	珍稀性	景观类型数量	景观类型面积	景观类型数量
		典型性	景观典型度	—	—
		完整性	景观完整度	植物多样性	—
3	生态价值	调节服务	—	气候调节价值 气体调节价值 净化环境价值	水文调节价值 净化环境价值
		供给服务	—	原料生产价值	水资源供给价值
		支持服务	—	土壤保持价值	维持养分循环价值 生物多样性价值
				生物多样性价值	
4	环境扰动	自然扰动	沙漠化敏感性 土壤侵蚀敏感性 盐渍化敏感性	酸雨敏感性 土壤侵蚀敏感性 盐渍化敏感性	盐渍化敏感性 酸雨敏感性
		人为扰动	自然保护地面积	自然保护地面积	自然保护地面积
5	景观属性	水平规模	景观面积	景观面积	景观面积
		垂直规模	景观相对高差	景观相对高差	景观相对高差

2.3.2 评价指标描述

基于表 1 中的多源数据以及野外科学考察结

果,选择具体的指数或度量方法将评价指标量化。指标描述如表 4 所示。

表 4 指标描述

Tab.4 Description of indicators

序号	指标	单位	指标描述	序号	指标	单位	指标描述
1	景观奇特度	—	野外科考奇特度评分	15	净化环境价值	万元/km ²	当量因子法净化环境价值
2	景观形状指数	m ⁻¹	周长面积比	16	原料生产价值	万元/km ²	当量因子法原料生产价值
3	色彩丰富度	—	Hasler 色彩丰富度指数 ^[12]	17	土壤保持价值	万元/km ²	当量因子法土壤保持价值

(续表)

序号	指标	单位	指标描述	序号	指标	单位	指标描述
4	色彩饱和度	—	RGB 通道中最大、最小值之差与最大值的比值	18	维持养分循环价值	万元/km ²	当量因子法维持养分循环价值
5	植被饱和度	—	NDVI	19	生物多样性价值	万元/km ²	当量因子法生物多样性价值
6	景观差异度	—	野外科考结构差异度评分	20	水文调节价值	万元/km ²	当量因子法水文调节价值
7	景观类型指数	—	香农多样性指数	21	水资源供给价值	万元/km ²	当量因子法水资源供给价值
8	景观类型数量	个	同类景观的数量	22	沙漠化敏感性	—	沙漠化敏感性等级
9	景观类型面积	km ²	同类景观的面积	23	土壤侵蚀敏感性	—	土壤侵蚀敏感性等级
10	景观典型度	—	野外科考典型度评分	24	盐渍化敏感性	—	盐渍化敏感性等级
11	景观完整度	—	野外科考完整度评分	25	酸雨敏感性	—	酸雨敏感性等级
12	植物多样性	—	维管植物种类数量等级	26	自然保护区面积	km ²	划为自然保护区的面积
13	气候调节价值	万元/km ²	当量因子法气候调节价值	27	景观面积	km ²	景观的面积
14	气体调节价值	万元/km ²	当量因子法气体调节价值	28	景观相对高差	m	最大高程与最小高程之差

2.3.3 EWM-CRITIC-TOPSIS 景观评估

EWM^[13] 基于信息论中熵的概念进行权重分配,对指标内部差异的敏感度更高; CRITIC 权重法^[14] 基于指标之间的相关性进行权重分配,可以减小指标间相关性的影响。2 种赋权法结合可以在考虑指标差异性和指标关联性之间取得平衡,提高权重计算的科学性。TOPSIS^[15] 是一种多指标综合评价方法,通过计算每个样本到正负理想解的欧氏距离,评价样本的相对优劣程度。本研究构建 EWM-CRITIC-TOPSIS 模型进行景观评估。

