

DOI: 10.20152/j.np.202404070052

杨子江,陈晓宇,张志明,张雪.香格里拉国家公园普达措片区景观多功能测度及权衡协同关系研究.国家公园(中英文),2024,2(4): - .  
Yang Z J, Chen X Y, Zhang Z M, Zhang X. Research on multi-functional measurement and trade-off synergy relationship of landscape in Pudacuo area of Shangri-La National Park. National Park, 2024, 2(4): - .

# 香格里拉国家公园普达措片区景观多功能测度及权衡协同关系研究

杨子江<sup>1</sup>,陈晓宇<sup>1</sup>,张志明<sup>2</sup>,张雪<sup>1,\*</sup>

1 云南大学建筑与规划学院,昆明 650500

2 云南大学生态与环境学院,昆明 650500

**摘要:**香格里拉国家公园普达措片区位于“三江并流”世界自然遗产地核心区域,区内自然环境及多民族文化资源联系密切,对于景观多功能性研究具有典型性。研究明确了普达措片区景观多功能特征与演化情况,对研究区农业生产、景观文化、景观承载与调节服务中包含的11项景观功能进行评估,探索2006—2022年片区景观多功能性变化与权衡协同关系。结果表明:(1)普达措片区土地利用呈现多元化与生态化趋势,各类生态系统用地均衡发展。(2)区域景观多功能水平维持稳定,2006—2022年间片区的景观多功能水平平均值为5.97,变化幅度约为1.67%。(3)各景观功能之间,“气候/体调节-碳固存”、“生物多样性-碳固存”与“生物多样性-生境质量”等功能间存在较为明显的协同关系,而“气候/体调节-粮食供给”、“气候/体调节-产水能力”及“气候/体调节-水质净化”等功能间存在明显的权衡关系。(4)普达措片区景观服务功能间的发展逐渐趋于协调。这表明普达措片区生态化管理对其景观多功能具有一定的积极作用,未来应当加强景观可持续性建设,促进片区及其周边社区“生产-生活-生态”功能协同发展。

**关键词:**景观多功能;土地利用演变;香格里拉国家公园

## Research on multi-functional measurement and trade-off synergy relationship of landscape in Pudacuo area of Shangri-La National Park

YANG Zijiang<sup>1</sup>, CHEN Xiaoyu<sup>1</sup>, ZHANG Zhiming<sup>2</sup>, ZHANG Xue<sup>1,\*</sup>

1 School of Architecture and Planning, Yunnan University, Kunming 650500, China

2 School of Ecology and Environment, Yunnan University, Kunming 650500, China

**Abstract:** The Pudacuo area of Shangri-La National Park is located in the core area of the “Three Parallel Rivers” World Natural Heritage Site. Its natural environment is closely connected with multi-ethnic cultural resources, and the study of landscape versatility is typical. After in-depth clarification of the multi-functional characteristics of the landscape in the Pudacuo area and its evolution process, this study conducted a comprehensive assessment of 11 landscape functions, including agricultural production, landscape culture, landscape bearing and regulation services, and explored the multi-functional changes and trade-off synergy of the landscape in Pudacuo area from 2006 to 2022. The survey results revealed: (1) The land use in the Pudacuo area shows a trend of diversification and ecologicalization, and the land use of various ecosystems is in a state of dynamic balance. (2) Between 2006 and 2022, the average value of landscape multifunctionality in the area was 5.97, with a change range of approximately 1.67%. (3) Among the landscape functions, “climate/body regulation-carbon sequestration”, “biodiversity-carbon sequestration” and “biodiversity-habitat quality” show a significant

**基金项目:**国家自然科学基金项目(52068067);云南省教育厅科学研究基金项目(2024Y043)

**收稿日期:**2024-04-07; **采用日期:**2024-05-23

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 1564423012@qq.com

synergistic relationship, while “climate/body regulation-food supply”, “climate/body regulation-water production capacity” and “climate/body regulation-water purification” have obvious trade-off relationships. (4) The development of landscape service functions in Pudacuo area gradually becomes more harmonious. This confirms that ecological management of Pudacuo area has a positive effect on its landscape multifunctionality. For future development, it is recommended to further strengthen the sustainable construction of the landscape to promote the coordinated development of the “production-life-ecology” function in the area and its surrounding communities.

**Key Words:** landscape multifunction; land-use evolution; Shangri-La National Park

多功能景观的概念提出综合了人类学、生态学以及经济学等学科角度<sup>[1-3]</sup>。从系统学角度出发,复合生态系统理论是多功能景观概念的理论基础,强调景观具有多重功能,包括生态、经济、社会文化、历史和美学等<sup>[4-5]</sup>。多功能景观与生态系统服务之间存在密切的关联。生态系统服务是指人类直接或间接从自然生态系统中获取的各种利益,包括物质产品和无形服务<sup>[6]</sup>。这些生态系统服务与社会经济功能相互交织,构成了景观服务的概念<sup>[7]</sup>。因此,无论是从概念辨析或是实际应用的角度出发,景观服务与生态系统服务包含的内容都较为相近,但是景观功能后续的分析与应用应更侧重于非生态功能的效用<sup>[6]</sup>。而多重景观服务的协同作用则形成了多功能景观,景观多功能性与多功能景观表达含义上属于一对近义词,二者关系互为表里<sup>[7]</sup>。

