北京林业大学学报
JOURNAL OF BEIJING FORESTRY UNIVERSITY

基于多维综合评价的小兴安岭国家公园优先规划区识别

王韶晗 宋爽 邢姝寒 白赫 许大为

Priority planning area identification of Xiaoxing'anling National Park based on multi-dimensional comprehensive evaluation

Wang Shaohan, Song Shuang, Xing Shuhan, Bai He, Xu Dawei

引用本文:
王韶晗, 宋爽, 邢姝寒, 白赫, 许大为. 基于多维综合评价的小兴安岭国家公园优先规划区识别[J]. 北京林业大学学报, 2026, 48(7):195–209. doi: 10.12171/j.1000–1522.20240043
Wang Shaohan, Song Shuang, Xing Shuhan, Bai He, Xu Dawei. Priority planning area identification of Xiaoxing'anling National Park based on multi-dimensional comprehensive evaluation[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2026, 48(7):195–209. doi: 10.12171/j.1000–1522.20240043

在线阅读 View online: https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20240043

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

拟建松嫩平原国家公园边界划定研究

Boundary delimitation of the proposed Songnen Plain National Park of northeastern China

北京林业大学学报, 2022, 44(1): 103–112. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20210418

基于线上线下视角的武夷山国家公园空间活力特征及影响因素

Spatial vitality characteristics and influencing factors of Wuyi Mountain National Park from online and offline perspectives

北京林业大学学报, 2025, 47(4): 117–128. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20240278

基于激光雷达技术估算钱江源国家公园森林的地上生物量

Utilizing LiDAR technology to estimate forest aboveground biomass in Qianjiangyuan National Park, Jiangxi Province of eastern China

北京林业大学学报, 2022, 44(10): 77–84. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20220383

以生境保护优先的北京市第二道绿化隔离地区郊野公园选址方法

Site selection methods of country park with priority of habitat protection in the second green isolated area of Beijing

北京林业大学学报, 2021, 43(2): 127–137. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20200135

海南热带雨林国家公园海南长臂猿夜宿生境选择初步研究

Preliminary study on night lodging habitat selection of *Nomascus hainanus* in Hainan Tropical Rainforest National Park, southern China

北京林业大学学报, 2021, 43(2): 113–126. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20200185

小兴安岭森林植被物候对气候变化的响应

Response of forest vegetation phenology to climate change in Xiaoxing'an Mountains of northeastern China

北京林业大学学报, 2023, 45(3): 34–47. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20210364

DOI:10.12171/j.1000−1522.20240043

基于多维综合评价的小兴安岭国家公园优先规划区识别

王韶晗[1]　宋　爽[2]　邢姝寒[3]　白　赫[3]　许大为[3]
（1. 福建农林大学风景园林与艺术学院，福建 福州 350100；2. 贵州大学建筑与城市规划学院，贵州 贵阳 550025；
3. 东北林业大学园林学院，黑龙江 哈尔滨 150040）

摘要:【目的】针对国家公园空间规划中评价体系不系统、生态重要性与管理可行性量化难等问题，以小兴安岭国家公园候选区为例，构建多维综合评价框架并识别其优先规划区域，旨在推动国家公园空间规划系统化，为我国国家公园体制建设工作提供参考。**【方法】**通过构建“国家代表性−生态重要性−管理可行性”三维评价体系，综合 GIS、MaxEnt、Fragstats、CASA 及 InVEST 模型开展多层级指标评价与空间分析，采用 AHP−熵权法组合赋权，识别小兴安岭研究区代表物种适生区范围较广、景观代表性较强、生态完整性和原真性较高，且管理可行性较大的国家公园优先规划区域。**【结果】**(1)准则层权重排序为国家代表性(0.434) > 生态重要性(0.316) > 管理可行性(0.250)。(2)国家代表性维度：研究区代表物种适生区主要集中于中南部，并与高等级景观分布吻合。(3)生态重要性维度：生态格局−过程−服务总体呈现中部高、外围低的分异格局，并与原真性评价结果一致性较高。(4)管理可行性维度：研究区人口密度较低且中部与东南片区保护地聚集度高，具备较好的管理建设基础与公众服务条件。(5)综合评价表明，小兴安岭国家公园候选区最优规划区约占研究区总面积的 14.05%，较优规划区占比约为 10.88%，优先规划区主要集中于伊春市及黑河市逊克县南部。**【结论】**国家代表性在小兴安岭国家公园优先规划区识别中占主导地位，且优先规划区呈现显著空间集聚特征。研究构建的多维综合评价框架为小兴安岭国家公园候选区的科学识别与空间优化提供了量化依据与技术支撑，并对其他国家公园候选区的规划与管理具有一定的借鉴意义。

关键词：国家公园；优先规划区识别；物种适生区模拟；小兴安岭；多维综合评价框架
中图分类号：X36　**文献标志码：**A　**文章编号：**1000−1522(2026)07−0195−15
引文格式：王韶晗，宋爽，邢姝寒，等. 基于多维综合评价的小兴安岭国家公园优先规划区识别 [J]. 北京林业大学学报，2026，48(7)：195−209. Wang Shaohan, Song Shuang, Xing Shuhan, et al. Priority planning area identification of Xiaoxing’anling National Park based on multi-dimensional comprehensive evaluation[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2026, 48(7): 195−209.

Priority planning area identification of Xiaoxing’anling National Park based on multi-dimensional comprehensive evaluation

Wang Shaohan[1]　Song Shuang[2]　Xing Shuhan[3]　Bai He[3]　Xu Dawei[3]
(1. College of Landscape Architecture and the Arts, Fujian Agriculure and Forestry University, Fuzhou 350100, Fujian, China;
2. School of Architecture and Urban Planning, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China;
3. College of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: [**Objective**] Addressing the issues of an unsystematic evaluation system and the challenges in quantifying ecological significance and management feasibility within National Park spatial planning, this

收稿日期: 2024−02−25　**修回日期:** 2026−04−14
基金项目: 福建省级财政林业科技推广项目(2026FKJ22)，福建省中青年教师教育科研项目(JAT251039)。
第一作者: 王韶晗，讲师。主要研究方向：风景园林规划设计研究。Email: 501205049@qq.com　地址：350100 福建省福州市闽侯县福建农林大学风景园林与艺术学院。
责任作者: 许大为，博士，教授。主要研究方向：风景园林规划设计研究。Email: xdw_ysm@126.com　地址：150040 黑龙江省哈尔滨市香坊区东北林业大学园林学院。
本刊网址: https://j.bjfu.edu.cn; https://journal.bjfu.edu.cn

study takes the candidate region of the Xiaoxing'anling National Park as a case study to construct a multi-dimensional comprehensive evaluation framework and identify priority planning areas. The objective is to advance the systematization of National Park spatial planning and offer insights for the establishment of China's national park system. [**Method**] By constructing a three-dimensional evaluation system encompassing national representativeness, ecological importance, and management feasibility, this study integrated GIS, MaxEnt, Fragstats, CASA, and InVEST models to conduct multi-level indicator evaluation and spatial analysis. The combined weighting method of AHP and entropy weight was adopted to determine indicator weights. As a result, priority planning areas were identified in the Xiaoxing'anling study area, which featured extensive suitable habitats for representative species, prominent landscape representativeness, high ecological integrity and authenticity, as well as considerable management feasibility. [**Result**] (1) The weights of the criterion layer ranked as follows: national representativeness (0.434) > ecological importance (0.316) > management feasibility (0.250). (2) In terms of national representativeness, suitable habitats for representative species in the study area were mainly concentrated in the south-central part, coinciding with the distribution of high-level landscapes. (3) In terms of ecological importance, the ecological pattern–process–services generally exhibited a spatial differentiation pattern of high values in the central region and low values in the peripheral areas, which was largely consistent with the authenticity assessment results. (4) In terms of management feasibility, the study area featured low population density, and high concentration of protected areas in the central and southeastern parts, indicating favorable conditions for management and public service infrastructure. (5) The comprehensive evaluation indicated that the optimal planning areas within the candidate region of the Xiaoxing'anling National Park accounted for approximately 14.05% of the total study area, and the suboptimal planning areas accounted for approximately 10.88%. The priority planning areas were mainly distributed in Yichun City and the southern part of Xunke County, Heihe City. [**Conclusion**] National representativeness played a dominant role in the identification of priority planning areas in the Xiaoxing'anling National Park, and the priority planning areas exhibited a significant spatial clustering pattern. The multi-dimensional comprehensive evaluation framework constructed in this study provides a quantitative basis and technical support for the scientific identification and spatial optimization of the candidate region of the Xiaoxing'anling National Park, and offers valuable reference for the planning and management of other national park candidate regions.