1) EWM 计算权重。对 m 个样本的 n 项评价指标构建原始矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$, 其中有多种量纲的正、负向指标,正向指标与景观评分呈正相关,负向指标则与景观评分呈负相关。负向指标包括景观类型数量、景观类型面积、沙漠化敏感性、土壤侵蚀敏感性、盐渍化敏感性和酸雨敏感性等 6 项。对原始矩阵进行标准化,得到标准化矩阵 $Y = (y_{ij})_{m \times n}$, 正向和负向指标的标准化公式分别为:

$$y_{ij}^+ = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$$

$$y_{ij}^- = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (2)$$

式中: y_{ij}^+ 和 y_{ij}^- 分别为标准化后的第 i ($i = 1, 2, \dots, m$) 个样本的第 j ($j = 1, 2, \dots, n$) 项正向和负向指标; x_{ij} 为原始矩阵中第 i 个样本的第 j 项指标; x_{\max} 和 x_{\min} 分别为 x_{ij} 中的最大值和最小值。

将标准化矩阵中的元素转换成概率值,得到概率矩阵 $P = (p_{ij})_{m \times n}$, 即

$$p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}}, \quad (3)$$

式中: p_{ij} 为第 j 项指标在第 i 个样本的数值占该指标比重。

计算第 j 项指标的信息熵值 E_j , 当 $p_{ij} = 0$ 时, $p_{ij} \ln p_{ij} = 0$, 则

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (4)$$

计算第 j 项指标的 EWM 权重 $W1_j$, 即

$$W1_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^n (1 - E_j)} \quad (5)$$

2) CRITIC 权重法计算权重。使用标准差来表示指标变异性,计算第 j 项指标的标准差 S_j , 即

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}{m - 1}}, \quad (6)$$

式中: \bar{y}_j 为第 j 项指标的平均值。计算第 j 项指标的矛盾性 F_j , 即

$$F_j = \sum_{i=1}^m (1 - r_{ij}) \quad (7)$$

式中: r_{ij} 为第 j 项指标与其他指标皮尔逊相关系数。计算第 j 项指标的 CRITIC 权重 $W2_j$, 即

$$W2_j = \frac{S_j \times F_j}{\sum_{j=1}^n (S_j \times F_j)} \quad (8)$$

3) EWM-CRITIC 赋权法计算权重。将 EWM 赋权法所得权重与 CRITIC 赋权法所得权重进行线性计算组合,采用 EWM-CRITIC 综合赋权法得到第 j 项指标的权重 W_j , 即

$$W_j = a W1_j + (1 - a) W2_j \quad (9)$$

式中: a 为权重系数,这里认为 EWM 赋权法和 CRITIC 赋权法同样重要,故 a 取 0.5。

4) TOPSIS 景观评估。将标准化矩阵中 y_{ij} 和权重 W_j 相乘,得到加权标准化矩阵 $Z = (z_{ij})_{m \times n}$, 即

$$z_{ij} = W_j \times y_{ij} \quad (10)$$

计算正、负理想解 I_j^+ 和 I_j^- , 即

$$I_j^+ = \max(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{mj}) \quad (11)$$

$$I_j^- = \min(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{mj}) \quad (12)$$

用欧式距离反映样本的相对优劣,计算各样本与正、负理想解的欧氏距离,即

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (I_j^+ - z_{ij})^2} \quad (13)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (I_j^- - z_{ij})^2} \quad (14)$$

式中: D_i^+ 和 D_i^- 分别为第 i 个样本到正、负理想解的欧式距离。通过计算样本与最优解的接近程度来获取综合评分 C_i , 即

$$C_i = D_i^- / D_i^+ + D_i^- \quad (15)$$

为直观描述景观相对优劣,采用自然断点分级法对综合评分进行分级,从高到低(从优到劣)依次分为 I, II, III, IV 等 4 个等级。

3 结果与分析

3.1 自然景观的数量及分布特征

本研究的评价对象为新疆典型自然景观,包括 3 个 I 级类、15 个 II 级类、460 处景观(图 1)。地质地貌景观有 105 处,地质剖面景观、生物化石景观、风蚀地貌景观、风积地貌景观、岩石地貌景观、岩溶地貌景观、构造地貌景观、火山地貌景观分别有 13, 3, 26, 4, 21, 19, 11, 8 处; 陆地生物景观有 175 处,寒温带性针叶林景观、山地草原草甸景观、荒漠乔木林景观分别有 99, 50, 26 处; 湿地景观有 180 处,湖泊景观、沼泽景观、泉水与瀑布景观和永久冰川积雪景观分别有 25, 26, 19, 110 处。

