

国家公园群建设的层级结构识别 ——以青藏高原国家公园群为例

曾瑜哲¹, 钟林生^{1,2*}, 虞 虎¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

摘要: 层级结构识别是推进国家公园群建设的基础工作。然而, 已有研究较少关注国家公园群层级结构定量识别。论文结合理论分析与多准则分析方法, 提出国家公园群建设层级结构识别的UBAN框架(uniqueness, biodiversity, aesthetic value, naturalness), 并以青藏高原国家公园群为例进行实证分析。研究表明, 青藏高原国家公园群内部单体之间存在较大差异, 长江源的相对重要性最高, 海西盐湖最低。层级划分方案对比分析显示, 采用“四分法”有助于推进分层管理。据此方案, 青藏高原国家公园群的一级单体包括长江源等5个, 二级单体包括帕米尔等6个, 三级单体包括普达措等4个, 四级单体包括贡嘎山等6个, 不同层级在青藏高原国家公园群建设中的优先顺序、建设重点和策略不同。研究强调了国家公园群层级识别的必要性, 提出并验证了UBAN框架在国家公园群层级结构识别中的可行性, 有助于推动国家公园群建设管理策略制定和目标实现。

关键词: 国家公园群; 层级结构; 多准则分析; 青藏高原

2021年, 中国正式设立首批5个国家公园。这些国家公园单体面积在0.1万km²(武夷山国家公园)至12.31万km²(三江源国家公园)之间, 在中国乃至世界范围内同类生态地理单元中具有较高的代表性。随着国家公园建设的推进, 一些特殊的生态地理单元逐渐引起关注。这些生态地理单元面积较大, 形成了相对于周边地区的独特生态系统, 如青藏高原(面积约250万km²)^[1]、黄土高原(面积约64万km²)。这些生态地理单元内部既有相似性, 也有相异性, 内部拥有多点分布的相对典型区, 有潜力成为国家公园群建设区域^[1-2]。

国家公园群由一系列国家公园单体组成^[3], 围绕生态系统完整性、生物多样性、文化意识与社会福祉等目标, 协调生态保护、游憩教育、社区发展等

多种活动之间的关系, 开展自然资源保护与利用。与国家公园单体建设相比, 国家公园群建设强调一系列单体通过整合联动形成以协同运行和差异化发展为主要特征的整体。这种建设模式有利于促进群内生态廊道联通、管护设施共建共享、监测监管体系一体化、生态保护与利用经验推广等, 从而提高整体效益。在青藏高原这类特殊生态地理单元内部, 相较于分散的国家公园单体建设模式, 国家公园群建设有利于从整体层面统筹考虑、总体推进, 更符合区域可持续发展规律^[2]。

然而, 国家公园群建设管理策略该如何制定, 尚有许多问题需要回答, 其中之一即国家公园群内部的层级结构划分。自2017年第二次青藏高原综合科学考察队提出建设青藏高原国家公园群以来,

收稿日期: 2021-11-12; 修订日期: 2022-03-25。

基金项目: 第二次青藏高原综合科学考察研究项目(2019QZKK0401); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA20020302); 中国博士后科学基金项目(2020M680659)。[Foundation: Second Comprehensive Scientific Expedition to the Qinghai-Tibet Plateau, No. 2019QZKK0401; Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences, No. XDA20020302; Chinese Postdoctoral Science Foundation, No. 2020M680659.]

第一作者简介: 曾瑜哲(1990—), 女, 湖南怀化人, 博士, 主要从事国家公园与生态旅游研究。E-mail: zengyux007@sina.com

*通讯作者简介: 钟林生(1971—), 男, 江西于都人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事生态旅游与旅游地理、国家公园管理研究。E-mail: zhongls@igsnrr.ac.cn

引用格式: 曾瑜哲, 钟林生, 虞虎. 国家公园群建设的层级结构识别: 以青藏高原国家公园群为例[J]. 地理科学进展, 2022, 41(6): 972-984.
[Zeng Yuxi, Zhong Linsheng, Yu Hu. Hierarchical structure identification of national park groups: Taking the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group as an example. Progress in Geography, 2022, 41(6): 972-984.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2022.06.003

学界对国家公园群的地域功能内涵、功能评价、游憩管理、人类活动环境胁迫等进行了探索^[4-6],但至今仍缺乏关于青藏高原国家公园群层级结构的细化研究。虞虎等^[7]探讨了国家公园群层级结构的识别思路,但并未对层级识别开展量化分析。

国家公园群内部单体之间在资源本底、人类影响等方面存在差异,需要采取差异化的建设策略。由于各区域具有不同的气候、地形地貌等环境因子,生态系统在典型性、珍稀度等方面存在差异,形成的美感价值也不同^[8]。同时,这些环境因子也在一定程度上决定了人类活动的适宜性。越适宜人类活动的区域,人类干扰度越高,自然性也越低^[9]。在这些区域,生态系统偏离“原始状态”的程度越高,体现出来的要素及其关系与自然原始的要素及其关系之间的区别可能就越大^[10],这会影响人类对生态系统的保护与利用效果。

已有相关研究注意到这种差异。例如,韩国国土面积 10.329 万 km²,其境内分布着 22 个国家公园,与国家公园群类似。由于资源类型、设施条件(如道路)等不同,这些国家公园面临不同的旅游环境压力,迫切需要采取差异化的环境影响管理措施^[11]。挪威国土面积 38.5 万 km²,其境内的野生驯鹿区分布着多个国家公园,由于访客分布密度存在差异,这些国家公园的驯鹿受到了不同程度的影响,应采取不同的管理措施^[12]。了解国家公园群内部单体之间的差异,有助于更有效地进行生态系统要素管理。由于差异的存在,国家公园群内部单体之间的相对重要性呈现层级次序。国家公园群在建设过程中应遵循客观规律,针对不同层次的国家公园采取针对性策略,以实现国家公园群建设目标的最优化^[13-15]。尤其是对于处在建设初期的国家公园群,往往面临资源约束下的配置问题,更应该集中资源,提高建设效率。国家公园之间的重要性差异往往体现在生态系统的代表性、典型性等方面,高重要性国家公园在这些方面更突出,对生态保护、科研教育、游憩利用等国家公园群建设目标有更大的影响^[16]。例如,在高重要性国家公园内建设生态保护工程,能覆盖更大范围的物种,更有利于保持生物多样性,提高系统抗干扰风险^[17]。高重要性国家公园往往呈现着最自然、最原始的生态系统运行规律,通过研究这些规律,能够为其他国家公园的生态建设提供科学指导^[18]。高重要性国家公园的生态系统在国家乃至全球层面都具有独特性,

更能够给受访者留下深刻印象,加深对生态的了解,提高生态文明意识^[19]。

由此可见,在国家公园群内,相较于均衡保护利用内部所有单体,差别化保护利用好不同重要性的单体能够更有效地提升整体的保护利用水平。识别出国家公园群内的重要性层级结构,能够为国家公园群建设提供方向,提高建设效率,更好地发挥国家公园各项功能。

因此,本文结合理论分析与多准则决策分析(multi-criteria decision analysis, MCDA),提出国家公园群层级结构的定量识别方法,即UBAN框架(uniqueness, biodiversity, aesthetic value, naturalness),并以青藏高原国家公园群为例进行实证分析,以期对国家公园理论探索和实践发展提供启示。