Key words: national park; priority planning area identification; habitat suitability modelling; Xiaoxing'anling; multi-dimensional comprehensive evaluation framework

国家公园建设承载着合理保护与利用自然资源、维护国家生态安全、提升生态系统服务功能的重要使命。在生态文明战略持续推进的背景下，国家公园设立工作正逐步迈向体系化建设的新阶段[1]。

自我国正式提出建设国家公园体制以来，虽历时较短，但成效显著。在空间规划层面，早期研究已围绕国家公园遴选机制与布局方案开展了相关探讨。在参考加拿大、美国等国家的国家公园体系建设成果[2]，以及我国国家级自然保护地分布特征[3]、国土风貌管控[4]、重要生态地理单元[5−6]等基础上，国家林草局于 2023 年发布了《国家公园空间布局方案》，在首批 5 个国家公园之外，布局了 44 个国家公园候选区，为我国国家公园体系建设指明了方向，并进一步明确了体制建设的工作内容。

国家公园的法定空间边界不仅是其重要标识，更是执行人与自然和谐共生管控规则的刚性“警戒线”。当前，我国已从顶层设计层面形成国家公园总体建设方案，亟须有序推进各个国家公园候选区的落地划界工作。建立科学、规范且具备较高可实施性的国家公园划界方法，已成为国家公园体制建设的迫切需求[7]。然而，现阶段我国国家公园划界工作尚缺乏统一规范的流程范式，各候选区域的建设实践亦各有侧重。前期研究[8]尝试借鉴自然保护区与风景名胜区的边界划定方法，但其内涵存在一定局限，难以充分体现国家公园建设的核心目标。彭涛[9]、孙乔昀[10]、Ma 等[11]通过构建国家公园规划适宜性评价体系，分别对武夷山生物多样性保护优先区（浙南区域）、松嫩平原国家公园候选区及三江源国家公园的边界方案进行了模拟。此外，基于自然景观评价[12]、保护优先区划定[7]、生态安全格局构建[13]、重点物种

保护[14]以及生态系统服务评价[15]的国家公园边界划定方法亦有所探索，研究对象涵盖拟建的秦岭国家公园、昆仑山国家公园、黄山国家公园等代表性区域。

已有研究为国家公园划界工作奠定了良好基础，但在评价过程中对国家公园本底资源的挖掘尚不充分，评价维度亦不够全面。例如，相关评价在指标选取方面尚未构建起全面、综合的生态系统重要性评判框架，对国家公园建设所要求的“生态保护第一、国家代表性、全民公益性”核心理念把握不足。同时，评价过程主观性较强，部分研究缺乏对核心保护目标的深入探讨。随着《国家公园设立规范（GB/T 39737—2021）》等相关标准的发布，国家公园的准入条件与认定标准已有具体要求，对其边界划定工作提供了重要的参考路径。为准确识别具备建设价值的优先区域，并科学、精准地划定国家公园空间范围，需进一步深化对建设总体要求的理解，并不断提升规划依据的科学性。

综上，本研究对标《国家公园设立规范（GB/T 39737—2021）》提出的国家公园建设要求，构建涵盖国家代表性、生态重要性与管理可行性 3 个维度的多层级评价指标体系。研究通过 MaxEnt、Fragstats、InVEST 及改进的 CASA 等多模型耦合实现指标量化，并采用主客观组合赋权法（AHP-熵权法），对我国 49 处国家公园总体布局方案之一的小兴安岭国家公园候选区开展规划适宜性评估，精准识别研究区内生态保护价值高、景观代表性强、物种适生性优且管理可行性较大的空间范围，从而科学划定国家公园边界。研究结果可为小兴安岭国家公园的空间划定与功能布局提供量化支撑，并为我国其他拟建国家公园提供方法借鉴，对提升我国国家公园体系的空间治理能力、强化生态保护红线管控与生物多样性保护具有重要的理论意义与实践价值。

1　研究区概况与研究方法

1.1　研究区概况

小兴安岭位于黑龙江省北部，是我国东北地区天然的生态屏障与水源涵养地，在保障国家生态安全中具有重要的战略地位。小兴安岭素有“红松故乡”之美誉，研究区内动植物资源丰富，是国家重点保护物种中华秋沙鸭（*Mergus squamatus*）、东方白鹳（*Ciconia boyciana*）、丹顶鹤（*Grus japonensis*）、白头鹤（*Grus monacha*）、驼鹿（*Alces alces*）、紫貂（*Martes zibellina*）以及东北虎（*Panthera tigris* ssp. *altaica*）等物种的重要栖息地，其拥有国家公园设立的先决条件，被列为国家公园 49 处总体布局之一。小兴安岭地区主要涵盖伊春市、黑河市全境，综合考虑数据获取及研究区自然保护地分布情况，共划定研究区面积约 125 364.01 km^2，涉及鹤岗市西部与绥化市东部。研究区以林地、耕地为主要地类，林地约占研究区总面积的 3/5（图 1）。

1.2　数据来源

研究区 2020 年土地利用数据（30 m）与经济人口数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心（https://www.resdc.cn/），并参考《土地利用分类》（GB/T 21010—2007）分类标准将研究区景观类型重分类为耕地、林地、草地、水域及湿地、建筑用地、未利用地 7 大类别；月均气温、降水数据（1 km）来自地球资源数据云平台（http://gis5g.com/）；高程数据（30 m × 30 m）来自地理空间数据云（http://www.gscloud.cn）ASTERGDEM 数据集，保护物种分布点经纬度主要源自全球生物多样性信息平台（https://www.gbif.org/）、中国国家标本资源平台（http://www.nsii.org.cn）、中国数字植物标本馆（https://www.cvh.ac.cn/）数据；物种分布模拟气候数据源于全球气象 WorldClim 数据库（http://www.Worldclim.org/），空间分辨率为 30 arc-second 精度（约 1 km）；交通数据来自（https://www.openstreetmap.org/）；居民点数据来自全国地理信息资源目录服务系统（https://www.webmap.cn/）中，国家基础地理信息来源于 1∶1 000 000 全国基础地理数据库；研究区保护地数据来自各市、县（区）国土空间规划公告。所有数据经 Arc GIS 预处理为 100 m 分辨率，统一投影至 WGS_1984_UTM_Zone_52N。

2　研究方法

2.1　国家公园规划适宜性评价指标体系构建与量化

根据《国家公园设立规范（GB/T 39737—2021）》

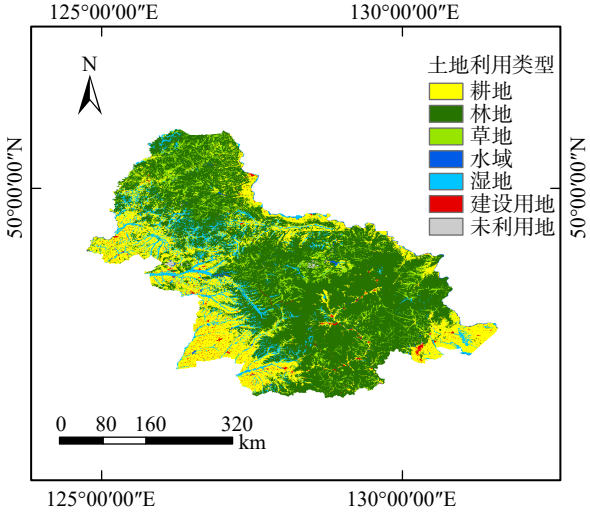


图 1　小兴安岭土地利用类型

Fig. 1　Land use types in the Xiaoxing’anling

的相关工作要求(下文统称为《规范》),拟申报设立的国家公园须同时具备国家代表性、生态重要性以及管理可行性。本研究对标《规范》要求,拟构建针对性强、可量化程度高的国家公园建设适宜性评价指标体系。

2.1.1 国家代表性

在国家代表性层面,《规范》要求我国所设立的国家公园须具有生态系统代表性、生物物种代表性与自然景观独特性。鉴于《规范》已明确指出小兴安岭国家公园候选区的生态系统具有全国代表性,本研究评价指标体系的构建重点在于量化生物物种代表性与自然景观独特性 2 项要求。

2.1.1.1 物种代表性

《规范》中对物种代表性含义已有明确界定[16]。本研究基于全球生物多样性信息网络(GBIF)等平台数据,以《规范》提及的小兴安岭区域内伞护种与旗舰种为核心,结合我国首批《陆生野生动物重要栖息地名录》所涵盖的重要物种及《IUCN 濒危物种红色名录》等重点保护名录,综合选定研究区内珍稀并处于濒危、易危状态,且极具区域代表性的物种作为保护对象,包括东北虎、中华秋沙鸭、原麝(*Moschus moschiferus*)、丹顶鹤、白头鹤、东方白鹳、白枕鹤(*Grus vipio*)、红松(*Pinus koraiensis*)。鉴于原麝近年在小兴安岭研究区范围内缺乏可靠的分布数据,为保证预测分布结果的严谨性,本文仍将其列为保护物种,但不参与预测分布模拟。

研究应用最大熵(MaxEnt)模型[17]对代表性物种的适生区进行模拟,为研究区物种代表性评价提供依据。该模型可基于小兴安岭代表性物种的分布数据来预测其最大分布概率,即使在分布记录较少的情况下,仍能有效模拟物种的潜在分布范围,具有较高的可信度。研究首先利用 ENMtools 软件剔除代表性物种的重复分布点数据,并对各环境因子变量进行相关性分析,以筛选环境因子。随后,基于 MaxEnt 软件重复运行 10 次,对小兴安岭各代表性物种进行适生区建模,从分布点数据中随机选取 75% 的物种分布点数据作为训练集用于模型构建,剩余 25% 作为验证数据集,用于模型的验证与测试。同时,应用刀切法评估各环境因子的权重,采用 ROC 曲线下的面积(AUC)评价模型精度。AUC 的取值范围为 0.5 ~ 1.0,值越大表明模型预测准确性越高;一般认为 AUC 值在 0.7 ~ 0.9 之间为中等精度,大于 0.9 为高精度[18−19],AUC 的具体取值范围与评估标准如表 1 所示。

2.1.1.2 景观代表性

景观代表性对应《规范》中提及的自然景观独特性。本研究参考国家公园景观内涵与评价方法[20],基于景观重要性等级评价内容,以全国 A 级景区分布数据为基础,筛选小兴安岭具有国家乃至世界影响力的自然、文化及地质景观。依据《旅游景区质量等级管理办法》、国家标准《旅游景区质量等级的划分与评定(GB/T 17775—2003)》以及《旅游景区质量等级评定与划分》的相关要求,结合国家公园景观资源内涵,参考我国 A 级景区名录,选取小兴安岭研究区内具有省级代表性(3A 级)至国家与世界级代表性(5A 级)的自然类景区,并利用 ArcGIS 软件分析其空间分布密度,以表征小兴安岭研究区代表性景观的空间布局特征。

表 1 AUC 取值范围

Tab. 1 AUC value range

AUC取值范围	评估标准
[0.5, 0.6)	失败
[0.6, 0.7)	较差
[0.7, 0.8)	一般
[0.8, 0.9)	良好
[0.9, 1.0)	极佳

