

DOI: 10.20103/j.stxb.202501090073

徐建英, 马汶慧, 赵乐欣, 蔡英楠, 施小刚. 基于社区居民评估的生态系统服务供给-需求匹配性研究——以卧龙自然保护区为例. 生态学报, 2025, 45(16): - .

Xu J Y, Ma W H, Zhao L X, Cai Y N, Shi X G. Study on ecosystem services supply-demand matches based on local perception in Wolong Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(16): - .

基于社区居民评估的生态系统服务供给-需求匹配性研究

——以卧龙自然保护区为例

徐建英¹, 马汶慧¹, 赵乐欣¹, 蔡英楠¹, 施小刚^{2, *}

1 首都师范大学资源环境与旅游学院 教育部三维信息获取与应用重点实验室, 北京 100048

2 四川卧龙国家级自然保护区管理局, 汶川 623006

摘要: 生态系统服务供给-需求匹配性是探究生态系统退化的本质和根源的重要依据, 识别供需不足的生态系统服务类型及受益群体对于生态系统服务的精准管理至关重要。从社区居民的角度出发, 以四川卧龙自然保护区为案例, 综合评估了研究区域生态系统服务供给-需求匹配状况, 识别了供需不足的生态系统服务类型, 分析了受访者的社会经济特征对生态系统服务供需匹配性的影响机制, 进一步比较了供需匹配性在不同受益群体之间分布格局, 析出了供需不足的生态系统服务类型及关键利益群体。研究结果表明, 供需不足的生态系统服务有传统农作物、淡水、土壤保持和保持土壤肥力, 社区居民对于生态系统服务供需比的评估受到性别、受教育程度、对当地的了解程度以及收入水平和结构的影响, 供需匹配性差异是当地居民个人/家庭经济特征、生计依赖和生计转换能力综合影响的结果。在保护区管理中, 建议关注特殊受益群体, 即女性、老年人、收入水平较低、受教育程度较低和农业依赖型的社区居民, 提高政策/工程的精准性和有效性, 并最终实现保护区内生物多样性保护和社区福祉提高的双赢目标。

关键词: 生态系统服务; 供需不足; 影响因素; 受益群体; 卧龙保护区

Study on ecosystem services supply-demand matches based on local perception in Wolong Nature Reserve

XU Jianying¹, MA Wenhui¹, ZHAO Lexin¹, CAI Yingnan¹, SHI Xiaogang^{2, *}

1 College of Resource, Environment and Tourism, Capital Normal University, Key Laboratory of 3-Dimensional Information Acquisition and Application, Ministry of Education, Beijing 100048, China

2 Management Bureau of Wolong Nature Reserve, Wenchuan 623006, China

Abstract: Ecosystem services (ES) supply and demand are central to the research of sustainable ES management. The mismatch between ES supply and demand, especially low supply and high demand, i.e. ES deficit, is considered the potential cause of ecosystem degradation, while it is heterogeneous and varied along different types of ES, stakeholder groups, and spatial regions. Here we identified key ES types and stakeholder groups with mismatching ES supply and demand in Wolong Nature Reserve. All the research data were collected by questionnaire survey, in which local residents were required to give their evaluation of supply and demand of each ES with the Likert scale. Supply-demand ratio of each ES is calculated and used to classify its matching state: supply-demand surplus, supply-demand balance and supply-

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (42171276)

收稿日期: 2025-01-09; **网络出版日期:** 2025-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 593839590@qq.com

demand deficit. The results showed that freshwater provision, traditional crop, soil conservation and soil fertility maintaining are evaluated as deficit. Subsequently, the study analyzed how the socio-economic characteristics of respondents affect ES supply-demand ratio by multiple linear regression. Regression results showed that gender, education level, familiarity with the local area, as well as income level and structure have significant effect on respondents' evaluation. Furthermore, the study displayed the distribution patterns of supply-demand matching across different stakeholder groups using a coordinate system, which helped to identify key stakeholders and their supply-demand deficit ES types. With the research results above, the study deduced that local respondents' evaluations of ES supply and demand were actually based on their livelihood needs and adaptability to local environment and management policy. Underlying mechanism that socio-economic characteristics of respondents affect ES supply-demand ratio might be explained by local discrepancy in ES dependence, ability and social division. For example, due to their different dependence on ES and ability in utilizing ES, respondents with higher education level and income deemed that tourism and leisure was deficit, while respondents with lower education level and income deemed that ESs relevant to agricultural production was deficit. By analyzing comprehensively supply-demand pattern among respondents with different socio-economic characteristics, two distinct stakeholder groups were identified. One group is the female and elder residents, and those residents with lower income and education level, they are highly dependent on ES relevant to agriculture. The other group is male and younger residents, and those residents with higher income and education level, they are highly interested in ES relevant to tourism. Special attentions should be given to two stakeholder groups in the reserve management in case of over-exploitation of any ES. Considering local heterogeneity of ES dependence and utilization, management policy relevant to ES should be tailored to each beneficiary group. By addressing supply-demand deficit towards targeted beneficiary, it is possible to enhance both ecosystem conservation and local residents' wellbeing.

Key Words: ecosystem services; supply-demand deficit; affecting factors; key stakeholder; Wolong Nature Reserve

生态系统服务(Ecosystem Service,简称ES)指人们从生态系统中获得的惠益^[1],是连接生物生态过程和人类福祉的桥梁,也是人类社会赖以生存和发展的环境条件以及解决生态系统保育、人类福祉等系列问题的核心和难点^[2]。ES的惠益或福祉效应不仅取决于生态系统中ES的供给,也受到社会经济系统的影响,人类社会的可持续发展需要ES支持,而其对ES的过度需求会导致生态系统退化,进而威胁生态系统健康和可持续发展。因此,ES的研究应考虑生态系统和社会经济系统之间的相互作用和反馈,开展ES供给和需求的综合评估^[3],以此弥补从供给或需求单侧研究ES的不足,对于进一步探究ES供需失衡机制、生态系统退化的本质和根源以及生态系统与社会经济系统协调发展状况^[4],具有重要的理论和实践意义。