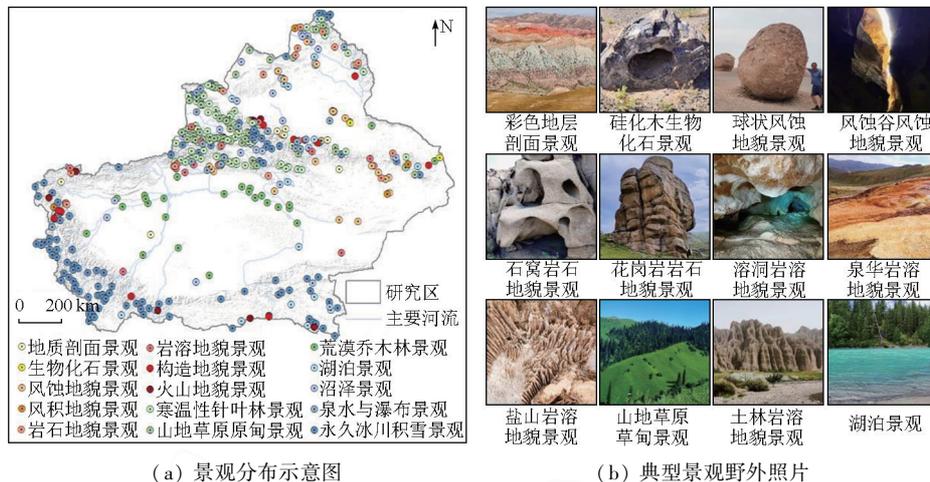


图 1 研究区典型自然景观空间分布格局与野外照片

Fig.1 Spatial distribution pattern and field photos of typical natural landscapes in the study area

3.2 评价指标的权重分配

通过 EWM-CRITIC 赋权法,得到指标权重分配结果(表 5)。根据评价指标权重分配情况可知:地质地貌景观指标中,土壤侵蚀敏感性和景观类型指数的 EWM 权重均小于 0.01,指标变异程度小,通过 CRITIC 赋权法的平衡,综合权重大于 0.01; 陆地生

物景观指标中,自然保护地面积的 EWM 权重为 0.26,权重分配过高,经 CRITIC 权重平衡,综合权重为 0.147 4,合理性得到提高。由此可见,EWM-CRITIC 赋权法可以避免单一赋权法的局限性,防止指标权重过大或者过小。

表 5 新疆典型自然景观评价指标权重

Tab.5 Evaluation index weights of typical natural landscapes in Xinjiang

序号	地质地貌景观		陆地生物景观		湿地景观	
	指标	权重	指标	权重	指标	权重
1	自然保护地面积	0.181 5	自然保护地面积	0.147 4	景观类型数量	0.115 4
2	景观面积	0.166 0	景观类型面积	0.108 4	维持养分循环价值	0.098 2
3	景观类型数量	0.094 7	景观奇特度	0.083 7	自然保护地面积	0.091 8
4	沙漠化敏感性	0.080 3	景观面积	0.082 9	生物多样性价值	0.089 6
5	景观相对高差	0.078 4	土壤保持价值	0.063 0	净化环境价值	0.088 6
6	盐渍化敏感性	0.059 6	植物多样性	0.052 0	盐渍化敏感性	0.073 6
7	景观奇特度	0.055 4	景观类型指数	0.046 8	水文调节价值	0.066 5
8	景观丰富度	0.052 2	酸雨敏感性	0.041 1	景观面积	0.064 5