2.1.2 生态重要性

《规范》对生态重要性的要求涵盖生态系统完整性、生态系统原真性及面积规模适宜性。鉴于区域本底条件差异显著,我国目前尚未对国家公园面积设定具体量化标准,因此评价重点聚焦于生态系统完整性与生态系统原真性的概念辨析及指标量化方法的选取。

2.1.2.1 生态系统完整性评价

国家公园生态系统完整性评价需判断当前生态系统是否能够维持其结构平衡、功能健康以及生物多样性[21]。尽管已有学者尝试阐释其内涵并开展案例验证,但仍缺少统一的划定标准,尤其尚未充分结合《规范》中的准入条件。本研究参照《规范》对该指标的具体要求,选取景观格局特征、生态系统活力−组织力−恢复力模型以及生态系统服务功能作为评价内容,构建国家公园生态系统完整性评价框架,从“格局−过程−功能”视角下开展概念解析与实证研究。

在景观格局评价中,采用 Fragstats 软件的移动窗口模块计算研究区景观结构及生态过程相应指标,并通过地统计软件 GS + 9 确定最佳窗口大小;在生态过程评价中,利用改进的 CASA 模型[22−23]计算研究区净初级生产力(NPP)以评估其生态系统活力,同样采用移动窗口法进行斑块凝集度、香浓多样性指数计算,量化生态系统组织力。并基于 Peng 等[24]

提出的生态弹性模型，修正区域景观类别的生态弹性指数，从而评价研究区生态系统恢复力；在生态系统功能评价中，应用 InVEST 模型的生境质量、土壤保持、水源涵养、碳储量及水质净化模块，对小兴安岭生态系统服务功能进行全面估算。

2.1.2.2　生态系统原真性评价

目前关于生态系统原真性的研究和讨论相对较少，主要源于对自然原生、荒野状态及生态系统调节能力的探讨[25]。在概念辨析阶段，有学者[26−27]尝试将国家公园的原真性定义为“拥有大面积高质量荒野，生态系统和生态过程处于高质量的自然状态”。鉴于《规范》对国家公园相关建设要求与“荒野地”概念具有较高一致性，本研究采用荒野度指数表征小兴安岭研究区的生态系统原真性。荒野评价包含遥远度与自然度 2 个维度，荒野度指数随着遥远度和自然度的增加而增加[28]。

首先对遥远度相应指标进行归纳，相关研究认为无道路穿行、人类聚居的地方为特殊的状态，是具有极高荒野质量的自然区域[29]。结合经典荒野制图方法，研究利用 ArcGIS 技术选取距聚居点的遥远度、距可达道路的遥远度进行“遥远度”指标的综合表征。研究将研究区内公路路网、铁路路网、人类聚居数据（居民点）整合，将铁路、高速、国道、省道受人类影响因素较大的区域，设置 1 500 m 缓冲区，乡道受人类影响稍弱区域设置 1 000 m 缓冲区，并基于 GIS 软件的欧式距离功能进行计算，距离道路与人类聚集区越远的区域其生态系统原真性越高。

自然度指某一区域或环境中因人为因素影响而导致自然景观发生改变的程度[30]。其评价包含两个方面：其一为地表自然度，反映了生态系统因人类活动影响而偏离自然状态的程度，地表改造程度越高，生态系统原真性越低，本研究对小兴安岭 7 类景观分别赋值，得出研究区地表自然度评级（表 2）；其二为表现自然度，反映区域受现代社会永久性人工设施影响的程度，人工设施越多，生态系统原真性越低。研究提取区域内居民点、主要交通设施、大型工矿及口岸等建筑设施数据，并基于 GIS 软件开展人工设施的核密度分析，实现该指标的量化计算。

表 2　小兴安岭地表自然度评级

Tab. 2　Surface naturalness rating of the Xiaoxing’anling

景观类型	原真性分值
建设用地	1
耕地	3
林地、草地、水体	5
湿地、未利用地	7

2.1.3　管理可行性

《规范》要求国家公园具备良好的保护管理能力、较高的自然教育与游憩价值，并体现全民公益性。已设立的保护地已形成较好的保护成效与景观建设基础，部分保护地获批为科普类教育基地，具备开展自然教育工作的良好条件。因此，国家公园的规划建设应充分考虑现有自然保护地体系的布局情况，以实现保护与发展的协同最大化、保护成本与成效的最优化。本研究选取小兴安岭自然保护地分布密度与科普、教育类保护地密度，并结合研究区人口分布密度，基于 GIS 软件核密度分析工具开展小兴安岭研究区的国家公园建设管理可行性评估工作，前两者对国家公园建设具有积极影响，后者则具有消极影响。

综上，本研究对标《规范》构建了 3 个维度 5 个层级的小兴安岭国家公园规划适宜性评估框架，并形成了可量化的指标评价方法，各评价目标对应的指标体系详见表 3。

2.2　指标综合权重确定

为提升评价过程的可靠性与科学性，本研究采用主客观综合赋权的方法，耦合层次分析法（AHP）与熵权法（EWM）构建综合评判模型，用于计算小兴安岭国家公园规划适宜性评价各层级指标的权重。该方法既可表征客观数据信息，还能采纳相关建设人员的经验意见，可有效克服单一赋权方法易产生的主观偏差或信息缺失问题，从而使小兴安岭国家公园规划适宜性评价的权重结果更合理，评价结论更具稳健性。

首先，参考保护地规划管理领域专家意见，采用 1 ~ 9 标度法对同层级两个指标进行相对重要性比较，构建表 3 中各层级指标的判断矩阵；经一致性检验后，计算得出小兴安岭国家公园规划适宜性评价对应层级的 AHP 法指标权重。同步采用熵值法对表 3 中各级指标进行权重计算。首先利用极差法根据指标对目标层的正向及负向影响，对前述选定的国家代表性、生态重要性与管理可行性 3 个维度的最低层级指标进行归一化处理，生成基础权重数据。在此基础上，结合各指标的归一化结果，由低层指标向目标层逐级计算指标的熵值权重。通过 AHP 与熵权法组合赋权，即可形成小兴安岭国家公园规划适宜性评价的综合权重[31−32]。

2.3　优先规划等级划定

小兴安岭国家公园规划适宜性评价结果可直接指导其边界划定工作，为确定小兴安岭国家公园规划的适宜范围，本研究基于 2.1 章节所构建的指标体系与模型的量化结果，以及 2.2 章节计算所得的

表 3 小兴安岭国家公园规划适宜性评价指标体系

Tab. 3 Planning suitability evaluation index system for Xiaoxing'anling National Park

目标层	准则层	1级指标	2级指标	3级指标	4级指标
小兴安岭国家公园规划适宜性评价	A1国家代表性	B1物种代表性			
		B2景观代表性			
	A2生态重要性	B3生态系统完整性	C1景观结构	D1斑块密度(PD)	
				D2边缘密度(ED)	
				D3最大斑块面积占比(LPI)	
				D4景观形状指数(LSI)	
				D5分离度指数(SPLIT)	
				D6聚合度指数(AI)	
			C2生态过程	D7活力	E1植被净初级生产力(NPP)
				D8组织力	E2斑块凝集度(COHESION)
					E3香浓多样性指数(SHDI)
				D9恢复力	E4生态弹性指数(ECO)
			C3生态系统服务功能	D10生境质量	
				D11碳储量	
				D12水源涵养	
				D13土壤保持	
				D14水质净化	
		B4生态系统原真性	C4遥远度	D15距离公路遥远度	
				D16距离铁路遥远度	
				D17距离居民点遥远度	
			C5自然度	D18地表自然度	
				D19表现自然度	
	A3管理可行性	B5人口密度			
		B6自然保护地分布密度			
		B7科普、教育类保护地密度			

各对应指标权重，逐层级进行指标的综合运算。

$$PCA = \sum_{t=1}^{n} A_j W_j$$

式中：PCA 为小兴安岭国家公园规划适宜性评价结果，A_j为归一化处理后的指标值，W_j为各层指标组合权重，n 为评价指标数量，t 为指标序号。

此时计算所得评价结果仍为归一化数值，空间边界尚不清晰，为进一步明确小兴安岭国家公园的最优规划区域及其空间边界，本研究对评价结果进行等级划分，以精准识别研究区内的最优规划范围。

目前，国家公园优先规划区的评判过程尚未形成固定的分级标准，鉴于等间距划分法对数据分布特征识别不充分，而自然断点法在数据分级过程中易受阈值区间断点差异的影响，本研究参考现有生态系统健康评价，即生态重要性评价的分级方法[33]，将小兴安岭国家公园适宜性评价结果划分为 5 个层级，对应等级Ⅰ～Ⅴ(表 4)，在详细边界确定过程中，可选取最优等级(Ⅴ)与较优等级(Ⅳ)进行边界模拟与划定工作。

3 结果与分析

3.1 国家公园规划适宜性评价指标量化

3.1.1 国家代表性

3.1.1.1 物种代表性

研究基于 MaxEnt 模型进行了小兴安岭 7 种代表物种的适生区建模，结果(表 5)表明：小兴安岭研究区代表物种适生区模拟结果具有较高精度，AUC 值均达到 0.8，为良好等级以上，其中中华秋沙鸭适生区模拟精度最高，AUC 值可达 0.957，而丹顶鹤在研究区内分布点位相对较少，AUC 值为 0.823。小兴安岭 7 个代表性物种适生区分布模拟结果如图 2 所示，其中白头鹤与白枕鹤适生区集中于研究区的中心地带，具有向研究区西侧黑河市北安及逊克县集聚趋势；东北虎、丹顶鹤、东方白鹳适生区主要位于小兴安岭研究区东南部，且东方白鹳适生区沿黑龙

表 4　小兴安岭国家公园优先规划区等级划分标准

Tab. 4　Classification standard of priority planning areas in Xiaoxing'anling National Park

规划等级	PCA等级值域	优先规划区等级
Ⅴ	[0.65 ~ 1.00)	最优等级
Ⅳ	[0.55 ~ 0.65)	较优等级
Ⅲ	[0.45 ~ 0.55)	中等等级
Ⅱ	[0.35 ~ 0.45)	较低等级
Ⅰ	[0.00 ~ 0.35)	低等级