随着研究的逐步深入,ES供给和需求的认识 and 理论也在不断发展。ES供给概念目前相对成熟,它可以分为实际供给与潜在供给两方面,实际供给是指特定时期特定区域内实际产出的产品与服务;潜在供给则是自然资本存量,是一定时空范围内生态系统依靠其自身完整性所提供的最大产出^[5]。生态系统服务需求概念目前还没有统一的表达形式,可以表达为对ES的消费,即在特定时间和区域利益相关者使用或消费某种生态系统服务^[6];也可以表达为对服务的偏好,即社会或者个体对某一服务的偏好^[7-8];或表达为对服务的需求,即获取、使用或享受的某种生态系统服务的实际分配^[9];也有表达为对服务的价值需求,即从经济学的角度评估ES的货币价值^[1,10]。有学者强调,ES供给和需求的定义不应相互割裂,而应强调人类在供给和需求中的多重作用,特别是ES的供给不仅取决于生态系统的生物物理条件,也取决于受益主体能否感知或获取到相应的ES,即ES的可获得性或可达性^[11-12]。基于受益主体的ES供给与需求评估结果与基于自然生态过程、土地利用类型等数据得到的ES供需评估结果存在差异^[13]。基于受益主体的ES供需评估结果不仅取决于自然生态过程,也与受益人自身的社会经济状况紧密相关,如知识底蕴、经济水平、对地方的依恋和他们与周围环境的接触方式等^[14]。即使面对同一生态系统或景观,不同受益群体对ES感知/可达性不同,导致

其对同一生态系统/景观利用的冲突,是当前生态系统管理的难题之一^[15]。基于受益主体的视角评估 ES 的供给和需求,综合了 ES 的产生、可达性、惠益方式等,可以识别供需失衡的 ES 类型及原因、受益群体之间冲突特征及机制,是协调利益群体之间的冲突以及不同利益群体对于生态系统竞争性利用的基础^[16-17],也是提升生态系统管理手段的针对性和有效性的途径^[4,18]。

ES 供给、需求及供给—需求匹配性评估依据的数据因 ES 理论基础不同而有所不同。较为广泛的评估方法是应用基于生物物理过程的 ES 产生量和表征区域发展需求的社会经济指标分别代表 ES 的供给和需求,该方法在国家、城市、特定生态系统等区域尺度的研究中应用尤为广泛^[19-21]。其次是参与式评估方法,即基于特定主体的认知评估,如基于专家评估法的供给-需求矩阵^[6,22]和基于受益主体的认知调查^[16-17,23],其中后者尤为强调不同利益群体对 ES 的可获得性和可达性,在社区尺度上应用较为广泛。尽管对 ES 供给和需求评估的数据来源不同,但是在 ES 供给-需求匹配性的评估指标和目的具有一致性,通常用供需比/供需匹配性评估供给与需求的匹配程度,识别供需不足、供需盈余和供需平衡的 ES 类型、空间或利益群体,从而提高生态改善政策的针对性^[24-26]。在研究案例的选择上,供需不足由于直接影响人类福祉而受到重视^[3],学者也尤为关注供需不足易于产生的区域,即 ES 供给不足或 ES 需求较大的区域,如生态脆弱区^[23,27]、城市或城市集中的区域^[24,26],研究尺度也往往集中在国家、省/市、城市、流域等区域尺度,忽略了生物多样性资源丰富或 ES 供给充足的区域以及与 ES 受益主体密切相关的社区尺度。本研究拟选取生物多样性资源丰富的自然保护区作为研究区域,在社区尺度上就 ES 的供给—需求进行研究,以丰富该研究主题。

自然保护区是保护生态环境和生物多样性的有效方式^[28],也是典型生态系统的主要分布区域和 ES 的供给地^[29],由于其丰富的生物多样性和生态系统,在区域尺度的评估中往往被评估为供需盈余的区域。自然保护区建立以来一直面临着生物多样性保护与当地社区居民生计/发展的矛盾和冲突的难题^[30-31]。为解决保护区与社区冲突,我国自然保护区管理的目标也已从严格的保护主义模式转变为兼顾生物多样性、ES 和当地资源使用者利益的综合管理模式^[32-33],强调建立“核心目标协同管理”的精细管控体系以解决保护区和社区冲突、持续维持保护区的保护功能^[34-36]。实质上,保护区与社区冲突的根源是不同利益群体对 ES 的竞争性利用:保护区管理和政策关注与生物多样性保护相关的 ES,而社区居民则较为关注与生计/发展相关 ES,且由于社区异质性特征,社区居民内部不同利益群体亦存在对不同 ES 的诉求。因此在自然保护区内评估 ES 供需匹配性为保护区和社区关系的协调提供了新思路,也对研究生物多样性资源丰富地区 ES 的惠益实现机制和可达性,识别供需失衡的 ES 类型及原因、受益群体之间冲突特征及机制,提高保护区管理的精准性具有重要意义。

1 研究区域概况

研究案例地为四川卧龙国家级自然保护区(以下简称卧龙保护区或保护区)。该保护区位于四川省汶川县西南部,邛崃山脉东南坡(30°45′—31°25′N, 102°52′—103°24′E)。保护区始建于 1963 年,总面积约 2000km²,地处青藏高原向四川盆地西缘过渡的高山峡谷地带,海拔 1150—6250m,垂直带谱发育,动植物资源丰富,拥有近 4000 种植物以及大熊猫、金丝猴等珍稀濒危动物。

保护区也是社区居民(多数是农民)生产、生活和居住的场所。保护区内辖卧龙镇、耿达乡两个乡镇,6 个行政村(卧龙一村、卧龙二村、卧龙三村;耿达一村、耿达二村、耿达三村),26 个村民小组。截止 2019 年,约 1400 户,4400 多社区居民生活在保护区内。社区居民分属藏、羌、汉等三个民族,以藏族为主,生计方式主要以农业生产以及旅游业活动为主^[37]。生物多样性保护与社区居民生产生活功能的协调发展是卧龙保护区管理面临的问题之一^[38],为保护森林资源实施的生态恢复政策(以电代柴、退耕还林、天然林保护)改变了社区居民的生活/生产方式,并进一步影响了保护区与社区居民之间的关系^[39]。近年来由于震后生活区复建和保护区进一步建设,当地居民生活方式以及与自然资源的依存关系发生变化,从高度依赖第一产业逐渐转向第二和第三产业,需重新评估保护区与社区的关系,为保护区与社区的协调发展提供参考。为此,本研究引入