1 研究方案

1.1 国家公园群层级结构识别框架构建——UBAN 框架

1.1.1 识别维度选择

国家公园群不仅关注生态保护,还注重如何为人类提供福祉,包括游憩利用、教育科研等^[2-3]。国家公园建设是一系列围绕目标开展的具体活动,如生态设施建设、科研监测与游憩引导。这些具体活动的效果,即对目标的贡献程度,受到国家公园本底条件的影响。也就是说,在具有不同本底条件的国家公园开展同样的活动,取得的效果不同。具体来说,这些本底条件主要包括生态系统独特性(uniqueness)、生物多样性(biodiversity)、美感质量(aesthetic value)、自然性(naturalness)。本文综合这4个维度,构建国家公园群层级结构识别的UBAN框架。维度选择理由如下:

(1) 生态系统独特性(uniqueness)

生态系统独特性是指生态系统在一定区域范围内的典型性和代表意义,反映了生境类型典型性、生态过程典型性、珍稀濒危野生动植物物种天然集中度等。生态系统的独特性越高,与其他生态系统的差异越大。在这类区域建设生态设施,保护独特生态系统,能丰富更大区域范围内的生态系统多样性,增加区域抗干扰能力,提高稳定性^[17,20]。同时,对这类区域的研究更有可能取得新的认知,扩充人类对生态系统的了解,优化生态管理^[21]。此

外,在独特性高的区域开展游憩活动,也更能给访客带来优质体验,产生更高的生态游憩价值。例如, Monte Verde地区拥有巴西境内保存最完好的南洋杉林^[22],该林区是 Monte Verde的核心吸引物,拥有较高的生态系统游憩服务价值^[23]; Nakdong Estuary是韩国境内重要的鸟类保护区,不仅拥有16万种鸟类,还是重要的天鹅栖息地,生态与游憩价值较高^[24]。因此,具有较高生态系统独特性的单体在国家公园群建设中应该赋予更高的相对重要性。

为了保护独特的生态系统,世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)、世界野生生物基金会(World Wide Fund for Nature or World Wildlife Fund, WWF)等组织遴选出了一批在全球范围内具有典型意义的区域,分类分级进行保护,如全球200生态区。这些区域部分分布在国家公园群范围内,为国家公园群层级结构识别提供了依据。

(2) 生物多样性(biodiversity)

生物多样性不仅指种类多样性,还包括种类数量的平衡性、种类之间的差异性^[25]。生物多样性与生态系统服务密切相关,是维持生态系统服务的重要因素^[26]。国家公园的生物多样性越高,在国家公园群建设中应该赋予高的相对重要性。在生物多样性丰富的区域开展生态保护活动,有助于提高更大范围区域的多样性和功能富余性,增加整体系统的可选择性,提高抗风险能力^[17]。生物多样性是保护地等级划分的重要标准,提高生物多样性也是很多保护地政策和工程的重要目标^[8]。同时,生物多样性对旅游者满意度也有直接影响^[27]。生物多样性高的区域,旅游者更容易产生满意的游憩体验^[28],生态文明的传播效果也会更好;生物多样性低的区域,具有较高的生态退化风险,游憩潜力也较低^[29]。

生物多样性的核心是物种多样性,包括动物多样性、植物多样性、旗舰物种丰度等。由IUCN、WWF等国际组织确立的生物多样性关键区域、植物多样性中心、地方鸟类保护区等是较权威的生物多样性评估结果,为国家公园群层级结构识别提供了重要依据^[30]。

(3) 美感质量(aesthetic value)

国家公园的重要目的之一是提高人类福祉,满足人类需求,而审美是人类的重要需求之一^[31]。“审美服务”是国家公园为人类提供的重要生态系统游憩服务类型,也是人类最易感知到的生态系统服务

类型之一^[32-33]。人们对于国家公园美感质量的感知是驱动生态保护行为的重要原因。正因为具有审美服务,很多区域得以被保存^[34]。国家公园这一概念的产生之初也是为了保护具有“自然之美”的区域^[35]。重点保护具有高美感质量的区域,并通过游憩等让更多人受益,能够加深国民对国家公园建设和生态保护必要性的认同,对生态文明也有更深的体会,达到更好生态教育与宣传效果。因此,美感质量是国家公园群建设层级结构识别的重要依据。

美感质量评价方法主要有2类:以专家意见为判断基础或基于非专家(如旅游者)的意见。其中,专家评价法的优点是能够进行大范围评价,且能在不同景观类型之间进行比较,在研究中得以广泛应用^[30,36]。具体数据分析常采用PC(pairwise comparison)、SBE(scenic beauty estimation)^[37]、AVQ(average visual quality)^[29]等,具体方法选择与评估对象的性质密切相关。

(4) 自然性(naturalness)

自然性是指生态系统不受人类干扰的程度^[19]。在自然性高的区域开展保护活动,能够充分利用生态自修复能力,用较少的人类资源投入获取较好的保护效果。在自然性高的区域开展科研活动,能够更贴近自然规律,获取对生态系统原始动力更直接、更深刻的认知。通过研究这些自然规律,能够为其他区域的生态恢复、生态建设提供科学原理,更好地指导区域生态保护实践。

此外,在自然性高的区域开展游憩活动,能够提高访客满意度和环境友好度。自然区域有助于人们恢复注意力,增进健康,产生愉悦放松的心情^[38-39]。已有研究表明,人们喜欢在自然性较高的区域开展游憩活动。例如,作为反映自然区域旅游者密度的重要指标,PUD(photo user days)与自然性有很高的正相关^[40-41];露营点也更多分布在自然性高的区域中^[42]。因此,自然性是国家公园群建设层级结构识别的重要依据。

自然性的测度有2种方式:一是着眼于人类活动的压力,二是测量生态环境的状态^[43]。其中,人类活动压力是生态影响的先行指标,对于生态系统实际状态数据不足的区域,这类方式是测度自然性的较好途径。在人类活动压力研究中, Sanderson等^[44]提出的人类足迹指数将人类活动与生态系统的相互作用考虑在内,结合人类干扰与生态系统差异性,提供了多空间尺度的自然性测度方式^[45]。

1.1.2 相对重要性分析

国家公园群层级结构识别是一个内部相对重要性排序问题,采用多准则决策分析(MCDA)能够较好的解决。MCDA 是一类结构化的决策分析框架,用多项准则来度量评价对象的综合优势。近年来,MCDA 法在气候变化适应策略评价、旅游区土地质量评价等领域得到广泛运用^[46-47],本文用MCDA中的 ELECTRE III 算法进行国家公园群内部各单体的相对重要性分析(图1),具体步骤如下:

对于单体 a_i ($i=1,2,3\cdots n$),存在4个准则 g_j ($j=1,2,3,4$),即生态系统独特性、生物多样性、美感质量、自然性。每个准则下,单体的准则值为 a_{ij} 。

(1) 确定阈值。对于单体对 (a_i, a_k) ,定义3个阈值: q_j 、 p_j 、 v_j (表1)。对于给定准则 g_j ,通常满足 $v_j > p_j > q_j > 0$ 。本文采用阈值设定方法:无差别阈值=10%×(最大准则值-最小准则值),严格优于阈值取“3×无差别阈值”;否决阈值取“3×严格优于阈值”。