注：PCA为小兴安岭国家公园规划适宜性评价结果。

表 5　小兴安岭代表性物种适生区模拟 AUC 结果

Tab. 5　AUC results of suitable habitat simulation for representative species in the Xiaoxing' anling

代表性物种	AUC
东北虎 *Panthera tigris* ssp. *altaica*	0.887
东方白鹳 *Ciconia boyciana*	0.924
中华秋沙鸭 *Mergus squamatus*	0.957
丹顶鹤 *Grus japonensis*	0.823
白头鹤 *Grus monacha*	0.916
白枕鹤 *Grus vipio*	0.928
红松 *Pinus koraiensis*	0.861

江岸线分布，此处水网密集适宜其生长；东北虎适生区主要位于鹤岗市境内，多为跨境分布；红松分布地主要集中于伊春市境内，从北到南，由丰林县至南岔县广泛遍布；中华秋沙鸭适生区集中于研究区南部且集聚程度较高。综上可知，7 种代表性物种适生区多分布于伊春、鹤岗市境内，为研究区总体区位的中南部。

3.1.1.2　景观代表性

研究依据我国 A 级景区名录，选取小兴安岭研究区范围内具有省级代表性（3A 级）至国家与世界级代表性（5A 级）的自然类景区，探测其分布密度，以表征小兴安岭研究区代表性景观空间布局情况。经筛选研究区共有 84 处 A 级景区，32 处 3A 级以上自然景观类景区。研究基于 ArcGIS 进行核密度分析，结果如图 3 所示，代表性景观高密度区主要位于小兴安岭研究区东南方向，集中于伊春市境内，以汤旺河石林、五营森林公园景观组团为核心聚集区，主

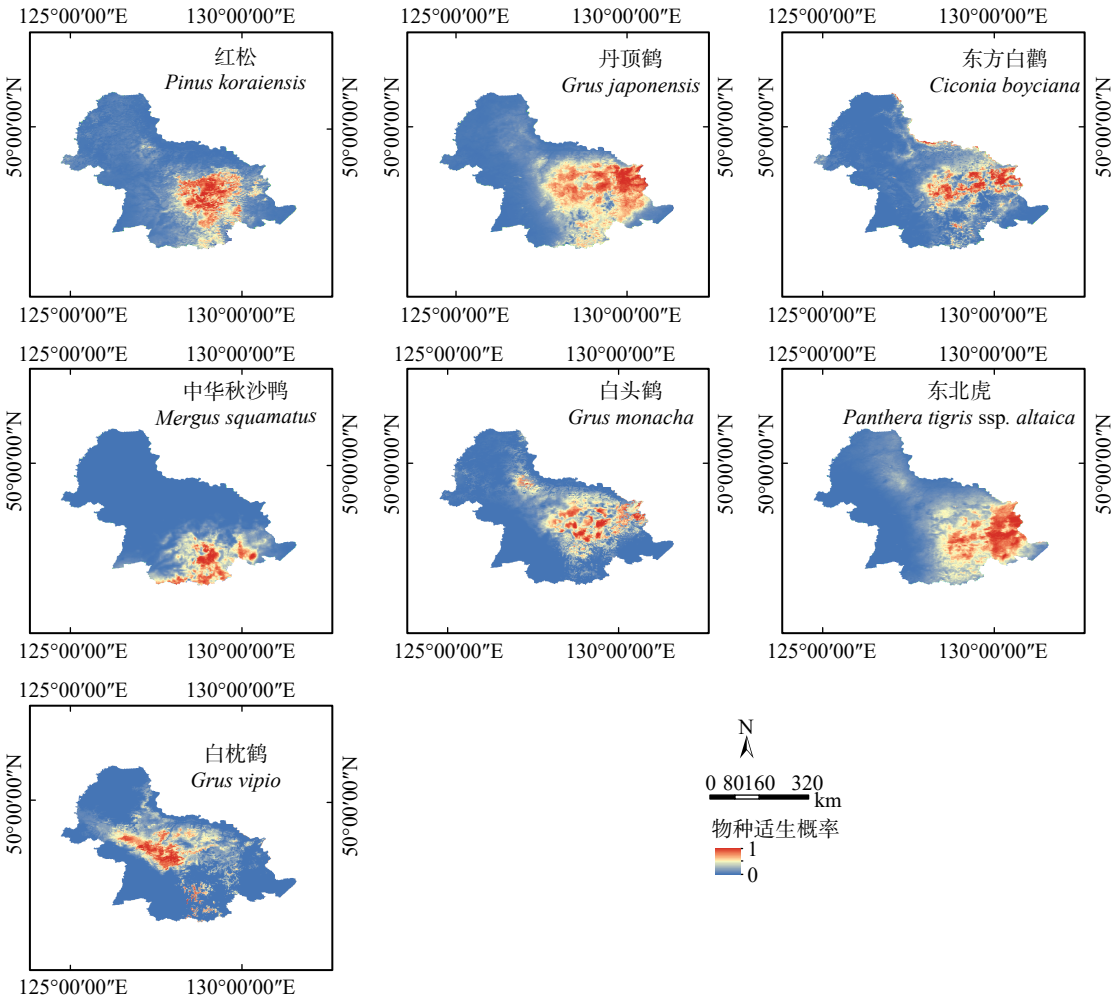


图 2　小兴安岭代表物种适生区范围

Fig. 2　Suitable habitat range of representative species in the Xiaoxing'anling

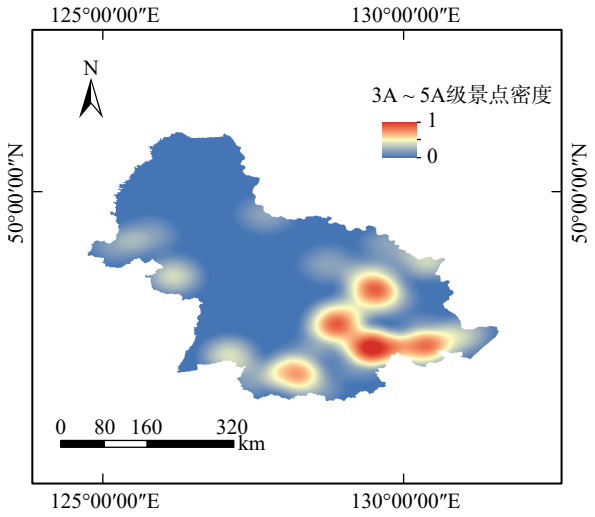


图 3 小兴安岭代表性景观分布密度

Fig. 3 Distribution density of representative landscapes in the Xiaoxing'anling

要为森林景观与典型地质运动遗迹。

3.1.2 生态重要性评价

3.1.2.1 生态完整性

在景观结构评价中，研究选取 300、600、900、1 200、1 500、1 800 m 的窗口尺度进行 Fragstats 移动窗口法调试，结果表明 1 200 m 窗口能较清晰全面地显示小兴安岭研究区景观格局指数的空间分布特征。评价结果(图 4)表明，研究区的中心区域呈现较强的稳定性与景观聚集性，最大斑块面积占比、聚集度指数、斑块密度与边缘密度均为区域最高，且该片区破碎度指数较低。此区域主要涉及黑河市逊克县，该区域存在大面积连片的森林湿地复合生态系统，并建设了大沾河自然保护区，能够为小兴安岭区域生态稳定提供良好支撑。

在生态过程评价中，为表征生态系统活力指标，研究基于改进的 CASA 模型进行了 NPP 值计算，经估算小兴安岭研究区 2020 年年均 NPP 为 475.22g/(m^2·a)(以 C 计)，黑龙江沿岸及逊克县境内植被净初级生产力较高；生态系统组织力同样基于 1 200 m 窗口法对研究区斑块凝集度、香浓多样性指数进行计算，从而对景观连通性及异质性进行分析；在恢复力维度，结合前人研究对生态弹性指数进行调整，耕地、林地、草地、水域、湿地、建设用地、未利用地的恢复力指数分别设为 0.30、0.75、0.65、0.70、0.65、0.20、0.10。小兴安岭生态系统活力、组织力与恢复力综合评估归一化结果如图 5 所示。总体来讲，小兴安岭研究区中部的景观连通性较强，异质性较低；小兴安岭研究区东南区域的景观连通性较高，西北区域的景观异质性较高；研究区大面积生态系统处于高弹性状态，具有良好的生态恢复能力，且中部区域的林地净初级生产力较强，小兴安岭地区生态系统“活力–组织力–恢复力”呈现显著的空间分异特征。

在生态系统服务评价中，研究采用 InVEST 模型对应模块对小兴安岭生境质量、土壤保持、水源涵养、碳储量、水质净化等功能进行估算，评估结果如图 6 所示。小兴安岭 2020 年土壤保持总量达 1 147.274 × 10^6 t，水源涵养量平均 1 hm^2 最高可达 393.70 mm，这 2 项生态系统服务评估结果具有较高的空间一致性。2020 年研究区碳储量总量约为 2 743.61 × 10^6 t，