ES 供给-需求的匹配性评估,确认供需不足的 ES 类型、关键利益群体以及影响机制,以为保护区精准管理提供借鉴。

2 研究方法

2.1 数据获取

研究数据通过参与式乡村评估(Participatory Rural Appraisal, PRA)方法,以调查问卷的方式获取。ES 类型根据千年生态系统评估(MEA)中 ES 的分类并结合当地社会经济特征,共确定了 11 种 ES 类型,包括 5 种供应服务(传统作物、放牧、采集、木材(薪柴)、淡水),4 种调节服务(水源涵养、土壤保持、保持土壤肥力、碳固定)和 2 种文化服务(旅游休闲、环境教育)。问卷调查工作于 2022 年 10 月完成,调查人员首先了解了研究区域的乡镇数量和行政村数量,然后按照 10%—20%的抽样比例在每个行政村随机抽样,并对每户家庭中一名 18 岁以上的成年人进行面对面的访谈。调查问卷内容和过程如下:(1)问卷说明。简述问卷调查的意义和目的,介绍调查人员的身份,承诺调查信息保密并仅用于研究的用途,获得调查对象的认可和同意;(2)受访者和主要家庭成员的人口统计学和社会经济学信息,包括性别、年龄、受教育程度、职业、对当地了解程度和收入状况等;(3)ES 供给和需求的评估。调查人员向受访者详细解释每项 ES 的涵义,待受访者理解后,由受访者对每类 ES 的供给和需求状况分别进行评估。评估方式和标准分别是封闭式评估和 5 级李克特量表,其中“1”代表极低的供给/需求,“2”代表低供给/需求,“3”代表中供给/需求,“4”代表高供给/需求,“5”代表极高的供给/需求。通过这一设计,也完成了 ES 供给和需求的赋值,用于供需匹配性的定量评估;(4)开放式询问和讨论,针对调查对象对于 ES 供给/需求评估结果,询问其原因、ES 与家庭/个人的联系以及对该 ES 的看法等,为深入分析 ES 供需匹配性的影响因素和机制提供参考。

调查采用 Scheaffer 公式确定样本数量(至少 204 份有效样本)^[40],共发送调查问卷 250 份,剔除前后回答不一致和数据缺失严重的样本,得到有效问卷 210 份,有效回收率为 84%。在不可能进行重复调查的情况下,通过折半信度对问卷进行一致性检验。Spss 软件分析结果表明,本研究问卷的信度(Guttman Split-Half 系数)为 0.843,随机调查的问卷一致可靠。应用 KMO 和 Barelett 球形检验对量表的效度进行检验,得到 KMO 值为 0.626, P 值为 0.000,各变量间信息重叠程度不高^[41]。

2.2 研究方法

2.2.1 供需匹配性评估

利用 ES 供需比对 ES 供需进行综合评估。计算过程如下^[42]:

$$SDR = S/D \quad (1)$$

式中,SDR 为 ES 供需比, S 和 D 分别表示 ES 供给和需求。SDR 可以表示 ES 是盈余还是短缺;SDR>1 表示 ES 盈余,即供给大于需求;SDR=1 表示 ES 供需平衡,即 ES 供给等于需求;SDR<1 表示 ES 短缺,即供给小于需求。

2.2.2 供需匹配性的影响因素

明确 ES 供需匹配性的影响因素和机制是 ES 供需匹配性研究中不可或缺的内容^[3],受益主体对于 ES 供给和需求的评估是其自身特征、家庭特征以及与 ES 联系方式等多个因素共同作用的结果^[16,23]。参考相关研究结果,本研究以受访者的个人特征(性别、年龄、受教育水平)、家庭经济特征(家庭收入水平、收入构成)以及对研究区域的了解程度作为自变量,以 ES 的供需比为因变量,建立多元线性回归模型,确定被调查者的异质性特征对其 ES 供需匹配状况的影响,识别显著性的影响因子。模型中的自变量及赋值方式见表 1。

2.2.3 不同利益群体的供需匹配格局

本研究采用四象限法识别不同受益群体内部以及受益群体之间 ES 供需匹配状况的差异。象限图中, x 轴表示 ES 供给, y 轴表示 ES 需求,四个象限分别表示不同类型的 ES 供需匹配特征:第一象限表示高供给-高需求,第二象限表示低供给-高需求,第三象限表示低供给-低需求,第四象限表示高供给-低需求。将每类 ES

的供给和需求采用 Z-score 方法标准化后表示在象限图中,Z-score 标准化方法如下^[43]:

$$x = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (2)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

式中, x 为 ES 供给或需求标准化值, x_i 为第 i 类受益群体评估的 ES 供给或需求的平均值, $\bar{x}$ 为所有受益群体评估的 ES 供给或需求的平均值, s 为标准差, n 为受益群体数量。

表 1 模型中的自变量及赋值方式

Table 1 Variables and their assignment methods in the model

变量名称 Variable name	变量分类 Variable classification	赋值 Value assignment	变量名称 Variable name	变量分类 Variable classification	赋值 Value assignment
性别 Gender	男	1	家庭收入 Income	低于平均水平	1
	女	2		高于平均水平	2
年龄 Age	18—35	1	家庭收入结构 Income structure	农业依赖型	1
	35—59	2		非农业依赖型	2
	60 以上	3	对保护区了解程度 Local knowledge	不了解	1
受教育水平 Educational level	小学及以下	1		一般了解	2
	初/高中	2		比较了解	3
	大专及以上	3		非常了解	4

* 家庭收入结构的划分依据是农业收入占家庭总收入的比例,若该比例大于 50%,为农业依赖型;若该比例小于 50%,则为非农业依赖型

3 研究结果

3.1 调查对象的基本特征

受访者的口统计和社会经济学特征见表 2。从性别上看,女性的比例大于男性。从年龄上看,36—59 岁的受访者占比较高(51.0%),18—35 岁和 60 岁以上的受访者分别占 23.3%和 25.7%。从受教育水平来看,超过 50%的受访者仅接受过小学及以下的教育,约 40%的受访者接受过初、高中教育,仅有 8%的受访者接受过大专及以上学历的教育。受访家庭人均年收入为 12403.4 元,耿达高于卧龙。