(续表)

序号	地质地貌景观		陆地生物景观		湿地景观	
	指标	权重	指标	权重	指标	权重
9	景观典型度	0.050 6	维持养分循环价值	0.041 0	景观形状指数	0.063 1
10	色彩饱和度	0.050 0	原料生产价值	0.039 5	景观相对高差	0.058 2
11	景观差异度	0.043 0	净化环境价值	0.038 5	景观类型指数	0.051 6
12	景观完整度	0.037 2	气体调节价值	0.038 5	酸雨敏感性	0.051 4
13	土壤侵蚀敏感性	0.032 1	生物多样性价值	0.038 4	水资源供给价值	0.049 3
14	景观类型指数	0.018 8	景观相对高差	0.038 3	色彩饱和度	0.038 1
15			气候调节价值	0.037 3		
16			土壤侵蚀敏感性	0.036 7		
17			盐渍化敏感性	0.034 8		
18			植被饱和度	0.031 8		

3.3 新疆典型自然景观评价结果

基于 EWM-CRITIC-TOPSIS 模型,分别对地质地貌、陆地生物和湿地 3 类景观计算综合评分,得到 15 个 II 级类的综合评价价值;对评价价值进行统计分析,得到分布规律(图 2)。

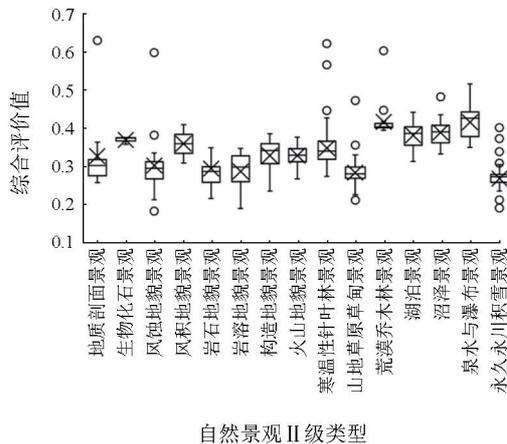


图 2 典型自然景观综合评价价值统计
Fig.2 Statistics of integrate evaluation value of typical natural landscapes

在地质地貌景观中,生物化石景观和风积地貌景观的得分普遍较高,岩溶地貌景观的平均评价价值最低。在陆地生物景观中,荒漠乔木林景观、寒温带针叶林景观和山地草原草甸景观的整体分值依次降低,荒漠乔木林景观的得分普遍较其他景观高。在湿地景观中,湖泊景观、沼泽景观和泉水与瀑布景观整体差距不大,永久冰川积雪景观的评价价值分布较为分散,平均评价价值最低。

对研究区地质地貌景观、陆地生物景观和湿地景观的综合评价价值进行分级,得到 3 类景观的等级评价结果(图 3)。在 105 处地质地貌景观中, I, II, III, IV 级占比分别为 2.9%, 30.5%, 44.7%, 21.9%; I 级景观占比最少,包括大海道雅丹地貌、博乐怪石峪和吐鲁番火焰山构造地貌; II 级景观主要分布在北天山北麓、南天山中段、南天山-西昆仑交界处、库穆尔盆地北部和准噶尔盆地东南部。在

175 处陆地生物景观中, I, II, III, IV 级占比分别为 1.7%, 24.6%, 40.0%, 33.7%; I 级景观占比最少,包括博格达针叶林、塔里木河中上游胡杨林和福海-富蕴阿尔泰针叶林; II 级景观主要为荒漠乔木林景观和寒温带针叶林景观,主要分布在塔里木河沿岸、中天山和阿尔泰山脉。在 180 处湿地景观中, I, II, III, IV 级占比分别为 12.2%, 26.7%, 52.2%, 8.9%; I 级和 IV 级景观占比较少, I 级景观主要为湖泊景观、湿地景观和泉水与瀑布景观,主要分布在新疆东南部的昆仑山脉、新疆中部的天山山脉和新疆北部的阿尔泰附近。综上所述, I 级景观普遍位于社会评价较高的自然保护区、国家公园和风景名胜区,评价结果具有合理性。