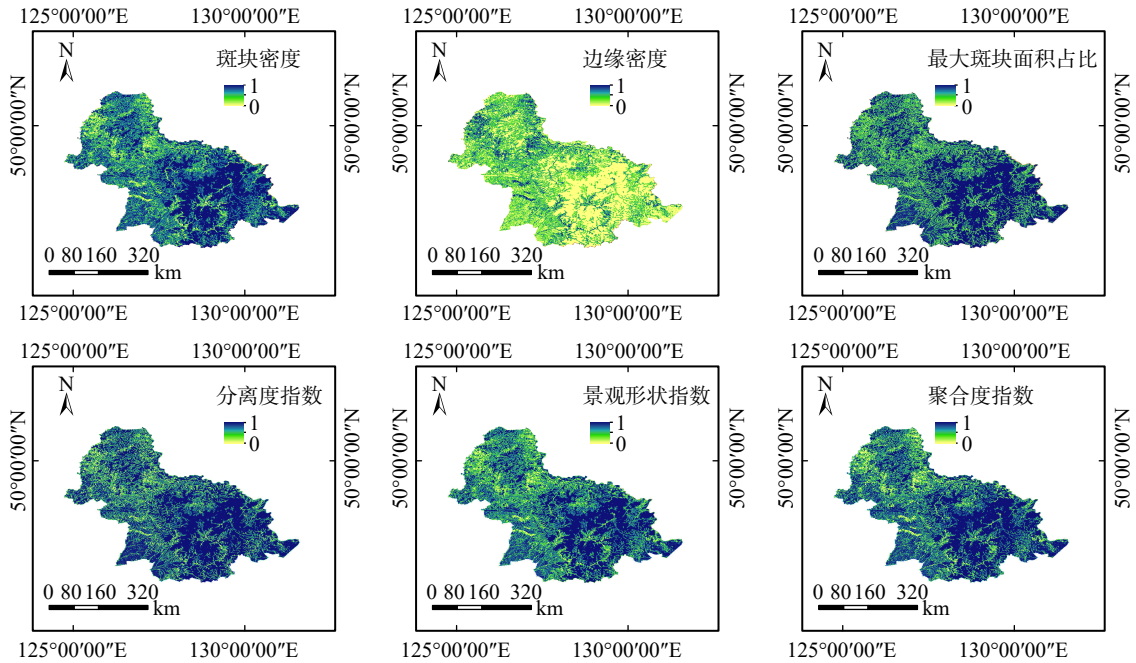


图 4 小兴安岭景观结构评价

Fig. 4 Landscape structure evaluation of the Xiaoxing'anling

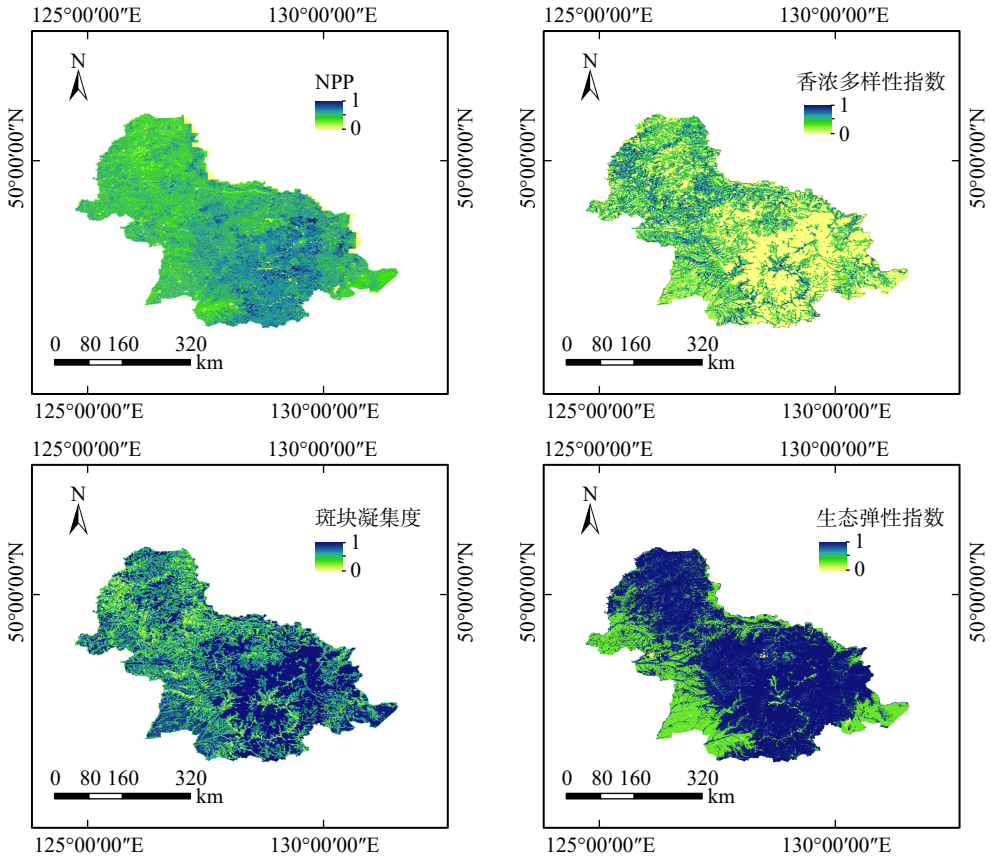


图 5　小兴安岭生态过程评价

Fig. 5　Ecological process evaluation of the Xiaoxing'anling

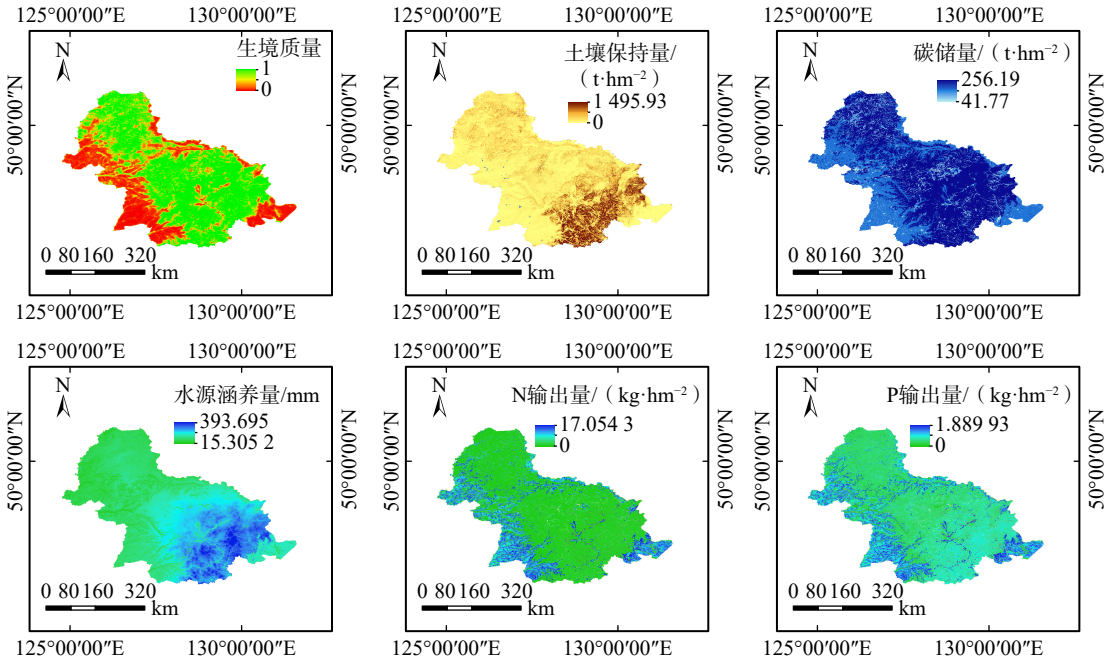


图 6　小兴安岭生态系统服务功能评价

Fig. 6　Ecosystem function evaluation of the Xiaoxing'anling

且中部林地碳储量较高，并与水质净化、生境质量呈现相同分布情况，均呈现研究区中心高，四周低的分布特点，总体格局呈现“日”字状特征。由 InVEST 模拟结果可知，小兴安岭研究区生态系统服务功能高值区主要为区域中部（黑河市逊克县）与东南（伊春、鹤岗）片区。

3.1.2.2　生态原真性

在遥远度指标表征上，研究将距公路遥远度、距铁路遥远度、距居民点遥远度指标以 GIS 欧氏距离计算，结果如图 7 所示。研究区境内有哈尔滨至黑

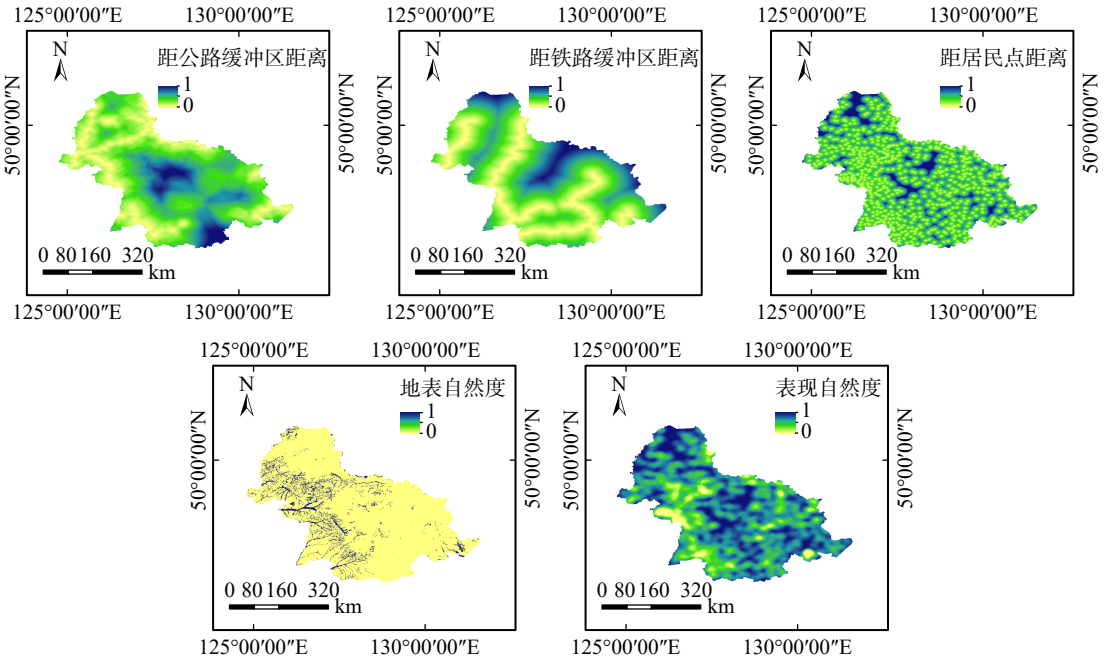


图 7 小兴安岭生态原真性评价

Fig. 7 Ecological authenticity evaluation of the Xiaoxing'anling

河及伊春主要交通要道，且区域内居民聚集点广布，均对区域生态系统产生了较强负面影响。在自然度指标表征上，研究依据前文赋值标准，将小兴安岭不同景观类别进行赋值以代表地表自然度指标，其中未利用地赋值最高，结果表明区域内未利用地集中于黑河市五大连池区域即研究区西部，以火山喷发遗迹景观为主要代表；在表现自然度上，计算了小兴安岭居民点及修筑的主要人工设施分布密度情况，结果表明目前研究区内大部分区域均有人工设施布设，但研究区北部与中部仍存在未布设人工设施的连片区域，此部分区域原真性较强。综合多方评判结果，遥远度指标与自然度指标结果具有相似性，以研究区中部核心区为高值分布，即可认为此范围受外部交通及居民影响较小，具有较高的生态原真性。