表 2 受访者基本特征

Table 2 Respondents' demographics and socio-economic characteristics

基本特征 Characteristics		卧龙镇/% Wolong Town	耿达乡/% Gengda Town	总计/% Total
乡镇 Town		106(50.5)	104(49.5)	210(100)
性别 Gender	男	37(34.9)	36(34.6)	73(34.8)
	女	69(65.1)	68(65.4)	137(65.2)
年龄 Age	18—35	26(24.5)	23(22.1)	49(23.3)
	36—59	49(46.2)	58(55.8)	107(51.0)
	≥60	31(29.2)	23(22.1)	54(25.7)
受教育水平 Educational level	小学及以下	59(55.7)	52(50.0)	111(52.9)
	初、高中	32(30.2)	50(48.1)	82(39.0)
	大专及以上	15(14.2)	2(1.9)	17(8.1)
人均收入 Per capita annual income/(元人 ⁻¹ a ⁻¹)		10519.5	14323.5	12403.4

3.2 生态系统服务供给、需求和供需比

受访者对不同类型 ES 供给、需求及供需比的评估结果见表 3。可见,调节服务的供给高于供应服务和文化服务,碳固定、水源涵养和淡水被认为是供给最多 ES 类型,保持土壤肥力被认为是供给最低的 ES 类型。在需求方面,调节服务和文化服务的需求高于供应服务,受访者需求最多的是供应服务中的淡水,其次是调节服务中的碳固定和土壤保持,而对放牧、采集和木材(薪柴)等 ES 的需求低于其他 ES(表 3)。

ES 供需比用以评估 ES 的供需匹配性特征,即供需盈余、短缺或平衡情况。结果表明(表 3),淡水、传统农作物、土壤保持和保持土壤肥力等四类 ES 的供给不能满足当地居民的需求(即供需比小于 1),以土壤肥力的供需比最低。其余 ES 均为供需盈余,以放牧和采集供需盈余最为明显。

表 3 生态系统服务供给、需求和供需比
Table 3 Ecosystem service supply, demand, and supply-demand ratio

生态系统服务类型 Categories of ecosystem service		供给 Supply		需求 Demand		供需比 Supply-demand ratio
		均值 Mean	标准差 Standard deviation	均值 Mean	标准差 Standard deviation	
供应服务		3.45	1.09	2.45	1.57	1.41
Provisioning	放牧	3.53	1.03	1.48	1.15	2.39
	采集	3.32	1.10	1.40	0.91	2.37
	木材(薪柴)	3.29	1.04	1.88	0.97	1.75
	传统农作物	3.07	1.02	3.10	1.45	0.99
	淡水	4.02	1.02	4.40	0.77	0.91
调节服务		3.81	1.23	3.70	1.42	1.03
Regulating	水源涵养	4.38	0.76	3.40	1.44	1.29
	碳固定	4.84	0.38	4.35	0.98	1.11
	土壤保持	3.36	1.12	3.77	1.36	0.89
	保持土壤肥力	2.67	1.10	3.30	1.61	0.81
文化服务		3.48	1.25	2.53	1.41	1.37
Cultural	旅游休闲	3.84	0.86	2.06	1.27	1.86
	环境教育	3.12	1.45	3.00	1.40	1.04

3.3 生态系统服务供需比的影响因素

3.3.1 一级生态系统服务供需比影响因素

ES 的供需比受到社区居民社会经济特征的影响,回归分析结果表明(表 4),受访者的社会经济特征对文化服务供需比的影响不显著,而对供应服务和调节服务的影响显著($P<0.05$)。其中性别、收入水平对供应服务和调节服务都有显著影响,女性和收入较低的受访者供应服务和调节服务的供需比显著低于男性和收入较高的受访者,即更倾向于认为这两种 ES 存在短缺。此外,供应服务的供需比还受到年龄、收入构成、对当地了解程度等社会经济特征的影响,年龄和收入构成对供给服务供需比具有正影响,年龄较小和农业依赖型受访者的供需比较低,即更倾向于认为供应服务存在短缺。对当地的了解程度对供应服务的供需比具有负影响,即对当地较熟悉的受访者供应服务供需比低。

3.3.2 二级生态系统服务供需比的影响因素

分别以 11 个二级 ES 供需比为因变量,受访者的社会经济特征为自变量建立的 11 个模型中,传统农作物、放牧、淡水、水源涵养、保持土壤肥力和旅游休闲等 6 类 ES 的供需比受到受访者社会经济特征的显著影响($P<0.05$),但影响因子和方式不同(表 5)。其中传统农作物的供需比受到性别和收入构成的显著影响,其中女性受访者和农业依赖型的受访者的供需比低,即倾向于该服务供需不足。受访者对当地了解程度显著影响其对放牧供需比的评估,影响方式为负,即对当地了解程度越高,该服务的供需比越低。淡水的供需比受性别的显著影响,女性受访者认为该服务的供需比较低。水源涵养的供需比受性别和对当地了解程度的显著负影

响,即女性和对当地比较了解的社区居民认为该服务供需比较低。

表 4 受访者异质性特征对一级生态系统服务供需比的影响

Table 4 Impact of Respondent Heterogeneity Characteristics on the Primary Ecosystem Service Supply-Demand Ratio

影响因素 Factors	供应服务 Provisioning		调节服务 Regulating		文化服务 Cultural	
	回归系数 Regression coefficient	显著性 Significance	回归系数 Regression coefficient	显著性 Significance	回归系数 Regression coefficient	显著性 Significance
性别 Gender	-0.165 **	0.002	-0.216 **	0.001	0.009	0.937
年龄 Age	0.121 **	0.008	0.032	0.541	0.040	0.694
受教育水平 Educational level	0.078	0.120	0.088	0.126	-0.205	0.065
对当地了解程度 Local knowledge	-0.058 *	0.047	-0.033	0.318	0.041	0.527
收入水平 Income	0.108 *	0.046	0.137 *	0.028	0.057	0.631
收入构成 Income structure	0.192 **	0.003	0.031	0.678	-0.080	0.575