景观服务/功能评价的研究中,景观多功能的时空特征演变与权衡协同分析是其中的重点内容<sup>[8-9]</sup>。由于生态系统服务不仅构成了自然景观功能的基础,同时也是景观社会经济功能的要素,经常被归为多功能景观研究的重要内容,纳入多功能景观的权衡协同的研究框架中<sup>[10-14]</sup>;而关于景观功能权衡协调关系的研究方法主要有 Spearman 相关性分析法<sup>[10-11]</sup>、空间自相关法<sup>[15]</sup>与贝叶斯神经网络<sup>[16]</sup>。同时研究通常遵循“景观服务体系构建-景观多功能性测度-景观服务权衡协同分析-变化原因分析与优化提升”的思路,如 Hou Y Z 等<sup>[17]</sup>探讨了青藏高原内多个景观服务的关系,在确定特定景观梯度的关键因素后,根据景观服务的权衡和协同作用提出可持续管理准则;Karimi 等<sup>[16]</sup>应用贝叶斯神经网络来预测城市地区的生态系统服务权衡和协同作用以分析景观服务与城市生态系统服务的相互关系,从而提出后续景观优化建议。

多功能景观受到景观结构、功能和过程的制约,它遵循景观生态学中关于过程互馈的核心理论,更强调多重功能之间的时空关联,以及景观的异质性对多功能性的影响。目前,有关景观多功能测度、功能权衡与协同关系研究主要集中在全国、县区等尺度;景观服务强调从景观系统的空间要素角度分析自然生态系统提供给人类的服务,但由于我国的自然保护区存在较为复杂的管理体制,国家公园及周边社区倾向于资源导向的保护与规划,因此现有研究对自然保护区乃至国家公园的研究多停留于生态系统服务价值的评估以及宏观建设体制层面,对于多功能景观权衡与协同的研究相对较少<sup>[18-19]</sup>。

自然保护区体系要保护全球各类代表性生态系统,包括林地、湿地、草地和荒漠等<sup>[20]</sup>。国家公园的核心目的是同时追求自然生态保护和资源可持续利用,平衡二者关系成为该模式研究重点<sup>[21-22]</sup>。景观多功能对自然保护区内景观多功能特征与土地利用变化的相关性展开探索,从土地利用的角度研究保护区内景观多功能权衡-协同关系的时空变化特征,对区域生态系统的可持续发展具有重要意义<sup>[23-24]</sup>。

作为“三江并流”世界自然遗产地核心区域,香格里拉国家公园内拥有较为完整的生态系统,具有景观多样性以及生物多样性等特征;同时公园及其周边社区分布着较多的少数民族聚集地,区内自然环境以及多民族文化资源联系密切,对于景观多功能性研究及其规划优化具有典型性。因此本文以香格里拉国家公园普达措片区为例,对其生态系统结构与景观多功能性特征变化进行测算,为公园生态系统结构与管理优化提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

香格里拉国家公园普达措片区位于云南省迪庆藏族自治州香格里拉市,占地总面积约为 602.1 km<sup>2</sup>,是香

格里拉国家公园实体的核心区域<sup>[25]</sup>(图 1)。参考香格里拉国家公园优化后范围及功能区情况,普达措片区位于原普达措国家公园体制试点区,囊括香格里拉国家公园南部的两个核心保护区(362.4 km<sup>2</sup>),是滇西北高原重要的生物多样性保护和水源涵养区,也是三江并流世界自然遗产地的核心区。片区主要保护对象是现存发育完好的寒温性针叶林和硬叶常绿阔叶林,以及封闭型林地-湖泊-沼泽-草甸复合生态系统,具有极高的生态系统原真性和完整性,拥有珍稀的野生动植物资源。