(2) 权重确定。根据樊杰等^[3]的研究,国家公园群整体效益 (U) 是由生态效益 (U_{eco})、社会效益 (U_{so}) 与经济效益 (U_{ur}) 构成的函数,如式(1)。从各识别维度来看,生态效益与生态系统独特性、生物多样性、自然性密切相关,社会与经济效益则更多

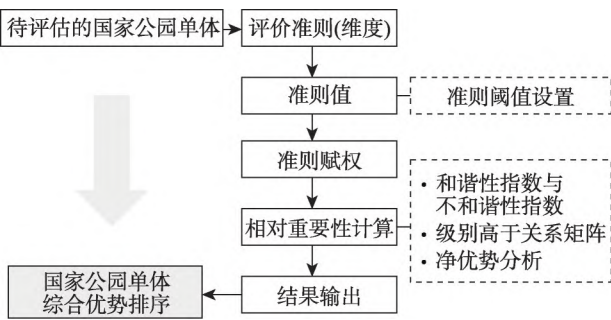


图1 多维准则决策分析步骤
Fig.1 Multi-criteria decision analysis

受到美感质量与自然性的影响。为了避免效益目标倾斜,本文采取维度等权重赋值方法,即视4个维度同等重要。

$$U=f_u(U_{eco}, U_{so}, U_{ur}) \tag{1}$$

(3) 计算和谐性指数与不和谐性指数。和谐性指数 $C(i, k)$ 用于测度“单体 a_i 优于单体 a_k ”的程度。“ $C_j(i, k)$ ”表示“在准则 g_j 上支持单体 a_i 优于单体 a_k 的程度”, W_j 表示准则 g_j 的权重,即 $W_j = 1$ 。定义有序单体对 (a_i, a_k) 的和谐性指数 $C(i, k)$ 为:

$$C(i, k) = \sum_{j=1}^r W_j C_j(i, k) / \sum_{j=1}^r W_j \tag{2}$$

$$C_j(i, k) = \begin{cases} 1 & (a_{ij} + q_j \geq a_{kj}) \\ 0 & (a_{ij} + p_j \leq a_{kj}) \\ \frac{p_j + a_{ij} - a_{kj}}{p_j - q_j} & (\text{其他}) \end{cases} \tag{3}$$

不和谐性指数 $d_j(i, k)$ 表示“拒绝单体 a_i 优于单体 a_k ”这一论断的测度。定义有序方案对 (a_i, a_k) 的不和谐性指数 $d_j(i, k)$ 为:

$$d_j(i, k) = \begin{cases} 0 & (a_{ij} + p_j \geq a_{kj}) \\ 1 & (a_{ij} + v_j \leq a_{kj}) \\ \frac{a_{kj} - a_{ij} - p_j}{v_j - p_j} & (\text{其他}) \end{cases} \tag{4}$$

(4) 计算赋值级别高于关系。有序单体对 (a_i, a_k) 的赋值级别高于关系 $S(i, k)$ 定义为:

$$S(i, k) = \begin{cases} C(i, k) & (J(i, k) = \emptyset) \\ C(i, k) \prod_{j \in J(i, k)} \frac{1 - d_j(i, k)}{1 - C(i, k)} & (\text{其他}) \end{cases} \tag{5}$$

式中: $J(i, k)$ 是所有 $d_j(i, k) > C(i, k)$ 的属性的集合。如果对于所有准则满足 $d_j(i, k) \leq C(i, k)$, 则有: $J(i, k) = \emptyset$ 。 $S(i, k)$ 表示对“单体 a_i 在总体级别上高于单体 a_k ”这一论断的测度。

(5) 计算净优势值,确定各单体的次序关系。净优势值的计算公式为:

表1 阈值定义与规则
Tab.1 Definition and application of thresholds

符号	定义	规则
q_j	单体在准则 g_j 上的无差异阈值	当单体 a_i 和单体 a_k 在准则 g_j 下的准则值之差不大于 q_j , 即满足 $a_{ij} + q_j \geq a_{kj}$ 和 $a_{kj} + q_j \geq a_{ij}$ 时, 认为这2个单体在准则 g_j 上是无差异的
p_j	单体在准则 g_j 上的严格优于阈值	当单体 a_i 和单体 a_k 在准则 g_j 下的准则值之差大于 p_j , 即满足 $a_{ij} - a_{kj} > p_j$ 时, 认为单体 a_i 在准则 g_j 上严格优于单体 a_k ; 如果满足 $a_{ij} + q_j < a_{kj} \leq a_{ij} + p_j$, 则认为单体 a_i 在准则 g_j 上弱优于单体 a_k
v_j	单体在准则 g_j 上的否决阈值	当单体 a_i 的准则值低于单体 a_k 的准则值达到或超过 v_j , 即 $a_{ij} \geq v_j + a_{kj}$ 时, 不再承认单体 a_i 在总体上级别高于单体 a_k

$$\delta_i = \sum_{k=1}^n S(i, k) - \sum_{k=1}^n S(k, i) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

表2 青藏高原国家公园群层级结构识别基础数据

Tab.2 Databases used in the hierarchical structure identification of the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group			
识别维度	数据集	数据集描述	数据来源
生态系统独特性	① 全球 200 生态区	WWF 确定的全球 200 生态区是全球范围内最具代表性的保护区之一,旨在保护全球尺度上具有典型意义的陆地、淡水和海洋生态系统与生态过程	WWF 官方网站(https://www.worldwildlife.org/publications/global-200)
	② 国家级自然保护区	自然保护区是指对代表性的自然生态区域、珍稀濒危野生动植物物种的天然集中分布区、有特殊意义的自然遗迹等保护对象所在的陆地、陆地水体或者海域	资源环境科学与数据中心(https://www.resdc.cn/data.aspx?DATAID=272)
生物多样性	③ 生物多样性关键区	由 IUCN、WWF 等机构共同确定,是对保持全球生物多样性有显著作用的区域,拥有独特丰富物种、具有全球保护意义的生物多样性关键地区,是 IUCN 生物多样性保护的工	IUCN 官方网站(https://www.iucn.org/resources/conservation-tools/world-database-of-key-biodiversity-areas)
	④ 重点鸟类与生物多样性区	该区域划定是国际鸟盟一项全球范围的举措,旨在划定并记录对世界鸟类具有重要意义的地点组成的网络,并致力于这一网络的保育和可持续管理	IUCN 官方网站(https://www.iucn.org/regions/mediterranean/our-work/biodiversity-knowledge-and-action/biodiversity-standards-and-indicators/key-biodiversity-areas)
美感质量	⑤ 图片问卷反馈数据	评估材料来自 Google 地球中的 360 度全景图与实地采样,选取去过青藏高原 2 次以上的 30 位专家学者进行评估。PC 法评价结果采用问卷形式搜集,采用 1~9 比例标度法进行设计,采用 Matlab 2016a 计算判断矩阵最大特征根所对应的特征向量,即美感质量	专家评估
自然性	⑥ 人类足迹指数	反映人类对地球环境的胁迫	美国国家航空航天局官方网站(https://earthdata.nasa.gov/learn/sensing-our-planet/the-human-footprint)