上标“*”、“**”分别表示在 5%和 1%水平显著

表 5 受访者异质性特征对于二级生态系统服务供需比的影响

Table 5 Impact of Respondent Heterogeneity Characteristics on the Secondary Ecosystem Service Supply-Demand Ratio

社会经济特征 Socioeconomic characteristics	传统农作物 Traditional crops	放牧 Grazing	淡水 Freshwater	水源涵养 Water source conservation	保持土壤肥力 Soil fertility maintenance	旅游休闲 Tourism and recreation
	回归系数 Regression coefficient	回归系数 Regression coefficient	回归系数 Regression coefficient	回归系数 Regression coefficient	回归系数 Regression coefficient	回归系数 Regression coefficient
性别 Gender	-0.183 *	-0.104	-0.071 *	-0.156 *	-0.234 **	-0.053
年龄 Age	0.090	0.066	-0.006	0.142	-0.024	0.017
受教育水平 Educational level	0.090	0.055	-0.027	0.048	0.147	-0.193 **
对当地了解程度 Local knowledge	-0.049	-0.100 **	-0.025	-0.085 *	-0.001	-0.001
收入水平 Income	0.074	-0.010	0.036	0.007	-0.165 *	-0.171 *
收入构成 Income Structure	0.178 *	0.140	-0.013	0.91	0.147	0.029

“*”、“**”分别表示在 5%和 1%水平显著

3.4 不同类型受益群体生态系统服务的供给-需求格局

ES 的供给-需求格局可用于识别关键利益群体及其供需不足的 ES 类型。研究结果表明,不同受益群体供需不足的 ES 类型不同(图 1)。从性别来看,女性社区居民认为供需不足的 ES 类型较多,有放牧、淡水、水源涵养和保持土壤肥力,而男性居民则对当地 ES 供需较为乐观,认为放牧、淡水和保持土壤肥力为高供给-低需求,即供需盈余。从年龄来看,老年人认为保持土壤肥力供需不足,青年人认为淡水和旅游休闲供需不足。从教育水平来看,初级教育水平的社区居民认为保持土壤肥力和传统农作物供需不足,中等教育水平的社区居民认为旅游休闲供需不足,而受过高等教育的社区居民则认为放牧、淡水、水源涵养和旅游休闲供需不足。从收入水平来看,收入低于平均水平的社区居民认为传统农作物和保持土壤肥力供需不足,而收入高于平均水平的受访者则认为旅游休闲供需不足。从收入结构来看农业依赖型和非农业依赖型的社区居民均未出现供需不足的 ES 类型,农业依赖型的社区居民认为淡水和旅游休闲供需盈余,而非农业依赖型的社区居民则认为 6 种 ES 皆为低供给-低需求。从对保护区的了解程度来看,对保护区不了解的社区居民认为保持土壤肥力供需不足,对保护区比较了解的社区居民认为旅游休闲供需不足,而对保护区非常了解的社区居民则认为传统农作物和放牧供需不足。

4 讨论

4.1 典型生态系统服务与当地生计

从一级 ES 的供需比来看,供应、调节和文化服务均为供需盈余,且当地居民对调节服务和文化服务的需

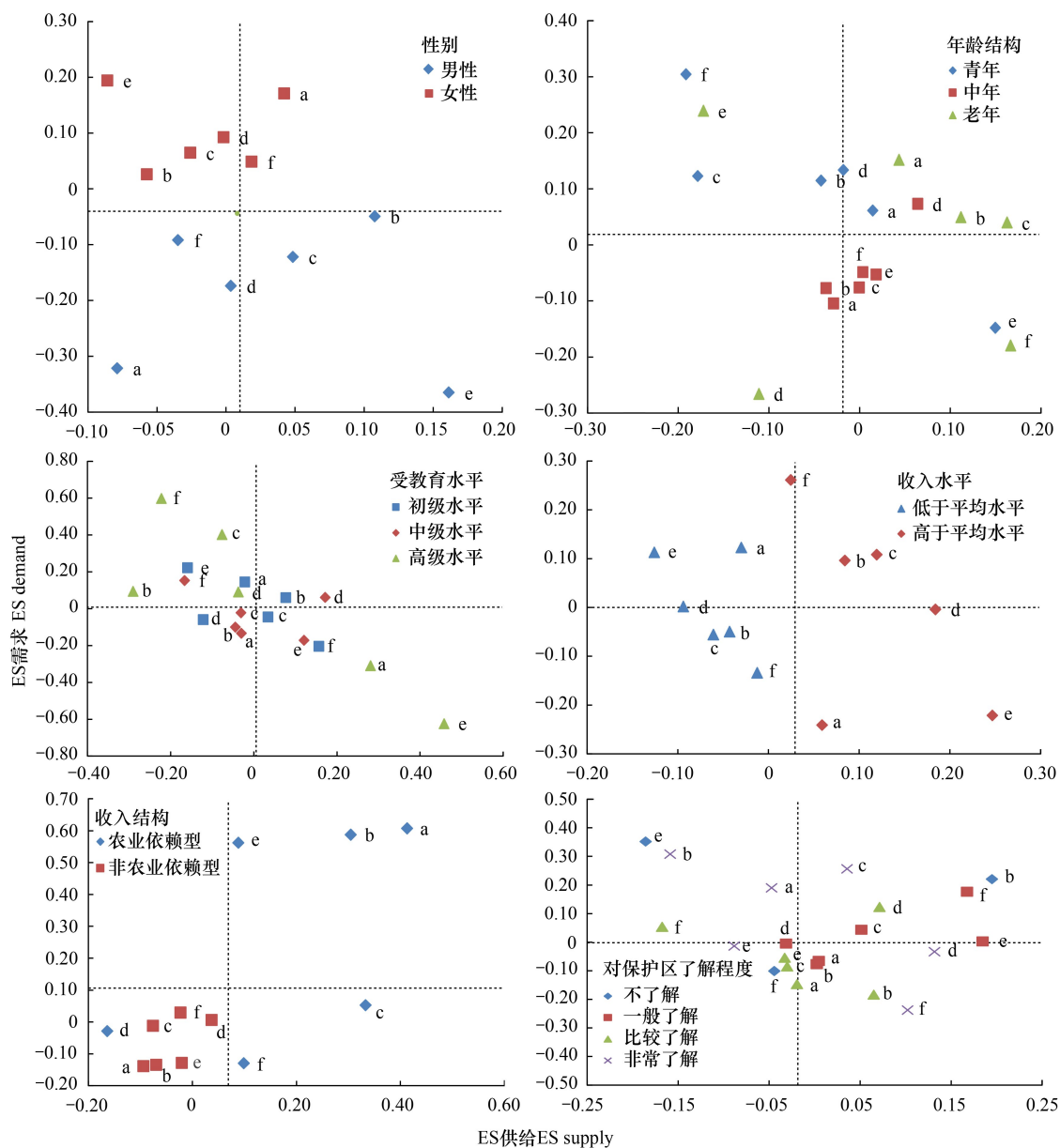


图1 不同受益群体生态系统服务的供给-需求格局

Fig.1 Supply-Demand Patterns of Ecosystem Services for Different Beneficiary Groups