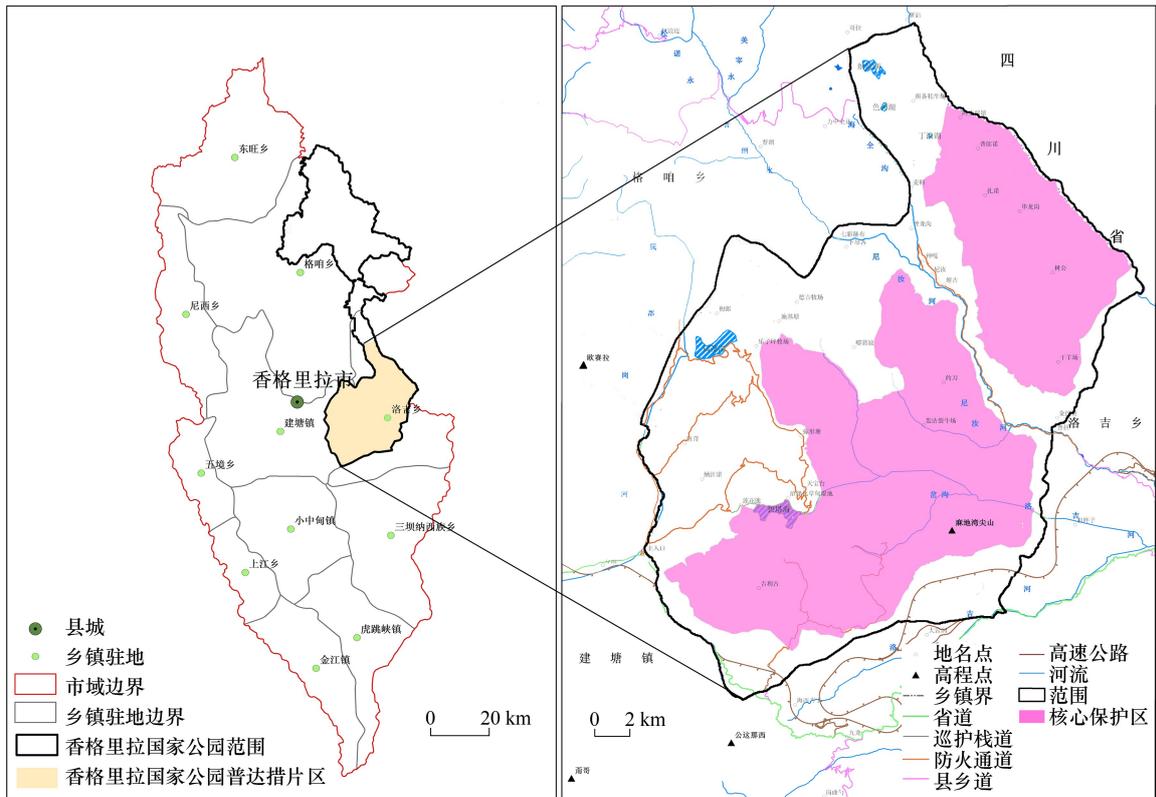


图 1 香格里拉国家公园普达措片区区位图

Fig.1 Location map of Pudacuo Area in Shangri-La National Park

### 1.2 数据来源

主要数据包含遥感影像、社会经济统计资料和自然地理数据。(1)2006—2022 年遥感影像源自 Landsat\_7 ETM 和 Sentinel\_2(哨兵二号)中,云量低于 10%的多图幅影像数据。最后经过图像镶嵌合并等处理后得到研究区完整的遥感影像数据。(2)社会经济统计资料来源于《中国统计年鉴》、《香格里拉市统计年鉴》、《全国农产品成本收益汇编》;土地综合整治数据来自于调研及昆明市自然资源和规划局等提供的资料。(3)自然地理数据包括降水量和温度数据(中国科学院资源环境科学研究中心 <http://www.resdc.cn>)、土壤数据(联合国粮食及农业组织 HWSO 项目数据)地形数据、蒸散发量数据(地理空间数据云, <https://www.gscloud.cn/>)。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 遥感影像解译与生态系统分布结构提取

采用 ENVI 5.3 和 ArcGIS 10.7 软件对 4 期遥感影像进行处理,包括辐射校正、几何校正和监督分类,参考谷歌地球及土地调查数据,对影像分类结果进行校正。其中影像中存在的条带黑边问题缺失值采用了 ENVI 中的“landsat\_gapfill”插件进行修复。最终参照 2021 年生态环境部发布的《全国生态调查评估技术规范》中的“全国生态系统分类体系”作为分类标准,依据研究区生态系统分布现状和特点,将其划分为林地、湿地、农

业用地、草甸、村落、未利用地 6 种生态系统类型,像元分辨率为 10 米。采用土地利用变化幅度  $\Delta V$  来说明生态系统结构变化程度,计算公式为

$$\Delta V = \frac{V_b - V_a}{V_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中,  $V_a$ 、 $V_b$  分别为研究区初期与末期某种生态系统类型面积,单位为  $\text{hm}^2$ 。

### 1.3.2 景观多功能性评估与分析

研究参考 2019 年中共中央国务院颁布的《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》中提及的生产、生活及生态功能,本研究结合案例地实际情况,选取生产功能(产水能力、粮食供给)、文化功能(游憩服务、美学服务)、承载功能(生境质量、碳固存、土壤保持)以及调节功能(水质净化、生境维持、气候调节、气体调节)共计 4 类 11 种景观功能,开展普达措片区景观多功能性的综合评价(表 1)。其中,产水能力、生境质量、碳固存、土壤保持及水质净化功能分别利用 InVEST 模型中的产水量、生境质量、固碳、土壤保持以及水源涵养模块进行估算;粮食供给、美学服务、生物多样性及气体/候调节功能则基于云南省作物单位面积价值进行当量价值法的修正;游憩服务功能是基于不同年份游憩资源的 POI 分布、土地利用以及道路数据,通过栅格数据叠加的形式计算得出。

由于景观多功能性是由空间中多种景观功能属性叠置形成的,单个土地/空间像元中可能存在不同的景观功能,因此后续的综合作用分析需要对像元单位的多个景观功能进行量化运算。研究将基于 10 m 景观单元分辨率,采用景观功能数值归一化的方法对功能数值进行量纲调整;随后将同一景观单元中各项景观功能标准化数值(即 0—1)进行空间叠加运算,所得即为景观多功能性分布特征,数值越高代表该土地单元功能复合特征越明显。

### 1.3.3 景观多功能权衡协同关系分析

利用 2006—2022 年四期遥感影像数据,对普达措片区景观功能时空特征变化展开分析。运用 Spearman 相关性分析方法计算出研究区景观功能间相关系数,分析普达措片区多功能景观的权衡协同关系及演变趋势。

$$r_s(X_i, Y_i) = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2)$$

式中,  $P_i$  为  $X_i$  位于序列中第  $k$  个位置,  $k$  为  $X_i$  的秩次;  $Q_i$  为  $Y_i$  的秩次;  $n$  为独立同分布数据对(随机过程中,任何时刻的取值都为随机变量,如果这些随机变量服从同一分布并且互相独立时,即为独立同分布);  $r_s(X_i, Y_i)$  为秩次相关系数,系数为正表示两种功能间存在协同关系,相关系数为负表示两种功能间存在权衡关系。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土地利用结构变化分析