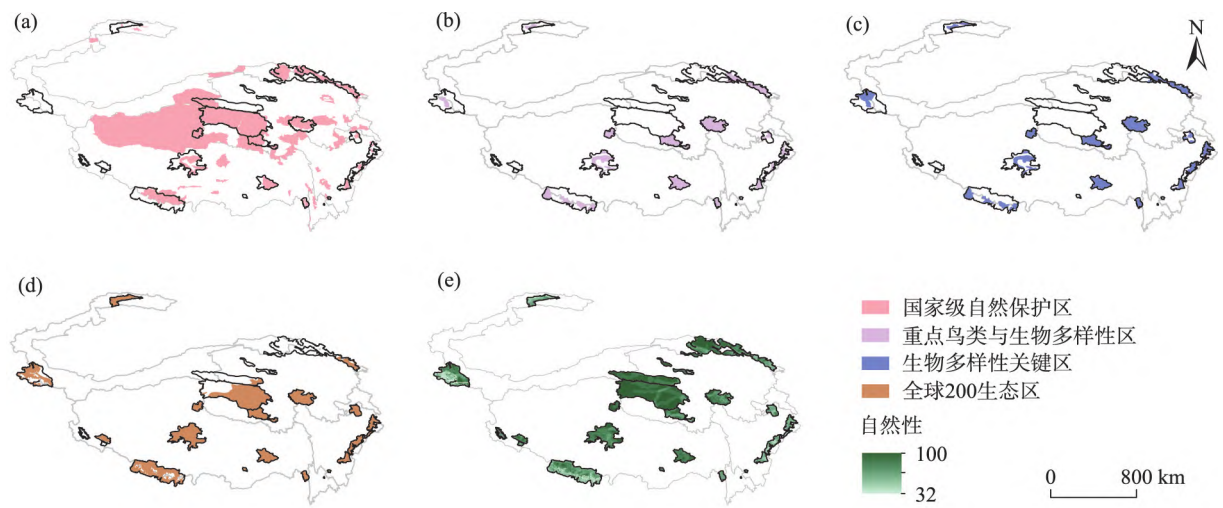


图3 青藏高原国家公园群层级结构识别空间数据

Fig.3 Spatial data used for the hierarchical structure identification of the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group

(3) 识别层级与断点。具体步骤为:自然断点数量分别取1、2、3,即国家公园群内部层级数量分别为2层、3层、4层。之后,进行Theil指数分析,比较不同层级划分方案的差异。

2 结果与讨论

2.1 青藏高原国家公园群内部相对重要性

国家公园单体相对重要性评估结果显示(图4),

在21个国家公园单体中,长江源的相对重要性最高,其次为珠峰、大熊猫等。长江源的相对重要性主要在于其生物多样性。长江源区在高寒气候影响下自西向东由高寒荒漠草原向高寒草原、高寒草甸过渡,多高原湖泊、沼泽和雪山冰川分布,河流多辫状水系,多高原台地和宽谷,总体以高寒草甸、高寒草原、河湖和湿地生态系统为主,具有典型、独特的高寒草甸—草原—湿地生态景观,构成极其复杂的生态系统,蕴藏着丰富的生物多样性^[57]。珠峰的

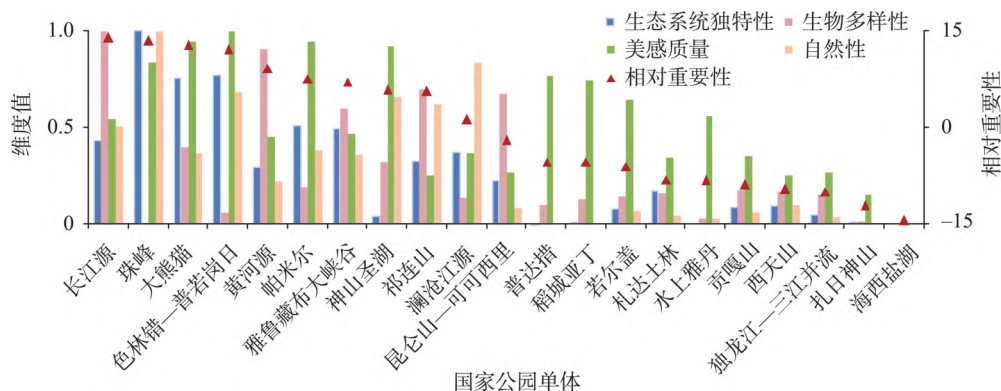


图4 青藏高原21个国家公园单体相对重要性评估结果

Fig.4 Relative importance of individual parks in the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group

相对重要性较高,主要源于极高的独特性和自然性。珠峰是全球海拔最高的山峰,孕育了极其独特的生态系统^[58]。同时,该地区的海拔、气候等不适宜人类活动,也使其自然原始状态保存较好^[59]。大熊猫虽然在4个方面都没有达到群内的最高值,但由于突出的美感质量和独特性,也使其总体相对重要性很高。此外,色林错—普若岗日的相对重要性也较高,主要源于极高的美感质量^[60]。

相对重要性最低的单体为海西盐湖。这可能与海西盐湖的钾盐生产活动有关。海西盐湖是目前中国最大的钾盐生产基地,历经了较长的开发过程,给盐湖生态造成了较大影响^[61-62],这可能在一定程度上导致海西盐湖形成了相对较低的生态系统独特性、生物多样性、自然性和美感质量。此外,扎日神山的相对重要性也较低。生物多样性最低的单体还包括水上雅丹,这与水上雅丹是地质遗迹有密切关系。自然性最低的还有普达措,该单体的人类足迹指数在青藏高原国家公园群中相对较高。

2.2 青藏高原国家公园群层级结构

2.2.1 层级识别结果

层级划分结果显示(图5),在“四分法”方案中,

国家公园群层级呈现“葫芦形”结构。净优势值最高的层级包括5个:长江源、珠峰、大熊猫、色林错—普若岗日与黄河源。与其他层级划分方式相比,“四分法”划分结果中的组间差异对总体差异的贡献率最大,此时,4个层级之间的总体差异为10.22%,组间差异的贡献率为64%。同时,在该分类方案中,组内差异最小(3.67%)。

在“三分法”方案中,国家公园群层级呈现“哑铃型”结构。净优势值最高层级的国家公园单体数量最多,包括净优势值高于1.3494的祁连山、神山圣湖等10个。此时,各层级之间的总体差异是最大的,为13.3%,然而,其中50%以上来自组内差异。这说明,采用“三分法”时,层级间的差异主要是组内差异造成的,层级内部的异质性较大。

在“二分法”方案中,国家公园群层级呈现“梯形”结构,净优势值最高层级的规模(11个)略多于最低层级的规模(10个)。此时,层级总体差异最小,且主要来自层级内部差异(占98%)。