3.1.3 管理可行性评价

3.1.3.1 人口密度

根据研究区边界对人口密度数据进行处理，结果(图 8)表明，小兴安岭研究区平均人口密度约为 39.8 人/km^2，除中部极个别城镇聚集区(伊春市区)人口密度较高外，约 50% 范围内人口密度小于 20 人/km^2，较东部人口稠密地区，小兴安岭国家公园候选区具有一定的先天管理优势。

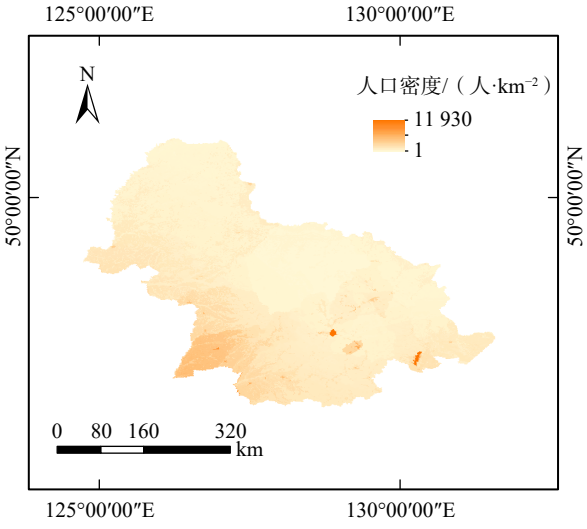


图 8 小兴安岭人口密度

Fig. 8 Population density of the Xiaoxing'anling

3.1.3.2 自然保护地分布密度

研究区目前共有各类自然保护地 100 处，总面积约达 220 万 hm^2。提取整合优化后小兴安岭各级、各类自然保护地分布数据，基于 GIS 软件进行核密度分析，结果(图 9)显示，小兴安岭保护地建设相对均衡，大部分范围均有布设，但保护地总体上主要聚集于研究区中部区域，即以黑河市逊克县及伊春市为核心。研究认为密度高值区在保护地整合及国家公园规划中具有更好的建设与管理基础，即小兴安岭国家公园管理可行性高值区位于研究区中部及东南方向。

3.1.3.3 自然、科普类保护地密度

选取研究区内的国家自然资源科普基地、国家级与省级青少年自然教育绿色营地中具有代表性的自然保护区、森林公园、湿地公园与地质公园，探究其分布情况，以满足国家公园设立的全民共享要求。经 ArcGIS 核密度分析结果(图 10)可知，研究区科普、教育类保护地主要集中于黑龙江沿岸，主要涉及伊春市嘉荫县、鹤岗市萝北县，并以国家级自然资源

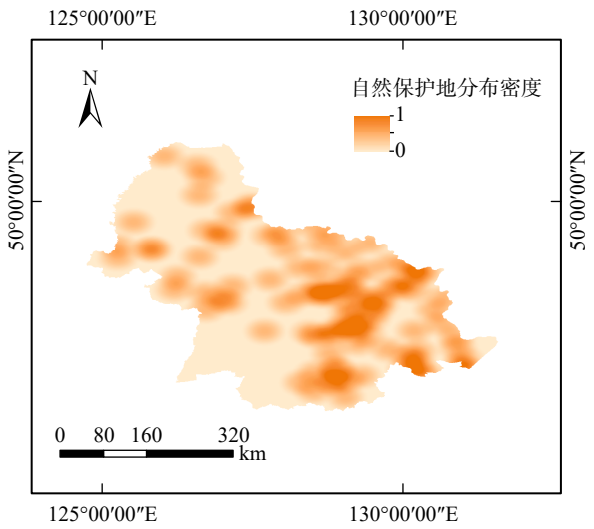


图 9　小兴安岭自然保护地分布密度

Fig. 9　Distribution density of nature protected areas in the Xiaoxing'anling

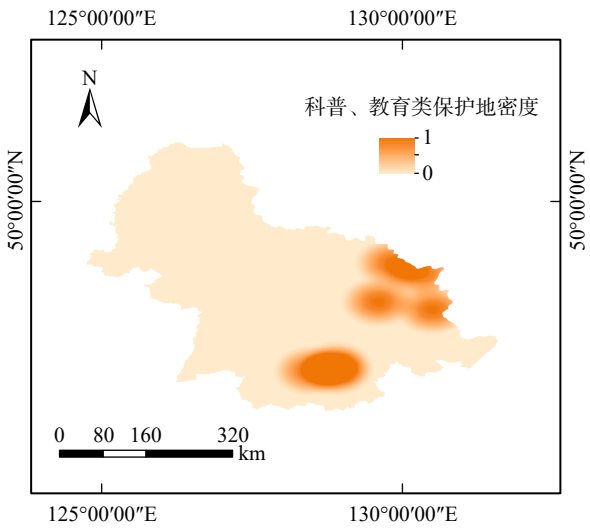


图 10　小兴安岭科普、教育类保护地密度

Fig. 10　Density of popular science & educational protected areas in the Xiaoxing'anling

科普基地——黑龙江嘉荫恐龙国家地质公园为核心，该地质公园是具有国际影响力的恐龙化石产地。同时，嘉荫县茅兰沟国家自然保护区因具有典型崩塌地貌而具有一定区域代表性，因而设立了省级科普教育基地。研究区南部亦有集聚区，该区域主要依托中华秋沙鸭国家级自然保护区，建设了省级青少年自然教育绿色营地。

3.2　指标综合权重确定

依据上述评价指标量化结果，分别基于层次分析法与熵权法，对各指标进行组合赋权，并进行逐层级的指标权重计算及指标评价，以便进行研究区国家公园优先规划区域的综合判定。组合赋权后，小兴安岭国家公园规划适宜性评价的准则层及 1 级指标综合权重如表 6 所示。对于国家代表性维度而言，物种代表性指标占比较重，综合权重达 0.550，景观代表性权重占比为 0.450；在生态重要性评价过程中，生态完整性评价权重占绝对性比重，整体权重可达 0.662；而管理可行性评价过程中，指标自然保护地分布密度权重为 0.540，人口密度与科普、教育类保护地密度权重分别为 0.215 与 0.247，相对均衡。而准则层的国家代表性、生态重要性、管理可行性指标权重分别为 0.434、0.316、0.250，权重计算结果进一步表明国家公园建设中国家代表性的重要程度，在国家公园空间规划工作中需严格把控保护对象的选定。

3.3　优先规划区识别

基于所构建的评价识别框架，研究结合主、客观的综合赋权结果进行了多层级多目标的小兴安岭国家公园优先规划区识别评判工作，并对优先规划区进行了等级划分，评判结果如下图 11 所示。经识别小兴安岭国家公园最优规划区域等级（[0.65 ~ 1.00]）面积约为 17 613.6 km^2，占研究区总面积的 14.05%；较优规划区间等级（[0.55 ~ 0.65]）约占总面积的 10.88%，中等规划级别（[0.45 ~ 0.55]）区域约占总面积的 9.81%，较低与低规划等级（小于 0.45）区域占比较大，约为研究区面积的 65.26%。总体来看，小兴

表 6　小兴安岭国家公园规划适宜性评价准则层、1 级指标权重

Tab. 6　Criterion layers and first-level indicator weights for planning suitability evaluation of the Xiaoxing'anling National Park

目标层	准则层	组合权重	1级指标	组合权重
小兴安岭国家公园规划适宜性评价	国家代表性	0.434	物种代表性	0.550
			景观代表性	0.450
	生态重要性	0.316	生态完整性	0.662
			原真性	0.338
	管理可行性	0.250	人口密度	0.215
			自然保护地分布密度	0.540
			科普、教育类保护地密度	0.247

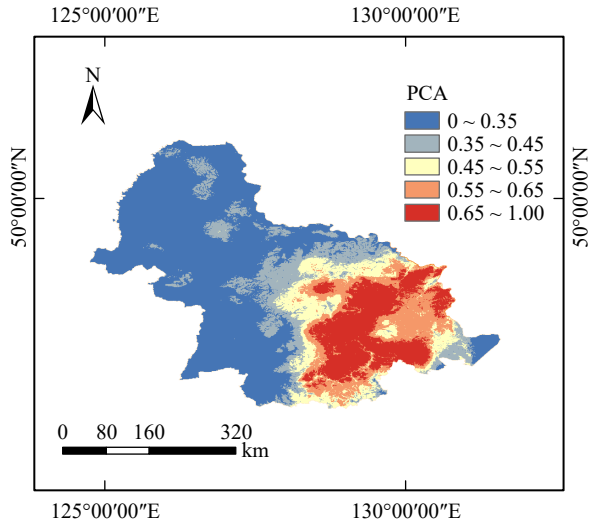


图 11 小兴安岭国家公园优先规划区评价结果

Fig. 11 Evaluation results of priority planning areas for the Xiaoxing'anling National Park