2006—2022 年香格里拉国家公园普达措片区生态系统空间分布见图 2,林地与草甸是最主要的生态系统类型。16 年间林地生态系统占比面积最大,其比例最高达 87.62%(2022 年),最低为 85.62%(2006 年)。研究时段内片区林地系统面积占比变化相对稳定,总体呈现逐年上升的趋势,16 年间波动幅度仅为总面积的 1.71%,约  $1029.94 \text{ hm}^2$ 。

总体来看,国家公园生态化建设在区域用地系统变化过程中发挥积极作用,表现为村落系统与农业系统用地的空间布局调整和功能性地类集聚。同时,研究区土地利用类型逐渐多元化与生态化。国家公园内属都湖及碧塔海景区的合理建设、偏远村庄撤并搬迁与基础设施建设等举措均使得研究区生态化程度不断提高。

### 2.2 区域景观功能时空变化特征

区域景观多功能水平见图 3。在空间分布方面,研究区景观多功能性水平呈现西南高东北低的格局分

表 1 景观功能评价的指标和方法

Table 1 Indicators and methods of landscape function evaluation

| 次准则层<br>Sub-criterion layer                | 指标层<br>Indicator layer | 指标含义<br>Indicator meaning                                 | 应用模型/计算方法<br>Application model/Calculation method  |
|--|------------------------|---|--|
| 农业生产功能<br>Agricultural production function | 产水能力                   | 景观单元在一定时段内单位面积上产生径流的能力 <sup>[26]</sup>                    | $Y(x) = \left(1 - \frac{AET(x)}{P(x)}\right) \times P(x)$<br>AET(x) 是像素单元 x 的年实际蒸散量;<br>P(x) 是像素单元 x 的年降水量   |
|  | 粮食供给                   | 景观单元一定时间段内单位面积的粮食与作物生产能力 <sup>[27]</sup>                  | 修正后的当量价值法  |
| 景观文化功能<br>Landscape cultural function      | 游憩服务                   | 景观为人类提供游憩服务的能力 <sup>[11]</sup>                            | $E_x = G_x + C_x + R_x + L_x$<br>$E_x$ 为栅格 x 的游憩机会指数; $G_x$ 为栅格 x 对行政驻地的机会等级; $C_x$ 为栅格 x 对人文景观的机会等级; $R_x$ 为栅格 x 经道路游憩机会等级; $L_x$ 为栅格 x 的土地利用类型自然度水平  |
|  | 美学服务                   | 物质空间环境中具有潜在娱乐用途、文化与艺术价值的景观 <sup>[28-29]</sup>             | 修正后的当量价值法  |
| 景观承载功能<br>Landscape bearing function       | 生境质量                   | 景观对应每个网格单元的生态环境质量 <sup>[30]</sup>                         | $Q_{xj} = H_j \times \left(1 - \frac{D_{xj}^2}{D_{xj}^2 + k^2}\right)$<br>式中: $Q_{xj}$ 为网格 x 的生境质量水平; $H_j$ 为 j 型土地利用与覆被的生境适宜性; $D_{xj}$ 为网格 x 的生境退化程度; z 是缩放参数, 一般设为 2.5; k 为半饱和常数, 设为 0.05                             |
|  | 碳固存                    | 生态系统通过光合作用吸收和存储碳的能力 <sup>[31]</sup>                       | $C_{tot} = C_{above} + C_{below} + C_{soil} + C_{dead}$<br>$C_{tot}$ 为碳储量服务供给量; $C_{above}$ 为地上生物量碳密度; $C_{below}$ 为地下生物量碳密度; $C_{soil}$ 为土壤中碳密度; $C_{dead}$ 为死亡有机物中碳密度  |
|  | 土壤保持                   | 减少水土流失、保持土壤养分的能力 <sup>[32]</sup>                          | $SD = RKLS - USLE$<br>$RKLS = R \times K \times LS$<br>$USLE = R \times K \times LS \times C \times P$<br>SD 为土壤保持能力; R 为降雨侵蚀力因子; K 为土壤可蚀性因子; LS 为坡度坡长因子; C 为植被覆盖因子; P 为土壤保持措施因子   |
|  | 生物多样性                  | 多样化的生命实体群的特征, 包括所有物种、生态系统及其形成的生态过程 <sup>[28-29, 33]</sup> | 修正后的当量价值法  |
| 景观调节功能<br>Landscape regulating function    | 水质净化                   | 景观内部的植被和土壤减轻水污染的能力 <sup>[34]</sup>                        | $W_i = 1/A_i$<br>$A_i = H_i \times P_i$<br>$H_i = N_i / N_j$<br>$N_i = \log\left(\sum_u Y_u\right)$<br>$W_i$ 是水质净化值, $A_i$ 是污染负荷值, $P_i$ 是输出系数, $H_i$ 是水文敏感分值, $N_i$ 是径流系数, $N_j$ 平均径流系数, $\left(\sum_u Y_u\right)$ 是产水量 |
|  | 气候调节                   | 区域(小)气候的调节作用 <sup>[28-29]</sup>                           | 修正后的当量价值法  |
|  | 气体调节                   | 生态系统对大气化学组分的调节作用 <sup>[28-29]</sup>                       | 修正后的当量价值法  |

布;多功能性较强的区域多集中于普达措片区入口处、属都湖与碧塔海周边社区。其中,以研究区西北部属都湖与南部的碧塔海周边区域景观多功能性最强,生态系统类型以林地、草甸与湿地为主;而多功能性较弱的区域集中分布在普达措片区东北部的高山区域,生态系统类型以雪山冻土、草甸和林地为主。