综上,如果不考虑总体差异,仅为了实现层级间差异最大化、层级内差异最小化,应该采用“四分法”;但如果不考虑层级间差异最大化,仅考虑总体

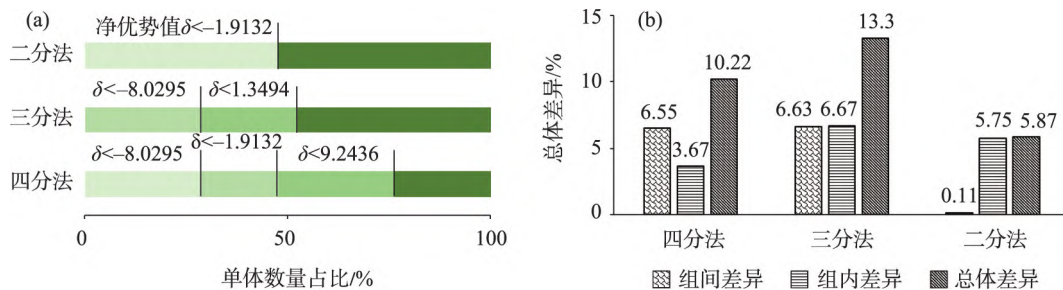


图5 青藏高原国家公园群不同层级划分方案的比较

Fig.5 Comparison of different hierarchical structure identification schemes for the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group

差异最大化,应该采用“三分法”。

2.2.2 各层级发展建议

根据上述分析可知,青藏高原国家公园群内可划分为若干层级。采用“四分法”时,层级间的差异对总体差异的贡献率最高,层内差异最小。这说明,如果需要采取针对层级之间差异的建设管理方式,采用“四分法”是更合适的。此时,国家公园群内部存在相对重要性从高到低的4个层级(表3)。

一级单体包括5个:长江源、珠峰、大熊猫、色林错—普若岗日、黄河源。该层级具有很高的生态系统独特性、生物多样性、美感质量与自然性,在青藏高原国家公园群中本底条件最好。该层次应优先进行建设,做好国家公园建设影响评估,在核心控制区与一般控制区的基础上制定更加详细的空间战略,统筹生态保护与社区发展,以生态保护为核心原则,发挥生态资源优势,促进生态产品价值实现。

二级单体包括6个:帕米尔、雅鲁藏布大峡谷、神山圣湖、祁连山、澜沧江源、昆仑山—可可西里。该层级具有较高的生态系统独特性、生物多样性、美感质量与自然性,在青藏高原国家公园群中本底条件较好。近期应开展国家公园建设相关调查评估,明确建设定位、目标与各单体特色方向,补齐短板,与一级单体共同发挥好生态安全屏障功能。

三级单体包括4个:普达措、稻城亚丁、若尔盖、札达土林。该层级具有中等的生态系统独特性与生物多样性,是青藏高原国家公园群建设的特色拓展对象。该类单体在美感质量方面比较突出。这些单体在过去发展中已形成了较高的生态旅游知名度,例如普达措^[66]、稻城亚丁^[67]与若尔盖^[68]。同时,该类单体自然性相对较低,部分原因可能是生态旅游活动^[69-70]。因此,该类单体应加强生态系统完整性与原真性保护,实施生态修复工程,充分发挥美感质量的优势,在保护的前提下发展生态旅游,严格控制生态旅游的环境影响。

四级单体包括6个:水上雅丹、贡嘎山、西天山、

独龙江—三江并流、扎日神山、海西盐湖。该层级具有较低的生态系统独特性、生物多样性、美感质量与自然性,是青藏高原国家公园群建设中需要重点提升的层次。由于这些单体的本底相对不具备优势,在国家公园群建设中需要加强生态系统保护与价值提升,探索合理的保护方式与利用模式,共同实现青藏高原国家公园群建设目标。

3 结论与讨论

国家公园建设是中国生态文明工程的新实践,不仅需要吸收国外国家公园建设经验,更应充分考虑中国国情^[71]。与多数国家相比,中国国土面积广大,拥有很多具有典型意义的巨型地理单元^[72],如青藏高原、黄土高原,这些地理单元内部往往分布着很多重要生态系统,这些生态系统之间彼此联结,具有相似性,且与外部存在较大的差异,往往需要集中考虑、协同管理,以实现生态保护和人类发展协同目标。因此,国家公园群建设模式在这些地理单元上具有适用性^[2-3]。

根据不同的生态系统特征,开展不同类型的建设活动,是人类在近百年生态保护利用探索中形成的有效方式^[73]。国家公园群是一个独特的管理单元,包含多个国家公园单体,有必要识别内部的层级结构,以便制定建设管理策略、提升整体保护利用效率。针对国家公园群建设过程中对层级结构识别的需求,本文结合理论分析与多准则方法,提出UBAN框架,并以青藏高原国家公园群为例,分析青藏高原国家公园群建设的层级结构。

UBAN框架强调根据国家公园单体之间的相对重要性来识别层级结构,构建生态系统独特性、生物多样性、美感质量与自然性4个维度,采用多维决策方法集成维度值,结合自然断点与Theil指数进行层级划分,为国家公园群层级结构定量识别提供了一套系统方法。通过UBAN框架,决策者可以结构化地了解各单体的现状以及各单体在国家公

表3 不同层级的指标均值
Tab.3 Average index values of various hierarchies

层级	生态系统独特性	生物多样性	美感质量	自然性	相对重要性
一级	0.651	0.473	0.754	0.556	12.322
二级	0.328	0.438	0.536	0.490	4.299
三级	0.065	0.132	0.624	0.030	-6.137
四级	0.040	0.090	0.264	0.040	-10.475

园群内的相对重要性,以便采取针对性的建设管理措施。

在青藏高原国家公园群开展的UBAN框架应用研究表明,该框架能较好地识别出青藏高原国家公园群内部层级,具有较强的可操作性和可行性,有助于提高国家公园群建设决策的科学性。在青藏高原国家公园群内部,长江源区的相对重要性最高,海西盐湖的相对重要性最低。各单体之间在生态系统独特性、生物多样性、自然性与审美质量上都体现出差异,最大的差异产生于自然性。根据国家公园群内部差异,当划分为4个层级时,层级内部的同质性最高、层级之间的差异较大。因此,本文采用四分法方案,针对各层级提出了相应的建设管理建议。

本文主要存在3个局限,有待未来研究进一步完善。一是没有体现社会经济背景。社会经济是人地关系的重要内容,其具有无形性、主观性等特征,其评估具有一定的挑战性^[74],但也会影响国家公园群建设,未来研究需进一步探讨社会经济背景在国家公园群建设过程中的作用。二是没有对比分析维度赋权方式。本文采取维度等权重法,尽管能够反映在视所有维度同等重要时的层级分异,但维度权重差异仍然需进一步探索。未来研究可以对比分析多种赋权方式下层级结构变动的敏感性,结合国家公园群建设目标选择合理的赋权方法。最后,中国正在构建以国家公园为主体的自然保护地体系,在此背景下,青藏高原国家公园群的单体数量及其空间范围未来有可能发生变化。未来研究可以根据本文提出的结构识别方法对青藏高原国家公园群层级进行动态调整。

参考文献(References)