a 传统农作物; b 放牧; c 淡水; d 水源涵养; e 保持土壤肥力; f 旅游休闲

求大于对供应服务的需求,这与其他相关研究中发现当地受益者对供应服务更为偏好不同^[8,44-46]。当地居民对供应服务、调节服务和文化服务的不同偏好可能与当地的保护、恢复政策和替代生计有关。自2000年和2002年以来,研究区分别实施了退耕还林、退耕还竹和天然林保护工程等项目^[47],在一定程度上限制了当地居民的一些生计活动,如土地耕种、木材砍伐和薪柴收集等。当地居民不得不转而从其他替代性生计,例如外出务工、经商和从事与旅游相关的工作等。其中旅游业发展依赖的旅游资源多和调节服务和文化服务有关,如舒适的气候、清洁的空气、大熊猫和藏族文化等,旅游业的发展也为当地居民提供餐馆/旅馆经营、农家乐等替代生计^[48-49],旅游业发展受到当地居民高度期望,这可能是当地居民对于调节服务和文化服务更为偏好原因。

对二级ES供需匹配性的评估结果进一步具体化了当地居民生计与ES之间的密切联系。传统农作物、

淡水、土壤保持和保持土壤肥力被评估为供需不足(供需比 <1)的 ES,揭示了当地居民在传统生计和替代生计的选择和转变上的困境。在四个供需不足 ES 中,传统农作物、土壤保持和保持土壤肥力都与农业生产有关。由于保护政策(退耕还林、退耕还竹)的实施,当地居民拥有的耕地数量减少,耕地不足,而剩余的耕地不仅肥力下降,且会受到滑坡、泥石流等自然灾害的威胁。例如,2016 年 7 月 26 日和 2020 年 8 月 17 日发生的大型泥石流灾害破坏了当地许多农田。这三类 ES 对于当地居民传统生计的维持十分重要^[50],但因生态环境和政策的原因,其供给不能满足社区居民的需求。此外,研究区域紧邻岷江上游支流——皮条河,水资源丰沛,因此淡水的供需不足似乎与研究区域的自然生态条件不符,开放式访谈得知,社区居民认为淡水供应不足是因为当地缺乏淡水的过滤和净化设施,不能满足旅游发展和旅游业部分行业对水资源的需求,淡水供需不足实质上揭示了淡水供应与当地替代生计的联系以及淡水资源的可获得性问题。

可见,基于社区居民视角的 ES 供给与需求评估结果与其生计选择和依赖关系密切,不仅取决于 ES 的实际供给,也取决于 ES 的可获得性/可达性。保护区的生态政策(如退耕还林、退耕还竹和天然林保护工程),实际上是通过特定措施降低特定 ES 的可获得性/可达性,提高目标 ES 实际供给来实现生态系统的保护和恢复,是 ES 权衡性的表现之一,生态政策的作用和效应也从自然生态系统延伸到社会经济系统。上述研究结果反映了生态政策对于社区居民的影响和社区居民对生态政策的适应性改变,弥补了依据自然生态过程和社会经济发展水平评估 ES 供需的不足,表明生态政策也是影响 ES 供需匹配性的重要外在因素。

4.2 生态系统服务供需比与受访者的社会经济特征

ES 供需匹配性不仅与居民生计联系紧密,而且与居民的社会经济特征密切相关,探究 ES 供需匹配性与受益人异质性特征之间的关系,是理解二者相互作用的潜在机制和改进 ES 管理的另一关键^[33,51—52]。研究发现,受访居民的性别、年龄、受教育水平、对当地了解程度、收入水平和构成会显著影响他们对不同类型 ES 供需比的评估(表 5),其原因可能与不同受益群体对 ES 的认知、接触和依赖的差异有关。女性受访者多居家且从事农业活动,因此女性受访者对多个 ES 的供需比的评估较低,即传统农作物、淡水、水源涵养和保持土壤肥力等。受教育水平较低的受访居民更倾向于从事农业活动,因此对保持土壤肥力这项 ES 的接触机会更多,并认识到该服务存在短缺。而受教育水平较高的社区居民更倾向于从事旅游或认识旅游发展对当地经济贡献的重要性,因此认为旅游休闲这种服务供需不足。家庭收入较低或收入构成为农业依赖型的受访居民对于农业的依赖型较强,因此认为供应服务、传统农作物和保持土壤肥力供需不足,而收入水平较高的社区居民则认为旅游休闲供需不足。此外,对保护区比较了解的社区居民,认识到保护区功能——水源涵养和当地居民的另一收入来源——放牧,认为这两种服务供需不足。有研究表明,放牧正在成为研究区域生物多样性保护与社区居民冲突的新问题^[53—54]。