在时间变化方面,2006、2010、2016 及 2022 年景观多功能性水平区间分别为“0.09—7.33”、“0.04—

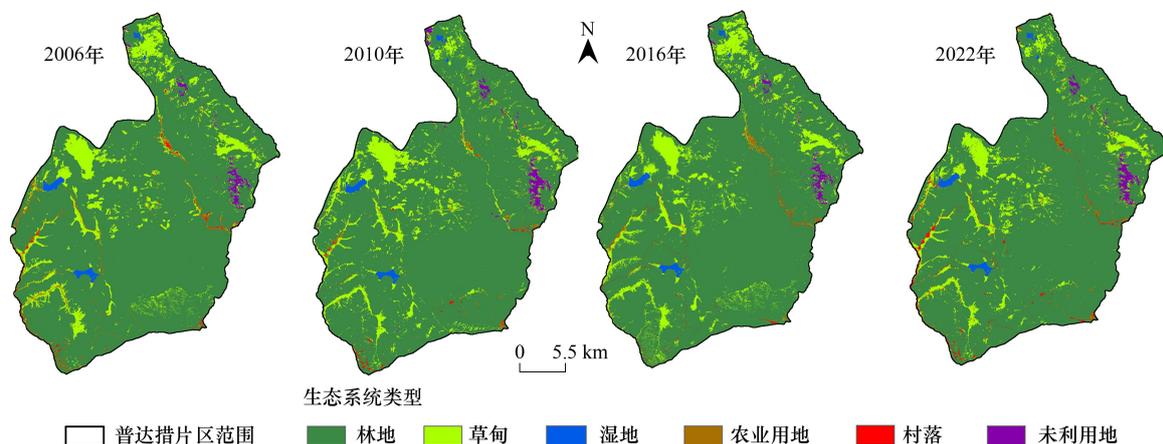


图 2 2006—2022 年普达措片区生态系统分布图

Fig.2 Pudacuo Area Ecosystem Distribution Map, 2006—2022

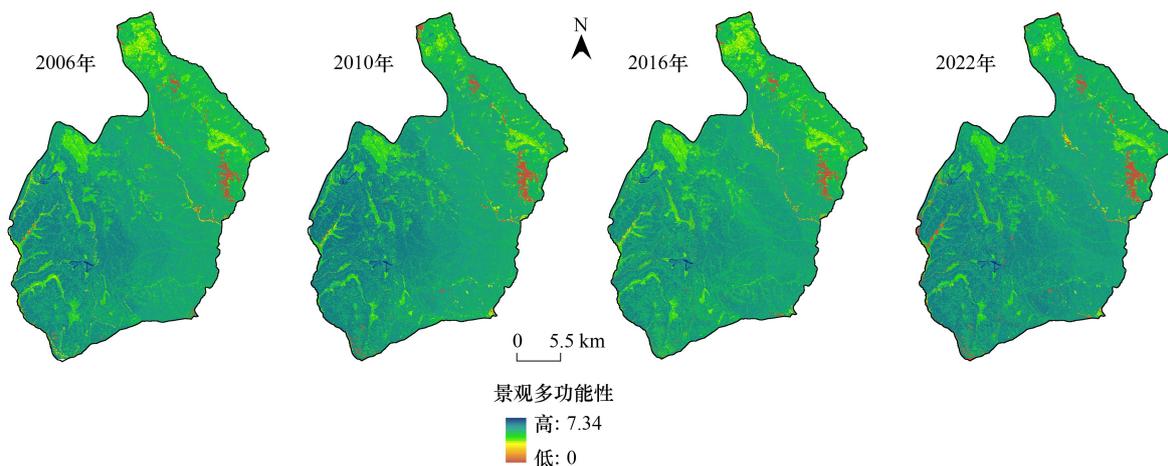


图 3 2006—2022 年普达措片区景观多功能性变化特征

Fig.3 The change characteristics of landscape multifunctionality in Pudacuo Area, 2006—2022

7.33”、“0.03—7.33”及“0.03—7.32”,均值为 5.91、6.02、5.93 及 6.01。从区间与平均值的变化来看,2006—2022 年间片区的景观多功能变化幅度约为 1.67%,研究区 16 年间整体景观多功能特征变化并不显著。区域北部与东北部草甸生态系统部分用地呈现景观多功能性数值上升的情况;而景观多功能数值下降趋势较为明显的区域集中于片区中东部地区(即洛吉乡和尼汝河南部),分布在村落建设、道路基础设施沿线区域。

### 2.3 景观多功能权衡协同关系

研究区中各个景观功能相关系数反映两两功能之间的权衡协同关系(图 4)。联系生态系统功能演变的实际情况,可以推断出碳固存、气候/体调节、生物多样性以及生境质量功能基本重叠于植被覆盖率较高的林地系统区域,相关系数均大于 0.5,存在明显协同关系。另外,而气候/体调节-粮食供给、气候/体调节-产水能力以及气候/体调节-水质净化景观功能的相关系数均处于-0.8—-0.5 之间,在 16 年间保持较为明显的权衡关系,表明片区气候/体调节功能与粮食供给、产水能力以及水质净化功能在空间上分离性较强的特征。

由 2006—2022 年普达措片区景观功能间的相关系数变化情况可知,各个时期研究区景观功能间权衡-协同关系变化不大。2006—2022 年各生态系统之间的功能服务共组成 55 组相关系数值,其中 29 组为正值,26 组为负值,协同关系占 52.73%。表明片区景观服务之间,“协同”关系始终占据主导地位。其中“粮食供给-气候调节”功能之间权衡度最高(-0.63)。“生物多样性-气候调节”功能协同度最高(0.99)而粮食供给与美学