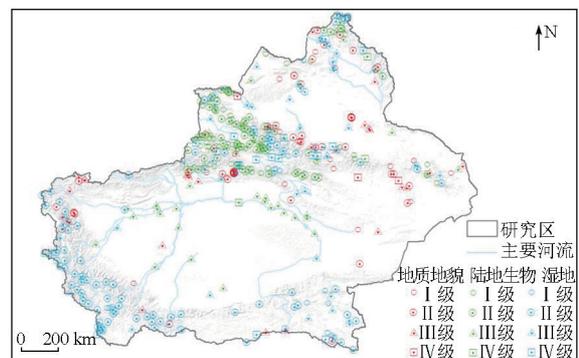


图 3 研究区典型自然景观等级评价示意图
Fig.3 Grade evaluation of typical natural landscapes in the study area

4 结论

本研究基于天地一体化技术,调查了新疆 460 处典型自然景观,构建了新疆典型自然景观评价指标体系,使用 EWM-CRITIC-TOPSIS 模型对景观进行了评价,结果表明:

1)天地一体化技术与以景观为评价单元的评价方法相结合,综合利用不同尺度的卫星、地面多源遥感数据与调查数据,获取景观不同层次的特征以

及信息,提高了景观调查和评价指标量化的效率,可以高效、系统、科学地实现对大范围、多景观的监测及评估。

2)本研究使用的 EWM-CRITIC-TOPSIS 景观评价模型可以很好地调整指标权重,减轻单一赋权法的局限性,综合考虑各项评价指标的信息熵和指标相关性,可以全面地评价不同景观的相对优劣程度,在景观评估中具有良好的应用性。

参考文献 (References) :