受访者的社会经济特征对 ES 供需评估结果的影响揭示了不同利益群体对不同类型 ES 的联系/依赖方式的差异。年龄、受教育水平、对当地了解程度、收入水平和构成等指标在一定程度上反映了社区居民在身体状况、知识/信息、资金支持等方面的差异,性别指标则反映了家庭生计中男性和女性的社会分工和角色的差异,该差异是社会习惯和环境共同作用的结果,在不同区域表现不同,并进而影响调查和研究结果。本研究受访对象中女性居民数量多于男性,是因为研究区域女性受访者通常会居家照顾孩子和从事相关的农业活动,而大多数男性受访者通常是在保护区外工作或在当地从事与旅游相关的工作,如司机和导游等,导致可接受调查的男性居民数量较少。该现象在其他研究也有发现,如我国浙江某地的研究中,由于外出工作留村镇男性人数较少,调查对象中女性居民达到了 63%^[55]。其次社会角色和分工会进一步影响其对 ES 的供需评估,但表现不同,如西班牙某地的研究表明,男性较为重视供给服务(如食物和水等),而女性则更重视调节服务(如气候调节)^[56],而印度某区域的研究表明,女性比男性更重视与生态旅游有关的 ES 以及薪柴、饲料和医疗服务等 ES 类型^[57],其原因均与男性和女性在家庭生计中的社会角色和分工不同有关。本研究中女性受访者多居家且从事与农业有关的活动,比男性受访者有更多的机会去接触当地的生态和生产环境,因此她们比男性受访者更有可能感知到某些服务的供需不足,特别是和农业相关的 ES 类型,即传统农作物、淡水、水

源涵养和保持土壤肥力等。

4.3 关键受益群体的识别

生计依赖和社会经济特征揭示了当地居民对 ES 的偏好及供需匹配性评估的潜在影响机制^[8,58-60]。从管理的角度来看,分析供需不足的 ES 在受益群体中的差异可用于识别利益群体之间的利害关系、作用和地位^[3,9],理解不同景观类型中受益群体之间的冲突^[15,61]。本研究认为社区居民是连接 ES 供给和需求的主体,通过不同类型社区居民 ES 的供给-需求匹配格局分析可以在保护区尺度上识别关键的受益群体以及供需不足的 ES 类型(图 1),提高保护区 ES 管理精准性和效率。对保护区 ES 管理而言,应关注两类关键受益群体:一类是女性、老年人、文化程度较低和收入水平较低的社区居民,其认为供需不足的 ES 类型具有相似性,特别关注与农业生产和生活环境相关的服务类型,如传统农作物和保持土壤肥力等;另一类是男性、青年人、文化程度较高和收入水平较高的社区居民,其认为供需不足的 ES 类型多为旅游休闲。可见不同 ES 类型在不同受益群体之间的惠益实现机制不同。类似结果不仅在保护区尺度上,在其他研究尺度上也发现受益者性别、年龄、收入水平不同,对于 ES 供需匹配性的认知不同^[15,61]。有关学者专门阐释了这种因受益者异质性导致 ES 惠益机制的差异,Fisher 称之为社会分化(social differentiation)以及 ES 可达性(accessibility)的影响^[62],Polishchuk 和 Chaigneau 等学者利用权力、能力^[63-64]等理论来解释,认为人类可以通过直接使用、获得收入和体验三种方式从 ES 中获益,也有学者利用受益者在日常生活中与生态系统的联系和互动进行解释^[17,65]。研究者已将上述理论用于解释不同研究区域供需失衡的原因和机制^[16,23,66]。本研究认为,研究区域 ES 可达性仅是 ES 供需匹配性社会分化的表象,其实质是不同受益群体能力/权力不同,导致其从 ES 中获益方式和联系方式不同。从供给服务、调节服务到文化服务,ES 的惠益方式从有形的物质资源转变为无形的非物质资源,不同受益群体的获益方式、体验方式和供需认知也会发生变化。综合上述 ES 供需比与社区居民生计和社会经济特征的研究结果,保护区管理既要关注两类利益群体内部对于某类 ES 的过度依赖,也要关注两类利益群体之间对同一生态系统的竞争性利用。建议保护区管理部门继续发挥政策引导作用,防止其他研究区域出现的因本地受益者对自然资源的过度依赖而导致生态退化问题^[47,67],同时从社区居民的能力建设和生计可持续着手,建立社区居民与 ES 可持续的依赖方式和联系方式。

5 结论

本研究从社区居民的角度评估了卧龙自然保护区 ES 的供需匹配状况,识别了供需不足的 ES 类型,分析了受访者的社会经济特征对 ES 供需匹配性的影响机制,进一步比较了供需匹配性在不同受益群体之间的分布格局,析出了供需不足的关键受益群体和 ES 类型。研究结果表明,ES 供需匹配性差异不仅与生态系统的供给能力有关,也与社会经济系统中政策作用、居民的生计依赖/适应和不同受益群体的能力有关。对保护区管理而言,在 ES 管理和协调中,除了关注自然生态过程和生态结构,也需要关注社区居民的异质性和生计可持续性,特别是研究区域内女性、老年人、文化程度和收入水平较低的社区居民,提高政策/工程的精准性和有效性,并最终实现保护区内生物多样性保护和社区福祉提高的双赢目标。

参考文献(References):

- [1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*, 1998, 25(1): 3-15.
- [2] 李双成. 如何科学衡量自然对人类的贡献——一个基于生态系统服务的社会-生态系统分析框架及其应用. *人民论坛·学术前沿*, 2020(11): 28-35.
- [3] Wei H J, Fan W G, Wang X C, Lu N C, Dong X B, Zhao Y N, Ya X J, Zhao Y F. Integrating supply and social demand in ecosystem services assessment: a review. *Ecosystem Services*, 2017, 25: 15-27.
- [4] 马琳,刘浩,彭建,吴健生. 生态系统服务供给和需求研究进展. *地理学报*, 2017, 72(7): 1277-1289.
- [5] 管青春,郝晋珉,许月卿,任国平,康蕾. 基于生态系统服务供需关系的农业生态管理分区. *资源科学*, 2019, 41(7): 1359-1373.
- [6] Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 17-29.