景观服务的协同关系不断增强以及粮食供给与气候/体调节、碳固存等服务的权衡关系不断减弱,说明随着普达措片区生态化建设的推进,农业用地与林地的生产、生态功能的协调程度得到提升。但粮食供给-游憩服务功能间的空间相关性较弱,表明农业景观具有较大的美学服务潜力,而目前并没有很好的利用起来,存在空间可达性联系不足、土地利用集约化水平低等问题。

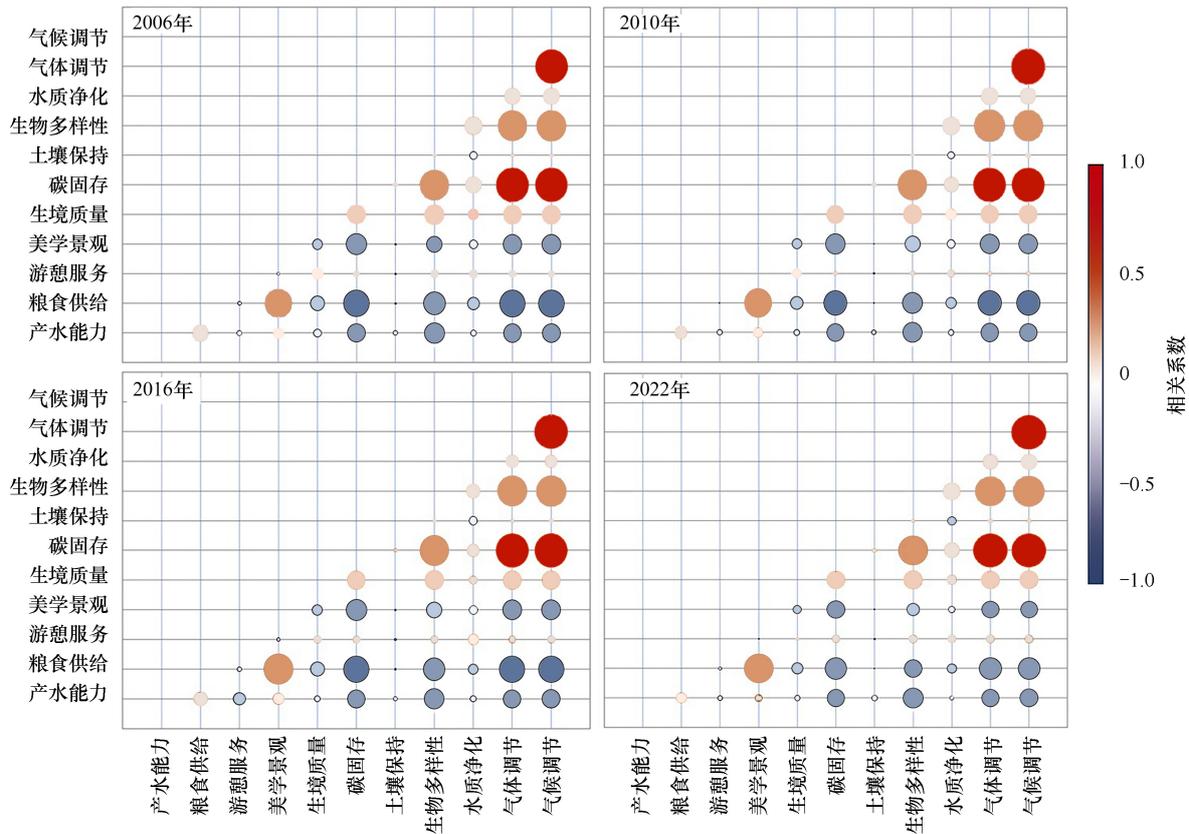


图 4 2006—2022 年普达措片区景观功能相关性

Fig.4 Correlation of landscape functions in Pudacuo Area, 2006—2022

## 2.4 景观多功能性变化成因分析与规划优化建议

### 2.4.1 景观多功能性变化成因分析

普达措片区内地貌类型丰富,各个生态系统之间的联系密切。从整体层面出发,上述分析表明在 2006—2022 年间,研究片区里“权衡”与“协同”关系比例大致接近。“权衡”关系多存在于气候/体调节-粮食供给(-0.62—-0.77)、气候/体调节-产水能力(-0.50—-0.55)以及气候/体调节-水质净化(-0.37—-0.45)的景观服务系统之中;而“协同”关系多存在于气候/体调节-碳固存(0.99)、生物多样性-碳固存(0.87—0.89)、生物多样性-生境质量(0.55—0.58)等景观服务系统之间。

引起研究区景观服务功能多样性指数变化的原因较为多样,其主要原因如下:(1)由于区域发展导致空间用地类型的变更,使得各个生态系统内涵盖的景观服务类型与质量发生变化;(2)各生态系统之间的相互影响与制约,使得网格单元提供的景观服务的质量发生变化;(3)区域景观服务功能的多样性容易受到政策要素的影响,政策导向将对后续景观服务变化起到关键作用。

### 2.4.2 生态系统类型变化对景观多功能性的影响

生态系统类型的空间优化是景观多功能性水平提升的重要手段,主要体现在区域景观结构与景观功能的优化两方面。通过开展生态系统类型分析,可直观体现出区域景观结构变化情况。在区域景观结构提升方