- [1] 成程,肖焱,饶思明.北京香山公园自然景观价值二十年变迁[J].生态学报,2014,34(20):6020-6027.
Cheng C, Xiao Y, Rao E M. Analysis of natural landscape value change in recent 20 years of Xiangshan Park in Beijing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(20): 6020-6027.
- [2] 肖笃宁,李秀珍.当代景观生态学的进展和展望[J].地理科学,1997,17(4):356-364.
Xiao D N, Li X Z. Development and prospect of contemporary landscape ecology[J]. Scientia Geographica Sinica, 1997, 17(4): 356-364.
- [3] 王春玲,樊怡琳,庞勇,等.基于 GEE 与 Sentinel-2 影像的落叶针叶林提取[J].北京林业大学学报,2023,45(8):1-15.
Wang C L, Fan Y L, Pang Y, et al. Extraction of deciduous coniferous forest based on Google Earth Engine(GEE) and Sentinel-2 image[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2023, 45(8): 1-15.
- [4] 王磊,方维萱,鲁佳,等.新疆乌恰康苏地区构造地貌与景观生态格局研究[J].地质力学学报,2022,28(1):101-112.
Wang L, Fang W X, Lu J, et al. A study on tectonic geomorphology and landscape ecological pattern in the Kangsu area, Wuqia, Xinjiang[J]. Journal of Geomechanics, 2022, 28(1): 101-112.
- [5] Dong S, Ma J, Mo Y, et al. GIS-based watershed unit forest landscape visual quality assessment in Yangshuo section of Lijiang River basin, China[J]. Sustainability, 2022, 14(22): 14895.
- [6] 张致义.冬奥平原快速通道林带视觉景观质量评价研究[D].北京:中国林业科学研究院,2021.
Zhang Z Y. Study on visual landscape quality evaluation of fast track forest belt in winter Olympic plain[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2021.
- [7] Li H, Xie H, Woodward G. Soundscape components, perceptions, and EEG reactions in typical mountainous urban parks[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2021, 64: 127269.
- [8] 刘珍环,张国杰,付凤杰.基于景观格局-服务的景观生态风险评价——以广州市为例[J].生态学报,2020,40(10):3295-3302.
Liu Z H, Zhang G J, Fu F J. Assessing landscape ecological risk based on landscape pattern and services in Guangzhou during 1990-2015[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(10): 3295-3302.
- [9] Kang N, Liu C. Towards landscape visual quality evaluation: Methodologies, technologies, and recommendations[J]. Ecological Indicators, 2022, 142: 109174.
- [10] 住房和城乡建设部. GB/T 50298—2018 风景名胜区总体规划标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.
Ministry of Housing and Urban - Rural Development. GB/T 50298—2018 Overall planning standards for scenic spots[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018.
- [11] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. GB/T 39737—2021 国家公园设立规范[S].北京:中国标准出版社,2021.
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration. GB/T 39737—2021 Specification for national park establishment[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [12] Hasler D, Suesstrunk S E. Measuring colorfulness in natural images [C]//Proceeding SPIE 5007, Human Vision and Electronic Imaging VIII, 2003, 5007: 87-95.
- [13] 田福金,马青山,张明,等.基于主成分分析和熵权法的新安江流域水质评价[J].中国地质,2023,50(2):495-505.
Tian F J, Ma Q S, Zhang M, et al. Evaluation of water quality in Xin'anjiang River basin based on principal component analysis and entropy weight method[J]. Geology in China, 2023, 50(2): 495-505.
- [14] 胥明,许杰,万友生,等.基于 CRITIC 法与 TOPSIS 地铁车站施工安全评价[J].自然灾害学报,2022,31(3):157-166.
Xu M, Xu J, Wan Y S, et al. Safety evaluation of subway station construction based on CRITIC method and TOPSIS[J]. Journal of Natural Disasters, 2022, 31(3): 157-166.
- [15] Neogi D. Performance appraisal of select nations in mitigation of COVID-19 pandemic using entropy based TOPSIS method[J]. Ciencia & Saude Coletiva, 2021, 26(4): 1419-1428.

Evaluation of typical natural landscapes in Xinjiang based on an EWM-CRITIC-TOPSIS model

WANG Fanglei^{1,2,3}, ZHANG Lei^{1,2}, ZHAI Fuxiang⁴

(1. Key Laboratory of Digital Earth Science, Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China; 2. International Research Center of Big Data for Sustainable Development Goals, Beijing 100094, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Aerospace Times Feihong Technology Company Limited, Beijing 100094, China)

Abstract: In 2021, China launched the third comprehensive scientific expedition in Xinjiang to establish a natural protected area system centered around national parks and to achieve the goal of the declaration and protection of

world natural heritage. Based on the natural landscape identification using the space-ground integrated technology, this study constructed an EWM - CRITIC - TOPSIS model, followed by the elevation of 460 typical natural landscapes of 15 categories in Xinjiang. The results indicate that compared to traditional multi-index evaluation methods, the EWM - CRITIC - TOPSIS model can reduce the limitations of a single weighting approach by comprehensively considering various evaluation indicators, proving highly applicable to landscape assessment. The assessment of landscapes by categories reveals that grade I, II, III, and IV geological and geomorphological landscapes account for 2.9%, 30.5%, 44.7%, and 21.9%, respectively; grade I, II, III, and IV terrestrial biological landscape represent 1.7%, 24.6%, 40.0%, and 33.7%, respectively, and grade I, II, III, and IV wetland landscapes account for 12.2%, 26.7%, 52.2%, and 8.9%, respectively. This study will provide an important foundation and reference for the protection, utilization, and management of natural landscape resources in Xinjiang.

Keywords: typical natural landscape investigation; landscape evaluation; entropy weight method (EWM); CRITIC weight method; technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS)

(责任编辑: 张 仙)