安岭国家公园优先规划区域集中在伊春市，兼具黑河市逊克县南部，且具有极高的空间聚集性。

4 讨 论

4.1 多维综合评价框架的方法优势

已有保护地规划相关研究[34−35]大多基于生态系统服务、生物多样性或景观特征等单一维度开展优先保护区识别，虽有研究尝试构建国家公园选址及边界划定的评价体系，但仍难以全面反映国家公园在“代表性—重要性—可行性”多目标约束下的综合需求。尤其在国家公园体制背景下，其规划不仅服务于生态保护，还需兼顾国家尺度的代表性表达与现实管理实施条件，而前人方法在支撑综合决策方面仍存在一定局限性。

本研究构建了融合国家代表性、生态重要性与管理可行性的多层级评价体系，并通过 AHP−熵权法实现主客观赋权结合，在方法上兼顾专家经验与数据驱动，两者结合不仅提升了权重分配的可信度，也降低了单一方法带来的偏差，与大多参照主观评判的既往研究相比，进一步提升了规划的科学依据。本框架通过多层级权重传导强化不同尺度间的逻辑衔接，使顶层目标在底层指标中得到有效表达，这一思路与当前强调多目标协同与系统性保护的研究趋势一致，体现了从单一要素评价向综合空间治理的转变。

从规划实践看，多维综合评价框架一定程度上突破了国家公园边界划定过程中部分指标难以量化的约束，特别是在识别代表性生态单元的同时，统筹生态重要性与管理条件的内涵表达。本方法不仅提升了国家公园优先规划区识别的科学性，也为国家公园边界精准划定、后续的功能分区及分级管理提供了支撑，有助于推动我国国家公园建设工作由“空间划定”向“系统治理”转型。

4.2 国家代表性主导作用及其规划意义

研究结果表明，国家代表性在小兴安岭国家公园候选区优先规划区评价的 3 个维度中占据主导地位，这与国际上国家公园强调“典型性与独特性”的理念一致。例如，美国国家公园体系强调生态系统代表性，欧洲保护网络强调栖息地连通与代表性[36]。进一步分析可知，小兴安岭研究区代表物种适生区与高等级景观资源在空间上呈现一定重叠，说明生物多样性价值与景观价值在研究区的区域尺度上具有较强的耦合关系。这一结果与生态系统服务相关研究的结论较为一致，生物多样性通常被认为是文化生态系统服务的重要生态基础，高物种丰富度与景观异质性有助于提升审美与游憩价值[37]。因此，国家公园优先规划区识别可通过关键物种与关键景观协同筛选，提高空间识别效率。然而需要注意的是，部分生态功能关键区域可能在代表性维度中权重较低，因此应结合生态完整性进行补充，从而避免国家公园边界规划的结构性偏差。

4.3 生态核心区特征及区域系统保护规划启示

本研究识别出以小兴安岭中部为核心的生态优势区，呈现出高结构稳定性、高生态服务功能、高原真性的典型特征。这一结果与基于生态安全格局与生态源地识别的相关研究[38]具有一致性，即生态核心区通常具备高连通性、高生境质量与低人类干扰特征，此类区域往往维持了较完整的生态过程与结构，是区域生态安全格局的关键支撑单元。

从空间格局来看，小兴安岭国家公园优先规划区呈现明显的集聚分布，与生态高值区高度吻合。但从研究区整体研究尺度来看，小兴安岭外围区域存在一定程度的保护破碎化现象，表明现有保护格局对区域生态安全整体结构的系统性关注仍显不足。已有研究[39]指出，破碎化将削弱生态连通性并降低生态系统稳定性。因此，在以国家公园为主体的自然保护地体系建设中，应以生态重要性评估结果为基础，强化区域生态廊道与关键节点的识别与构建，推动形成网络化、系统化的保护格局，从而提升区域生态连通性与整体稳定性，增强生态系统抵御外部干扰的能力。

4.4 管理可行性约束及研究局限

相较于生态重要性与国家代表性维度，管理可行性更多反映规划实施的现实基础。人口密度与保护地基础是影响保护成本与实施难度的重要因素，人类足迹显著增加管理复杂性与保护压力[40]。本研

究结果显示，小兴安岭区域人口密度较低且现有保护地体系相对完善，这为开展大尺度生态保护与国家公园建设提供了良好的实施基础。然而，本研究对管理可行性的评价仍主要基于空间分布特征，对治理能力、社区参与及多方利益协调等社会经济因素考虑不足，存在一定局限性。此外，景观代表性指标在一定程度上依赖行政认定数据，生态原真性对人类干扰的刻画仍不充分，同时缺乏动态情景模拟的支撑分析。未来研究可在现有框架基础上，引入气候变化等多情景模拟，与多模型对比方法，综合纳入社会经济变量与治理维度，提升评价结果的动态性与适用性，从而为国家公园空间规划的长期与精细化管理提供更加全面和科学的决策支持。

5 结　　论

本研究针对国家公园空间规划中评价体系不系统、空间判定不科学，以及生态保护与管理可行性难以统一的问题，构建了可操作可量化的多层级综合评价框架。研究利用 GIS 空间分析、MaxEnt、Fragstats、改进的 CASA 模型及 InVEST 模型等多方法集合，对小兴安岭国家公园候选区开展了综合评价与规划优先区识别。研究的主要结论如下:

(1)本研究构建了“国家代表性–生态重要性–管理可行性”的三维综合评价体系，并通过 AHP–熵权法实现主客观结合赋权。结果表明，国家代表性在优先规划区识别中占主导地位，其次为生态重要性与管理可行性，三者权重分别为 0.434、0.316 和 0.250，说明国家代表性与生态价值是国家公园划定的核心依据。

(2)在国家代表性维度上，物种代表性与景观代表性共同支撑优先区识别，其中物种代表性权重为 0.550。MaxEnt 模型模拟结果显示，7 种代表物种 AUC 值均高于 0.8，最高可达 0.957，表明模型精度较高。其适生区主要集中于研究区中南部，并与高等级景观分布相对一致，说明该区域兼具生物多样性与景观典型性，是国家公园优先布局的重要区域。

(3)在生态重要性方面，生态完整性占主导地位，权重达到 0.662。研究区年均净初级生产力为 475.22 g/(m^2·a)(以 C 计)，生态系统格局–过程–服务功能整体呈现中部高、四周低的空间格局，且与生态原真性空间分布具有较高一致性。以黑河市逊克县为核心的中部区域景观聚集度高、破碎度低，受人类活动干扰较小，具有较高生态完整性与原真性，是区域生态安全的核心支撑区。

(4)在管理可行性方面，小兴安岭研究区人口密度整体较低，约 50% 范围内人口密度小于 20 人/km^2。同时研究区自然保护地建设基础较好，并在中部与东南区域形成一定程度的空间集聚，部分保护地获评国家级省级科普、教育基地，具备良好的管理基础与公众服务条件。

(5)综合评价结果表明，小兴安岭国家公园最优规划区面积约为 17 613.6 km^2，占研究区总面积的 14.05%，较优规划区占比 10.88%。优先规划区主要集中于伊春市及黑河市逊克县南部，与生态高值区高度吻合，并呈现显著的空间集聚特征，是国家公园空间布局优化的重点区域。

本研究为小兴安岭国家公园候选区的科学识别与空间优化提供了量化依据与技术支撑，为该区域以国家公园为主体的自然保护地体系构建及国土空间规划提供参考。同时，基于国家代表性、生态重要性与管理可行性的多维评价方法，有助于提升国家公园规划的科学性与可操作性，并对我国其他国家公园候选区的空间遴选与布局优化具有较强的借鉴意义。

参　考　文　献

[1] 王伟, 高吉喜. 我国以国家公园为主体的自然保护地体系建设进展与展望 [J]. 环境科学研究, 2024, 37(10): 2100−2109.
Wang W, Gao J X. Progress and prospects of the construction of protected area system with national parks as the main body in China [J]. Research of Environmental Sciences, 2024, 37(10): 2100−2109.

[2] 杜傲, 崔彤, 宋天宇等. 国家公园遴选标准的国际经验及对我国的启示 [J]. 生态学报, 2020, 40(20): 7231−7237.
Du A, Cui T, Song T Y, et al. International experiences of national park selection criteria and the inspirations to China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(20): 7231−7237.

[3] 朱里莹, 徐姗, 兰思仁. 中国国家级保护地空间分布特征及对国家公园布局建设的启示 [J]. 地理研究, 2017, 36(2): 307−320.
Zhu L Y, Xu S, Lan S R. Spatial distribution characteristics of national protected areas and the inspirations to national parks in China [J]. Geographical Research, 2017, 36(2): 307−320.

[4] 孙乔昀, 李娜, 张玉钧. 面向国土景观风貌管控的中国国家公园空间布局研究 [J]. 中国园林, 2022, 38(4): 26−31.
Sun Q Y, Li N, Zhang Y J. Research on the spatial layout of China's National Parks facing the control of landscape style and features [J]. Chinese Landscape Architecture, 2022, 38(4): 26−31.

[5] 欧阳志云, 徐卫华, 杜傲, 等. 中国国家公园总体布局研究 [M]. 北京: 中国环境出版集团, 2018.
Ouyang Z Y, Xu W H, Du A, et al. Research on overall spatial planning for China's National Parks system[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2018.

[6] 唐小平, 欧阳志云, 蒋亚芳等. 中国国家公园空间布局研究 [J]. 国家公园 (中英文), 2023, 1(1): 1−10.
Tang X P, Ouyang Z Y, Jiang Y F, et al. Spatial planning of national parks in China [J]. National Park, 2023, 1(1): 1−10.

[7] 邱胜荣, 唐小平, 刘洋, 等. 国家公园范围确定方法及在秦岭国家公园候选区的实践 [J]. 国家公园 (中英文), 2024, 2(10): 620−631.
Qiu S R, Tang X P, Liu Y, et al. Method for detemining national parks scope and its application in the candidate areas of Qinling National Park [J]. National Park, 2024, 2(10): 620−631.