面,2006—2022年间普达措片区景观结构得到显著优化,为区域的人居环境与自然条件的改善提供了良好基础。例如研究区的草地、村落与农业系统用地破碎化程度降低,在保证普达措片区景观功能多样性稳定的情况下,降低了景观内部生态环境的潜在风险。

在景观功能优化方面,2006—2022年间普达措片区通过土地资源的集约化利用,使得当地居民生活水平与生产条件同时获得系统化的提升。具体而言,在生活与生产空间治理方面,区域内的村落与农田生态系统用地通过居民点布局优化、基础设施与公共设施建设等治理手段,用地集约化程度得到提升,农业系统用地面积从786.65 hm<sup>2</sup>缩减为473.85 hm<sup>2</sup>;村落系统增加用地多由农业用地转入,面积从387.32 hm<sup>2</sup>增加至611.35 hm<sup>2</sup>。同时国家公园的景观功能也得到了优化,粮食供给功能与其他景观功能权衡系数略微下降。在生态空间治理方面,片区通过整合部分兼具多功能性,以生态保护为主导的空间用地进行国家公园属都湖与碧塔海景区的打造,使土壤保持、水源净化、游憩服务与美学景观等功能得到有机整合,兼顾经济效益与环境保护的要求,实现片区景观生态化治理目标。

#### 2.4.3 景观多功能性规划优化建议

在景观文化功能层面,美学景观代表空间单元潜在的美学价值,而游憩服务是人类通过物质手段,兑现出生态服务价值的一种途径。因此二者并非二元对立关系,需要在资源环境承载能力之内,制定合理的分区以及道路设施规划,使得生态系统中蕴含的潜在美学价值得以挖掘,促进普达措片区的可持续发展。

由农业生产功能和景观文化功能的协同关系可知,研究区内用地集约化程度的提高与基础设施连通建设,一定程度上促进农业生产功能优化提升。但景观文化功能中的“游憩服务”与农业生产功能呈现不显著的权衡关系,后续应继续结合土地整理与生态补偿等手段,在实现农业用地集中建设与农业景观优化的基础上,建构出一套可行的营运模式,以达到“生产集约化”和“景观生态化”的土地综合整治目标。

农业生产功能和景观调节、承载功能在时间、空间上呈现兼容与权衡关系,说明人类生产活动较易对生态功能产生消极影响。但由于空间中存在资源禀赋的差异,负向影响不意味着功能间权衡关系的产生。因此,应通过系统科学的生态安全格局的构建,将人类活动的影响控制在自然承载阈值之内。例如对目前区域内承担主要的生产、生活功能区域的空间位置和允许进行的活动等进行明确规定;以“生态保护”为原则,提升区域内居民的生活水平,部分位于核心保护区内的村庄通过撤并搬迁的形式进行迁出,实现“生活集中化”的目标。

### 3 结论

厘清各项景观服务及其相互关系变化对于香格里拉国家公园普达措片区景观可持续发展具有重要意义。研究表明:(1)近16年间,普达措片区土地用途呈现多元化与生态化趋势,各类生态系统用地均衡发展。研究区生态系统结构类型的变化主要集中在林地、草甸及农业用地布局调整。(2)区域景观多功能水平维持稳定,2006—2022年间四个时期片区的景观多功能水平平均值为5.97,变化幅度约为1.67%。(3)各景观功能之间,“气候/体调节-碳固存(0.99)”、“生物多样性-碳固存(0.87—0.89)”与“生物多样性-生境质量(0.55—0.58)”等功能间存在较为明显的协同关系,而“气候/体调节-粮食供给(-0.62—-0.77)”、“气候/体调节-产水能力(-0.50—-0.55)”及“气候/体调节-水质净化(-0.37—-0.45)”等功能间存在明显的权衡关系。(4)普达措片区各服务间的关系中权衡关系数值强度逐渐减弱,而协同关系强度逐渐增强,表明该区景观服务功能间的发展逐渐趋于协调。

科学合理的生态化建设与管理能够有效保证香格里拉国家公园普达措片区的景观多功能性。后续应继续深化多功能特征的影响因素和空间驱动机制研究,以丰富国家公园景观可持续性的探索。

#### 参考文献(References):

- [1] Naveh Z. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 57(3/4): 269-284.
- [2] Otte A, Simmering D, Wolters V. Biodiversity at the landscape level: recent concepts and perspectives for multifunctional land use. *Landscape*