- [1] 王婷. 2009—2015年国际青藏高原研究文献计量分析: 基于SCIE和ESI数据[J]. 地理科学进展, 2017, 36(4): 500-512. [Wang Ting. A bibliometric analysis of international research on Tibetan Plateau: Based on the databases of SCIE and ESI. Progress in Geography, 2017, 36(4): 500-512.]
- [2] 樊杰, 钟林生, 李建平, 等. 建设第三极国家公园群是西藏落实主体功能区大战略、走绿色发展之路的科学抉择[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(9): 932-944. [Fan Jie, Zhong Linsheng, Li Jianping, et al. Third pole national park group construction is scientific choice for implementing strategy of major function zoning and green development in Tibet, China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(9): 932-944.]
- [3] 樊杰, 钟林生, 黄宝荣, 等. 地球第三极国家公园群的地域功能与可行性[J]. 科学通报, 2019, 64(27): 2938-2948. [Fan Jie, Zhong Linsheng, Huang Baorong, et al. Territorial function and feasibility of the Earth's Third Pole national park cluster. Chinese Science Bulletin, 2019, 64(27): 2938-2948.]
- [4] 陈东军, 钟林生, 樊杰, 等. 青藏高原国家公园群功能评价与结构分析[J]. 地理学报, 2022, 77(1): 196-213. [Chen Dongjun, Zhong Linsheng, Fan Jie, et al. Function evaluation and structure analysis of Qinghai-Tibet Plateau National Park Cluster. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(1): 196-213.]
- [5] 张丛林, 褚梦真, 张慧智, 等. 青藏高原国家公园群游憩可持续性管理评估指标体系[J]. 生物多样性, 2021, 29(6): 780-789. [Zhang Conglin, Chu Mengzhen, Zhang Huizhi, et al. Evaluation indicator system for the recreational sustainability management of the Qinghai-Tibet Plateau national park cluster. Biodiversity Science, 2021, 29(6): 780-789.]
- [6] 周侃, 刘汉初, 樊杰, 等. 青藏高原国家公园群区域人类活动环境胁迫强度与空间效应: 以三江源地区为例[J]. 生态学报, 2021, 41(1): 268-279. [Zhou Kan, Liu Hanchu, Fan Jie, et al. Environmental stress intensity of human activities and its spatial effects in the Qinghai-Tibet Plateau National Park cluster: A case study in Sanjiangyuan region. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(1): 268-279.]
- [7] 虞虎, 钟林生, 樊杰. 青藏高原国家公园群地域功能与结构研究[J]. 生态学报, 2021, 41(3): 823-832. [Yu Hu, Zhong Linsheng, Fan Jie. Regional function and spatial structure of National Park Cluster in Qinghai-Tibet Plateau. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(3): 823-832.]
- [8] Maxwell S L, Cazalis V, Dudley N, et al. Area-based conservation in the twenty-first century[J]. Nature, 2020, 586: 217-227.
- [9] MacDougall A S, McCann K S, Gellner G, et al. Diversity loss with persistent human disturbance increases vulnerability to ecosystem collapse[J]. Nature, 2013, 494: 86-89.
- [10] Romanelli J P, Meli P, Naves R P, et al. Reliability of evidence-review methods in restoration ecology[J]. Conservation Biology, 2021, 35(1): 142-154.
- [11] Chun J, Kim C K, Kim G S, et al. Social big data informs spatially explicit management options for national parks with high tourism pressures[J]. Tourism Management, 2020, 81: 104136. doi: 10.1016/j.tourman.2020.104136.
- [12] Gundersen V, Vistad O I, Panzacchi M, et al. Large-scale segregation of tourists and wild reindeer in three Norwe-

- gian National Parks: Management implications [J]. *Tourism Management*, 2019, 75: 22-33.
- [13] Tilker A, Abrams J F, Nguyen A, et al. Identifying conservation priorities in a defaunated tropical biodiversity hotspot [J]. *Diversity and Distributions*, 2020, 26(4): 426-440.
- [14] Boschetti F, Babcock R C, Doropoulos C, et al. Setting priorities for conservation at the interface between ocean circulation, connectivity, and population dynamics [J]. *Ecological Applications*, 2020, 30(1): e02011. doi: 10.1002/eap.2011.
- [15] Herrera-sánchez F J, Gil-sánchez J M, Álvarez B, et al. Identifying priority conservation areas in a Saharan environment by highlighting the endangered Cuvier's Gazelle as a flagship species [J]. *Scientific Reports*, 2020, 10(1): 13003. doi: 10.1038/s41598-020-69588-6.
- [16] Pringle R M. Upgrading protected areas to conserve wild biodiversity [J]. *Nature*, 2017, 546: 91-99.
- [17] Biggs R, Schlüter M, Biggs D, et al. Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services [J]. *Annual Review of Environment and Resources*, 2012, 37: 421-448.
- [18] Zweig C L, Newman S, Saunders C J. Applied use of alternate stable state modeling in restoration ecology [J]. *Ecological Applications*, 2020, 30(8): e02195. doi: 10.1002/eap.2195.
- [19] Paracchini M L, Zulian G, Kopperoinen L, et al. Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU [J]. *Ecological Indicators*, 2014, 45: 371-385.
- [20] Ostrom E. Understanding institutional diversity [M]. Princeton, USA: Princeton University Press, 2005.
- [21] Ferrier S. Prioritizing where to restore earth's ecosystems [J]. *Nature*, 2020, 586: 680-681.
- [22] Siqueira E. A floresta de Araucária em Monte Verde (MG): História sedimentológica, palinológica e isotópica desde o último máximo glacial [D]. São Paulo, Brazil: Universidade de São Paulo, 2012.
- [23] Bachi L, Ribeiro S C, Hermes J, et al. Cultural Ecosystem Services (CES) in landscapes with a tourist vocation: Mapping and modeling the physical landscape components that bring benefits to people in a mountain tourist destination in southeastern Brazil [J]. *Tourism Management*, 2020, 77: 104017. doi: 10.1016/j.tourman.2019.104017.
- [24] Choi Y E, Oh C O, Chon J. Applying the resilience principles for sustainable ecotourism development: A case study of the Nakdong Estuary, South Korea [J]. *Tourism Management*, 2021, 83: 104237. doi: 10.1016/j.tourman.2020.104237.
- [25] Stirling A. A general framework for analysing diversity in science, technology and society [J]. *Journal of the Royal Society Interface*, 2007, 4(15): 707-719.
- [26] Raymond C M, Brown G. Assessing spatial associations between perceptions of landscape value and climate change risk for use in climate change planning [J]. *Climatic Change*, 2011, 104(3): 653-678.
- [27] Siikamäki P, Kangas K, Paasivaara A, et al. Biodiversity attracts visitors to national parks [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2015, 24(10): 2521-2534.
- [28] Dybsand H N H. In the absence of a main attraction: Perspectives from polar bear watching tourism participants [J]. *Tourism Management*, 2020, 79: 104097. doi: 10.1016/j.tourman.2020.104097.
- [29] Arriaza M, Cañas-ortega J F, Cañas-madueño J A, et al. Assessing the visual quality of rural landscapes [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 69(1): 115-125.
- [30] Paracchini M L, Zulian G, Kopperoinen L, et al. Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU [J]. *Ecological Indicators*, 2014, 45: 371-385.
- [31] Guo Z W, Zhang L, Li Y M. Increased dependence of humans on ecosystem services and biodiversity [J]. *PLoS One*, 2010, 5(10): e13113. doi: 10.1371/journal.pone.0013113.
- [32] Zoderer B M, Tasser E, Erb K H, et al. Identifying and mapping the tourists perception of cultural ecosystem services: A case study from an Alpine region [J]. *Land Use Policy*, 2016, 56: 251-261.
- [33] MEA. Ecosystems and human well-being [M]. Washington D C, USA: Island Press, 2003.
- [34] Brown G, Brabyn L. An analysis of the relationships between multiple values and physical landscapes at a regional scale using public participation GIS and landscape character classification [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2012, 107(3): 317-331.
- [35] 杨锐. 借鉴美国国家公园经验 探索自然文化遗产管理之路 [J]. *科学中国人*, 2003(6): 28-31. [Yang Rui. Learn from the experience of American national parks and explore the management of natural and cultural heritage. *Scientific Chinese*, 2003(6): 28-31.]
- [36] Nahuelhual L, Carmona A, Lozada P, et al. Mapping recreation and ecotourism as a cultural ecosystem service: An application at the local level in Southern Chile [J]. *Applied Geography*, 2013, 40: 71-82.
- [37] Daniel T C, Boster R S. Measuring landscape esthetics: The scenic beauty estimation method [R]. US Depart-