[8] 何思源, 苏杨, 闵庆文. 中国国家公园的边界、分区和土地利用管理——来自自然保护区和风景名胜区的启示 [J]. 生态学报, 2019, 39(4): 1318−1329.
He S Y, Su Y, Min Q W. Boundary, zoning, and land use management of the China National Parks: learming from Nature Reseres and Seenic Areas [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(4): 1318−1329.

[9] 彭涛. 国家公园选址的空间评价与规划研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2019.
Peng T. Spatial evaluation and planning of national park site selection: a case study of biodiversity conservation priority area in southern Zhejiang Province[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2019.

[10] 孙乔昀, 鲍梦涵, 黄晗雯, 等. 拟建松嫩平原国家公园边界划定研究 [J]. 北京林业大学学报, 2022, 44(1): 103−112.
Sun Q Y, Bao M H, Huang H W, et al. Boundary delimitation of the proposed Songnen Plain National Park of northeastern China [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2022, 44(1): 103−112.

[11] Ma B R, Zeng W H, Xie Y X. et al. Boundary delineation and grading functional zoning of Sanjiangyuan National Park based on biodiversity importance evaluations [J]. Science of the Total Environment, 2022, 825: 154068.

[12] 黄晗雯. 基于自然景观评价的国家公园边界划定研究——以拟建黄山 (牯牛降) 国家公园为例 [J/OL]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 1−11[2026−04−09]. https://link.cnki.net/urlid/32.1161.S.20260310.1030.002.
Huang H W. Study on boundary delimitation of national parks based on natural landscape evaluation: take the proposed Mount Huangshan (Guniujiang) National Park as an example [J/OL]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 1−11[2026−04−09]. https://link.cnki.net/urlid/32.1161.S.20260310.1030.002.

[13] 王琦, 王辉, 虞虎. 基于生态安全格局的国家公园边界划定—以雅鲁藏布大峡谷国家公园为例 [J]. 自然资源学报, 2023, 38(4): 951−965.
Wang Q, Wang H, Yu H. Demarcation of national park boundary based on ecological security pattern: a case study of Yarlung Zangbo Grand Canyon National Park [J]. Journal of Natural Resources, 2023, 38(4): 951−965.

[14] Jiang F, Song P F, Gu H F, et al. New shortcut for boundary delimitation and functional zoning of national parks based on keystone species in China: a case study of Kunlun Mountains National Park [J]. Ecological Indicators, 2024, 159: 111675.

[15] Xue S, Fang Z, Bai Y, et al. The next step for China's national park management: integrating ecosystem services into space boundary delimitation [J]. Journal of Environmental Management, 2023, 329: 117086.

[16] GB/T 39737—2021 国家公园设立规范 [S].
GB/T 39737−2021 Specification for national park establishment [S].

[17] Stephan J, Korban M. Ecological niche modelling using MaxEnt for riparian species in a Mediterranean context [J]. Ecological Indicators, 2025, 171: 113167.

[18] Yang H X, Zhang H Y, Wang Y R, et al. Urban bird diversity conservation plan based on the MaxEnt model and InVEST model: a case study of Jinan, China [J]. Ecological Indicators, 2025, 174: 113463.

[19] 王运生, 谢丙炎, 万方浩, 等. ROC 曲线分析在评价入侵物种分布模型中的应用 [J]. 生物多样性, 2007(4): 365−372.
Wang Y S, Xie B Y, Wang F H, et al. Application of ROC curve analysis in evaluating the performance of alienspecies' potential distribution models [J]. Biodiversity Science, 2007(4): 365−372.

[20] 徐琳琳, 虞虎. 国外国家公园景观评价与保护利用研究进展及对中国的启示 [J]. 资源科学, 2022, 44(7): 1520−1532.
Xu L L, Yu H. Research progress of international landscape evaluation, protection, and utilization of national parks and implications to China [J]. Resources Science, 2022, 44(7): 1520−1532.

[21] 代云川, 薛亚东, 张云毅, 等. 国家公园生态系统完整性评价研究进展 [J]. 生物多样性, 2019, 27(1): 104−113.
Dai Y C, Xue Y D, Zhang Y Y, et al. Summary comments on assessment methods of ecosystem integrity for national parks [J]. Biodiversity Science, 2019, 27(1): 104−113.

[22] 赵恒谦, 刘轩绮, 刘帑, 等. 京津风沙源区 NPP 时空变化及其对治理工程实施的响应 [J]. 生态学报, 2024, 44(6): 2406−2419.
Zhao H Q, Liu X Q, Liu G, et al. Spatio temporal variation of net pimary productivity in the Beijing-Tianjin sandstom source area and its response to the implementation of control projects [J]. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(6): 2406−2419.

[23] 鲁铁定, 章园, 曾思婷, 等. 江西省 NPP 估算及其与气候因子的关联分析—基于改进 CASA 模型 [J]. 中国环境科学, 2025, 45(1): 369−378.
Lu T D, Zhang Y, Zeng S T, et al. Eistimation of net primary productivity and corclation study with climate parameters in Jangxi Province using the enhanced CASA model [J]. China Environmental Science, 2025, 45(1): 369−378.

[24] Peng J, Liu Y X, Wu J S, et al. Linking ecosystem services and landscape patterns to assess urban ecosystem health: a case study in Shenzhen City, China [J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 143: 56−68.

[25] 彭琳, 郁颖, 刘向煜. 自然保护地完整性与原真性概念内涵及评价框架构建 [J]. 中国园林, 2025, 41(10): 25−32.
Peng L, Yu Y, Liu X Y. The conceptual connotation and assessment framework development of integrity and authenticity of potected areas [J]. Chinese Landscape Architecture, 2025, 41(10): 25−32.

[26] 张朝枝, 吴辉, 杜杰. 自然原真性内涵演变及其在中国自然保护地的实践 [J]. 自然资源学报, 2023, 38(4): 874−884.
Zhang C Z, Wu H, Du J. Evolution of the connotation of natural

authenticity andits practice in natural protected areas in China [J]. Journal of Natural Resources, 2023, 38(4): 874−884.

[27] 赵智聪, 杨锐. 中国国家公园原真性与完整性概念及其评价框架 [J]. 生物多样性, 2021, 29(10): 1271−1278.
Zhao Z C, Yang R. The concept of national park authenticity and integrity in China and its evaluation framework [J]. Biodiversity Science, 2021, 29(10): 1271−1278.

[28] 曹越, 龙瀛, 杨锐. 中国大陆国土尺度荒野地识别与空间分布研究 [J]. 中国园林, 2017, 33(6): 26−33.
Cao Y, Long Y, Yang R. Research on the identification and spatial distribution of widerness areas at the national scale in mainland China [J]. Chinese Landscape Architecture, 2017, 33(6): 26−33.

[29] 周泽桢. 基于生态系统原真性和完整性的神农架国家公园边界多解规划 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2022.
Zhou Z Z. Boundary delimitation of shennongjia national park based on ecosystem authenticity and integrity[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2022.

[30] 刘伊卓, 董思纯, 孔维莹, 等. 黑龙江省荒野格局分析 [J]. 风景园林, 2024, 31(10): 82−89.
Liu Y Z, Dong S C, Kong W Y, et al. Analysis of wilderness patterns in Heilongjiang Province [J]. Landscape Architecture, 2024, 31(10): 82−89.

[31] 宋爽, 王韶晗, 石梦溪, 等. 挠力河流域景观生态时空演变特征与预测研究 [J]. 北京林业大学学报, 2023, 45(6): 90−99.
Song S, Wang S H, Shi M X, et al. Spatial and temporal evolution characteristics and prediction of landscape ecology in Naolihe Basin of northeastern China [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2023, 45(6): 90−99.

[32] 王韶晗, 宋爽, 石梦溪等. 基于 A-P-S 综合模型的黑龙江大兴安岭林区生态旅游资源评价 [J]. 中南林业科技大学学报, 2023, 43(7): 189−200.
Wang S H, Song S, Shi M X, et al. Evaluation of ecotourism resources in Heilongjiang Daxinganling forest areas based on the A-P-S integrated model [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2023, 43(7): 189−200.

[33] 宋爽. 哈尔滨中心城区景观生态健康评价及优化研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2023.
Song S. Research on landscape ecological health assessment and optimization in Harbin central district[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2023.

[34] 曾昊, 张勇, 苏旭坤. 普达措国家公园保护优先区识别与核心保护区效能评估 [J]. 生态学报, 2025, 45(14): 7094−7104.
Zeng H, Zhang Y, Su X K. Identification of conservation priorities and assessment of core protected area effectiveness in Potatso National Park through the integration of biodiversity and ecosystem services [J]. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(14): 7094−7104.

[35] 胡舒萍, 纪旭, 吴明玥, 等. 塔里木河流域珍稀、特有植物组成特征及保护优先区识别 [J]. 北京林业大学学报, 2025, 47(6): 19−29.
Hu S P, Ji X, Wu M Y, et al. Taxonomical characteristics of rare and endemic plant species andidentification of their protection priority area in the Tarim River Watershed, Xinjiang of western China [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2025, 47(6): 19−29.

[36] Orlikowska E H, Roberge J M, Blicharska M, et al. Gaps in ecological research on the world's largest internationally coordinated network of protected areas: a review of Natura 2000 [J]. Biological Conservation, 2016, 200: 216−227.

[37] Díaz S, Pascual U, Stenseke M, et al. Assessing nature's contributions to people [J]. Science, 2018, 359: 270−272.

[38] Peng J, Xu D M, Tang H, et al. A landscape ecological approach to spatial conservation planning-ecological security pattern [J]. Trends in Ecology & Evolution, 2025, 40(10): 1010−1022.

[39] Nicholson E, Watermeyer K E, Rowland J A, et al. Scientific foundations for an ecosystem goal, milestones and indicators for the post-2020 global biodiversity framework [J]. Nature Ecology & Evolution, 2021, 5(10): 1338−1349.

[40] Venter O, Sanderson E W, Magrach A, et al. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation [J]. Nature communications, 2016, 7(1): 12558.

（责任编辑　赵田芸
责任编委　崔国发）