- Ecology, 2007, 22(5): 639-642.
- [ 3 ] Barkmann J, Helming K, Müller K, H Wiggering. Multifunctional Landscapes: Towards an Analytical Framework for Sustainability Assessment of Agriculture and Forestry in Europe. EU FP5 Project EVK-CT-2002-80023, 2004.
- [ 4 ] Brandt J, Henrik V. Multifunctional landscapes-Theory, values and history, 2004: 3-31.
- [ 5 ] 彭建, 吕慧玲, 刘焱序, 陈昕, 胡晓旭. 国内外多功能景观研究进展与展望. 地球科学进展, 2015, 30(4): 465-476.
- [ 6 ] 刘焱序, 傅伯杰. 景观多功能性: 概念辨析、现今进展与前沿议题. 生态学报, 2019, 39(8): 2645-2654.
- [ 7 ] Peng J, Liu Z C, Liu Y X, Hu X X, Wang A. Multifunctionality assessment of urban agriculture in Beijing City, China. The Science of the Total Environment, 2015, 537: 343-351.
- [ 8 ] 邴振华, 高峻. 景观服务: 生态系统服务评估的新进展. 生态经济, 2015, 31(11): 27-31.
- [ 9 ] 刘文平, 宇振荣. 景观服务研究进展. 生态学报, 2013, 33(22): 7058-7066.
- [ 10 ] 任国平, 刘黎明, 李洪庆, 袁承程. 都市郊区乡村景观多功能权衡-协同关系演变. 农业工程学报, 2019, 35(23): 273-285.
- [ 11 ] 张艺严, 张健, 杨永均, 钱勇, 吉金春, 陈浮. 黄河故道流域景观多功能测度及时空演变. 生态与农村环境学报, 2023, 39(3): 316-323.
- [ 12 ] 黄隆杨, 王静, 李泽慧, 赵晓东, 刘晶晶, 方莹. 基于自然资源大数据的城市多功能景观识别与国土空间规划分区. 地球信息科学学报, 2021, 23(9): 1617-1631.
- [ 13 ] 周小靖, 马仁锋, 林玲. 浙中城镇群耕地多功能时空格局演变. 上海国土资源, 2019, 40(2): 43-48.
- [ 14 ] 董鹏宇, 赵华甫. 耕地多功能权衡与协同关系研究——以上海市青浦区为例. 长江流域资源与环境, 2019, 28(2): 368-375.
- [ 15 ] 任国平, 刘黎明, 李洪庆, 尹罡, 赵旭. 乡村景观多功能权衡-协同关系时空格局研究——以上海市青浦区为例. Journal of Resources and Ecology, 2021, 12(2): 225-240.
- [ 16 ] Karimi J D, Corstanje R, Harris J A. Understanding the importance of landscape configuration on ecosystem service bundles at a high resolution in urban landscapes in the UK. Landscape Ecology, 2021, 36(7): 2007-2024.
- [ 17 ] Hou Y Z, Zhao W W, Liu Y X, Yang S Q, Hu X P, Cherubini F. Relationships of multiple landscape services and their influencing factors on the Qinghai-Tibet Plateau. Landscape Ecology, 2021, 36(7): 1987-2005.
- [ 18 ] Kubacka M, Żywica P, Vila Subirós J, Bródka S, Macias A. How do the surrounding areas of National Parks work in the context of landscape fragmentation? A case study of 159 protected areas selected in 11 EU countries. Land Use Policy, 2022, 113: 105910.
- [ 19 ] Yang D C, Gao C, Li L Y, Van Eetvelde V. Multi-scaled identification of landscape character types and areas in Lushan National Park and its fringes, China. Landscape and Urban Planning, 2020, 201: 103844.
- [ 20 ] 郭鑫. 基于生态系统格局-质量-服务的自然保护地功能分区空间优化研究——以珠峰自然保护区为例[D]. 上海: 上海师范大学, 2023.
- [ 21 ] 张玉钧, 宋秉明, 张欣瑶. 世界国家公园: 起源、演变和发展趋势. 国家公园(中英文), 2023, 1(1): 17-26.
- [ 22 ] 王湘国. 三江源国家公园保护价值与管理模式. 国家公园(中英文), 2023, 1(1): 62-66.
- [ 23 ] 张秋琴, 周宝同, 莫燕, 吴亲帮. 区域土地可持续利用景观生态评价研究. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 741-746.
- [ 24 ] 贾慧, 陈海, 毛南赵, 聂霞. 高度敏感生态脆弱区景观可持续性评价. 资源科学, 2018, 40(6): 1277-1286.
- [ 25 ] 赵玉堂. 普达措国家公园森林生态系统服务价值评估与分析. 林业调查规划, 2023, 48(3): 208-213.
- [ 26 ] 刘娇, 郎学东, 苏建荣, 刘万德, 刘华妍, 田宇. 基于 InVEST 模型的金沙江流域干热河谷区水源涵养功能评估. 生态学报, 2021, 41(20): 8099-8111.
- [ 27 ] 梁鑫源, 金晓斌, 韩博, 孙瑞, 张晓琳, 周寅康. 长三角快速城市化地区景观多功能性演变——以苏州市为例. 地理科学进展, 2021, 40(2): 207-219.
- [ 28 ] 张徐, 李云霞, 吕春娟, 毕如田, 夏露, 郭岩松, 王煜, 许彩彩, 孙波. 基于 InVEST 模型的生态系统服务功能应用研究进展. 生态科学, 2022, 41(1): 237-242.
- [ 29 ] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 陈文辉, 李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [ 30 ] 荔琢, 蒋卫国, 王文杰, 吕金霞, 邓越. 基于生态系统服务价值的京津冀城市群湿地主导服务功能研究. 自然资源学报, 2019, 34(8): 1654-1665.
- [ 31 ] 邹文涛, 何友均, 叶兵, 赵晓迪, 许单云, 肖仁乾, 段艺璇. 基于 InVEST 模型的钱江源国家公园生态系统碳储量研究. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(3): 120-128.
- [ 32 ] 李志英, 杨丽, 朱晓珊, 王俊涛. 基于生态系统服务和权衡的综合评估模型的昆明市生态系统服务供需关系研究. 西部林业科学, 2023, 52(1): 9-18.
- [ 33 ] 马克平. 试论生物多样性的概念. 生物多样性, 1993, 1(1): 20-22.
- [ 34 ] 韩会庆, 罗绪强, 游仁龙, 罗晓珊, 陈瑶. 基于 InVEST 模型的贵州省珠江流域水质净化功能分析. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2016, 40(5): 87-92.