- ment of Agriculture Research Paper RM-167. Fort Collins, USA: Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1976.
- [38] Buckley R, Brough P, Hague L, et al. Economic value of protected areas via visitor mental health [J]. *Nature Communications*, 2019, 10(1): 5706. doi: 10.1038/s41467-019-13619-y.
- [39] Kaplan R, Kaplan S. The experience of nature: A psychological perspective [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1989.
- [40] Schirpke U, Meisch C, Marsoner T, et al. Revealing spatial and temporal patterns of outdoor recreation in the European Alps and their surroundings [J]. *Ecosystem Services*, 2018, 31: 336-350.
- [41] Sonter L J, Watson K B, Wood S A, et al. Spatial and temporal dynamics and value of nature-based recreation, estimated via social media [J]. *PLoS One*, 2016, 11(9): e0162372. doi: 10.1371/journal.pone.0162372.
- [42] Weyland F, Laterra P. Recreation potential assessment at large spatial scales: A method based in the ecosystem services approach and landscape metrics [J]. *Ecological Indicators*, 2014, 39(4): 34-43.
- [43] Neri A C, Dupin P, Sánchez L E. A pressure-state-response approach to cumulative impact assessment [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 126: 288-298.
- [44] Sanderson E W, Jaiteh M, Levy M A, et al. The human footprint and the last of the wild [J]. *BioScience*, 2002, 52(10): 891-904.
- [45] Shrestha N, Xu X T, Meng J H, et al. Vulnerabilities of protected lands in the face of climate and human footprint changes [J]. *Nature Communications*, 2021, 12(1): 1632. doi: 10.1038/s41467-021-21914-w.
- [46] Michailidou A V, Vlachokostas C, Moussiopoulos N. Interactions between climate change and the tourism sector: Multiple-criteria decision analysis to assess mitigation and adaptation options in tourism areas [J]. *Tourism Management*, 2016, 55: 1-12.
- [47] Ayhan C K, Tasli T C, Ozkok F, et al. Land use suitability analysis of rural tourism activities: Yenice, Turkey [J]. *Tourism Management*, 2020, 76: 103949. doi: 10.1016/j.tourman.2019.07.003.
- [48] Jenks G F. The data model concept in statistical mapping [J]. *International Yearbook of Cartography*, 1967, 7: 186-190.
- [49] 李晶晶, 苗长虹. 长江经济带人口流动对区域经济差异的影响 [J]. *地理学报*, 2017, 72(2): 197-212. [Li Jingjing, Miao Changhong. Impact of population flow on regional economic disparities in the Yangtze River economic belt. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(2): 197-212.]
- [50] 苗毅, 戴特奇, 宋金平, 等. 青藏高原国家公园群交通设施支撑能力评价与优化 [J]. *经济地理*, 2020, 40(12): 22-31. [Miao Yi, Dai Teqi, Song Jinping, et al. Evaluation and optimization of transport facilities support capacity of national parks in Qinghai-Tibet Plateau. *Economic Geography*, 2020, 40(12): 22-31.]
- [51] 钟林生, 曾瑜哲, 虞虎. 青藏高原国家公园群游憩功能的自然基础与实现路径 [J]. *生态学报*, 2021, 41(3): 861-873. [Zhong Linsheng, Zeng Yuxi, Yu Hu. The natural foundation and realization path of the recreation function of the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(3): 861-873.]
- [52] 郑度, 杨勤业, 吴绍洪, 等. 中国生态地理区域系统研究 [M]. 北京: 商务印书馆, 2008. [Zhen Du, Yang Qinye, Wu Shaohong, et al. Research on China's ecological geographical system. Beijing, China: The Commercial Press, 2008.]
- [53] 陈德亮, 徐柏青, 姚檀栋, 等. 青藏高原环境变化科学评估: 过去、现在与未来 [J]. *科学通报*, 2015, 60(32): 3025-3035. [Chen Deliang, Xu Baiqing, Yao Tandong, et al. Assessment of past, present and future environmental changes on the Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 2015, 60(32): 3025-3035.]
- [54] 孙鸿烈, 郑度, 姚檀栋, 等. 青藏高原国家生态安全屏障保护与建设 [J]. *地理学报*, 2012, 67(1): 3-12. [Sun Honglie, Zheng Du, Yao Tandong, et al. Protection and construction of the national ecological security shelter zone on Tibetan Plateau. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(1): 3-12.]
- [55] 姚檀栋, 余武生, 杨威, 等. 第三极冰川变化与地球系统过程 [J]. *科学观察*, 2016, 11(6): 55-57. [Yao Tandong, Yu Wusheng, Yang Wei, et al. Changes in the Third Pole glacier and the earth system process. *Science Focus*, 2016, 11(6): 55-57.]
- [56] 樊杰, 徐勇, 王传胜, 等. 西藏近半个世纪以来人类活动的生态环境效应 [J]. *科学通报*, 2015, 60(32): 3057-3066. [Fan Jie, Xu Yong, Wang Chuansheng, et al. The effects of human activities on the ecological environment of Tibet over the past half century. *Chinese Science Bulletin*, 2015, 60(32): 3057-3066.]
- [57] 吕新苗, 郑度. 气候变化对长江源地区高寒草甸生态系统的影响 [J]. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(5): 603-607. [Lv Xinmiao, Zhen Du. Impacts of global change on the alpine meadow ecosystem in the source region of the Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(5): 603-607.]
- [58] 付晶, 高峻, 李杰, 等. 珠穆朗玛峰保护地生态系统文化

- 服务空间分布及评价[J]. 生态学报, 2021, 41(3): 901-911. [Fu Jing, Gao Jun, Li Jie, et al. Spatial analysis and assessment of cultural ecosystem services at the protected area of the Mt. Qomolangma. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(3): 901-911.]
- [59] 段群滔, 罗立辉. 人类活动强度空间化方法综述与展望: 以青藏高原为例[J]. 冰川冻土, 2021, 43(5): 1582-1593. [Duan Quntao, Luo Lihui. Summary and prospect of spatialization method of human activity intensity: Taking the Qinghai-Tibet Plateau as an example. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2021, 43(5): 1582-1593.]
- [60] 张丛林, 陈伟毅, 黄宝荣, 等. 国家公园旅游可持续性管理评估指标体系: 以西藏色林错—普若岗日冰川国家公园潜在建设区为例[J]. 生态学报, 2020, 40(20): 7299-7311. [Zhang Conglin, Chen Weiyi, Huang Baorong, et al. Evaluation indicator system of national park tourism sustainability management: A case study of Selin Co-Puruogangri Glacier in Tibet. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(20): 7299-7311.]
- [61] 常志勇. 开发和利用柴达木盐湖锂资源的思考[J]. 柴达木开发研究, 1993(5): 81-83. [Chang Zhiyong. Thoughts on development and utilization of Lithium resources in Qaidam Salt Lake. *Development Research on Qaidam*, 1993(5): 81-83.]
- [62] 焦文. 十五”期间海西区域经济发展设想[J]. 柴达木开发研究, 2001(1): 65-68. [Jiao Wen. Economic development in the western Taiwan straits during Tenth Five-Year Plan. *Development Research on Qaidam*, 2001(1): 65-68.]
- [63] Lewis S L, Maslin M A. Defining the anthropocene[J]. *Nature*, 2015, 519: 171-180.
- [64] 苗毅, 卢文清, 戴特奇, 等. 青藏高原市域综合交通优势度评价及空间特征: 以林芝市为例[J]. 地理科学进展, 2021, 40(8): 1332-1343. [Miao Yi, Lu Wenqing, Dai Teqi, et al. Comprehensive traffic advantage degree and its spatial characteristics at the prefecture level on the Qinghai-Tibet Plateau: A case study of Linzhi City. *Progress in Geography*, 2021, 40(8): 1332-1343.]
- [65] 聂勇, 刘林山, 张懿锂, 等. 1982—2009年珠穆朗玛峰自然保护区植被指数变化[J]. 地理科学进展, 2012, 31(7): 865-903. [Nie Yong, Liu Linshan, Zhang Yili, et al. NDVI change analysis in the Mount Qomolangma (Everest) national nature preserve during 1982-2009. *Progress in Geography*, 2012, 31(7): 865-903.]
- [66] 张一群, 孙俊明, 唐跃军, 等. 普达措国家公园社区生态补偿调查研究[J]. 林业经济问题, 2012, 32(4): 301-307. [Zhang Yiqun, Sun Junming, Tang Yuejun, et al. Investigation on community eco-compensation of Potatso National Park. *Issues of Forestry Economics*, 2012, 32(4): 301-307.]
- [67] 关诗咏. 居民感知视角下的旅游扶贫绩效研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2019. [Guan Shiyong. The effect of poverty alleviation through tourism from local community perspective. Shanghai, China: Shanghai Normal University, 2019.]
- [68] 董锁成, 李斌, 金贤锋. 大旅游战略下川西民族地区生态旅游模式研究: 以若尔盖县为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(5): 117-122. [Dong Suocheng, Li Bin, Jin Xianfeng. Research on eco-tourism development patterns in the ethnic regions of western Sichuan Province under the comprehensive tourism strategy. *China Population, Resources and Environment*, 2009, 19(5): 117-122.]
- [69] 王进琼, 邓茂林. 旅游开发对若尔盖自然保护区土壤养分和物理性状的影响[J]. 四川林业科技, 2011, 32(2): 84-88. [Wang Jinqiong, Deng Maolin. The impacts of tourism development on soil nutrients and physical properties in Ruogai Plateau Wetland Nature Reserve, Sichuan, China. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2011, 32(2): 84-88.]
- [70] 马国强, 刘美斯, 吴培福, 等. 旅游干扰对鸟类多样性及取食距离的影响评价: 以普达措国家公园为例[J]. 林业资源管理, 2012(1): 108-114. [Ma Guoqiang, Liu Meisi, Wu Peifu, et al. The assessment of recreational effect on diversity and feeding distance of birds: A case study in Pudacuo National Park. *Forest Resources Management*, 2012(1): 108-114.]
- [71] 李洪义, 吴儒练, 田逢军. 近20年国内外国家公园游憩研究综述[J]. 资源科学, 2020, 42(11): 2210-2223. [Li Hongyi, Wu Rulian, Tian Fengjun. A review of research on national park recreation in the past 20 years. *Resources Science*, 2020, 42(11): 2210-2223.]
- [72] 程维明, 周成虎, 李炳元, 等. 中国地貌区划理论与分区体系研究[J]. 地理学报, 2019, 74(5): 839-856. [Cheng Weiming, Zhou Chenghu, Li Bingyuan, et al. Geomorphological regionalization theory system and division methodology of China. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(5): 839-856.]
- [73] Rodrigues A S, Andelman S J, Bakarr M I, et al. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity[J]. *Nature*, 2004, 428: 640-643.
- [74] Sherrouse B C, Clement J M, Semmens D J. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services[J]. *Applied Geography*, 2011, 31(2): 748-760.

Hierarchical structure identification of national park groups: Taking the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group as an example

ZENG Yuxi¹, ZHONG Linsheng^{1,2*}, YU Hu¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Hierarchical structure identification is important for the construction of national park groups. However, existing studies have paid little attention to the method for the identification of hierarchical structure of national park groups. This study proposed the UBAN framework (Uniqueness, Biodiversity, Aesthetic value, Naturalness) for the identification of park hierarchy in national park groups through theoretical analysis and multi-criteria analysis methods, and applied the framework to the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group for testing its feasibility and validation. The results show that the UBAN framework is feasible and easy to operationalize in identifying hierarchical structure of the national park group. Among the 21 national parks, the Source of the Yangtze River has the highest relative importance, followed by Mount Everest and Giant Pandas. The large difference in relative importance within the national park group is attributed to differences in various dimensions. When the four-level structure is adopted, the overall difference is mainly caused by the differences between the levels rather than the differences within each level, suggesting that the four-level structure is suitable for national park group management based on the characteristics of each level. In the four-level structure, the first level includes the Source of the Yangtze River, Mount Everest, Giant Pandas, Selincuo-Puruogangri, and the Source of the Yellow River. Parks at this level have the highest ecosystem uniqueness, biodiversity, aesthetic value, and naturalness, and plays a central role in the construction of the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group. The second-level includes Pamirs, Brahmaputra Grand Canyon, Sacred Mountain and Holy Lake, Qilian Mountains, the Source of the Lancang River, and Kunlun Mountains-Hoh Xil. Parks at this level have high ecosystem uniqueness, biodiversity, aesthetic value, and naturalness, and should be further optimized in the construction of the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group. The third-level includes Pudacuo, Daocheng Yading, Ruoergai, and Zanda Earth Forest. Parks at this level have moderate ecosystem uniqueness and biodiversity, and should be characteristically developed in the construction of the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group. The fourth-level includes Yadan, Gongga Mountain, West Tianshan, Dulong River-Three Parallel Rivers, Zari Mountain, and Haixi Salt Lake. Parks at this level have lower ecosystem uniqueness, biodiversity, aesthetic value, and naturalness, and should be given significant supports in the construction of the Qinghai-Tibet Plateau National Park Group. This study contributes to the national park group structure theory and offers implications for the construction practices of national park groups.

Keywords: national park group; hierarchy; multi-criteria analysis; Qinghai-Tibet Plateau