- [7] Villamagna A M, Angermeier P L, Bennett E M. Capacity, pressure, demand, and flow: a conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity*, 2013, 15: 114-121.
- [8] Zhang H J, Pang Q, Long H, Zhu H C, Gao X, Li X Q, Jiang X H, Liu K. Local residents' perceptions for ecosystem services: a case study of Fenghe River watershed. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(19): 3602.
- [9] Geijzendorffer I R, Martín-López B, Roche P K. Improving the identification of mismatches in ecosystem services assessments. *Ecological Indicators*, 2015, 52: 320-331.
- [10] 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.
- [11] Fischer A, Eastwood A. Coproduction of ecosystem services as human-nature interactions—An analytical framework. *Land Use Policy*, 2016, 52: 41-50.
- [12] Jones L, Norton L, Austin Z, Browne A L, Donovan D, Emmett B A, Grabowski Z J, Howard D C, Jones J P G, Kenter J O, Manley W, Morris C, Robinson D A, Short C, Siriwardena G M, Stevens C J, Storkey J, Waters R D, Willis G F. Stocks and flows of natural and human-derived capital in ecosystem services. *Land Use Policy*, 2016, 52: 151-162.
- [13] Loc H H, Park E, Thu T N, Diep N T H, Can N T. An enhanced analytical framework of participatory GIS for ecosystem services assessment applied to a Ramsar wetland site in the Vietnam Mekong Delta. *Ecosystem Services*, 2021, 48: 101245.
- [14] Andersson E, McPhearson T, Kremer P, Gomez-Baggethun E, Haase D, Tuvendal M, Wurster D. Scale and context dependence of ecosystem service providing units. *Ecosystem Services*, 2015, 12: 157-164.
- [15] Zoderer B M, Tasser E, Carver S, Tappeiner U. An integrated method for the mapping of landscape preferences at the regional scale. *Ecological Indicators*, 2019, 106: 105430.
- [16] Sun X, Liu H X, Liao C, Nong H F, Yang P. Understanding recreational ecosystem service supply-demand mismatch and social groups' preferences: Implications for urban-rural planning. *Landscape and Urban Planning*, 2024, 241: 104903.
- [17] Zoderer B M, Tasser E, Carver S, Tappeiner U. Stakeholder perspectives on ecosystem service supply and ecosystem service demand bundles. *Ecosystem Services*, 2019, 37: 100938.
- [18] 严岩, 朱捷缘, 吴钢, 詹云军. 生态系统服务需求、供给和消费研究进展. *生态学报*, 2017, 37(8): 2489-2496.
- [19] Wu X, Liu S L, Zhao S, Hou X Y, Xu J W, Dong S K, Liu G H. Quantification and driving force analysis of ecosystem services supply, demand and balance in China. *Science of the Total Environment*, 2019, 652: 1375-1386.
- [20] Wang Z, Sun X Y, Shan R F, Wang B Y. Mapping and assessing supply-demand matching of recreational ecosystem services in Shandong province, China. *Ecological Indicators*, 2024, 160: 111859.
- [21] Tao Y, Wang H N, Ou W X, Guo J. A land-cover-based approach to assessing ecosystem services supply and demand dynamics in the rapidly urbanizing Yangtze River Delta region. *Land Use Policy*, 2018, 72: 250-258.
- [22] 白杨, 王敏, 李晖, 黄沈发, Juha M. Alatalo. 生态系统服务供给与需求的理论与管理方法. *生态学报*, 2017, 37(17): 5846-5852.
- [23] Schmitt T M, Martín-López B, Kaim A, Frith-Müller A, Koellner T. Ecosystem services from (pre-) alpine grasslands: matches and mismatches between citizens' perceived suitability and farmers' management considerations. *Ecosystem Services*, 2021, 49: 101284.
- [24] Xin R H, Skov-Petersen H, Zeng J, Zhou J H, Li K, Hu J Q, Liu X, Kong J W, Wang Q W. Identifying key areas of imbalanced supply and demand of ecosystem services at the urban agglomeration scale: a case study of the Fujian Delta in China. *Science of the Total Environment*, 2021, 791: 148173.
- [25] Wang J, Zhai T L, Lin Y F, Kong X S, He T. Spatial imbalance and changes in supply and demand of ecosystem services in China. *Science of the Total Environment*, 2019, 657: 781-791.
- [26] Shi Y S, Shi D H, Zhou L L, Fang R B. Identification of ecosystem services supply and demand areas and simulation of ecosystem service flows in Shanghai. *Ecological Indicators*, 2020, 115: 106418.
- [27] Shi L, Halik Ü, Mamat Z, Aishan T, Welp M. Identifying mismatches of ecosystem services supply and demand under semi-arid conditions: The case of the Oasis City Urumqi, China. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2021, 17(6): 1293-1304.
- [28] 王根绪, 刘进其, 陈玲. 黑河流域典型区土地利用格局变化及影响比较. *地理学报*, 2006, 61(4): 339-348.
- [29] 丛日征, 王兵, 谷建才, 牛香, 胡天华. 宁夏贺兰山国家级自然保护区森林生态系统服务价值评估. *干旱区资源与环境*, 2017, 31(11): 136-140.
- [30] 徐建英, 陈利顶, 吕一河, 傅伯杰. 保护区与社区关系协调: 方法和实践经验. *生态学杂志*, 2005, 24(1): 102-107.
- [31] 何思源, 苏杨, 罗慧男, 王蕾. 基于细化保护需求的保护地空间管制技术研究——以中国国家公园体制建设为目标. *环境保护*, 2017, 45(Z1): 50-57.
- [32] Jones J L. Transboundary conservation in Southern Africa: Exploring conflict between local resource access and conservation. *Centre for*

- Environmental Studies: University of Pretoria, South Africa, 2003, 6: 2009.
- [33] Palomo I, Martín-López B, Potschin M, Haines-Young R, Montes C. National Parks, buffer zones and surrounding lands: Mapping ecosystem service flows. *Ecosystem Services*, 2013, 4: 104-116.
- [34] Sun X H, Cao Y H, He X D, Wang R X, Zeng P, Li Y P, Huang Z P, Xiao W. Administrative level may be the key factor to improve protection effectiveness of nature reserves in China. *Sustainability*, 2022, 14(8): 4853.
- [35] 张丽荣, 孟锐, 潘哲, 郑姚闽, 曾维华. 生态保护地空间重叠与发展冲突问题研究生态学报, 2019, 39(4): 1351-1360.
- [36] 权佳, 欧阳志云, 徐卫华, 苗鸿. 自然保护区管理有效性评价方法的比较与应用. *生物多样性*, 2010, 18(1): 90-99.
- [37] Liu W, Vogt C A, Luo J Y, He G M, Frank K A, Liu J G. Drivers and socioeconomic impacts of tourism participation in protected areas. *PLoS One*, 2012, 7(4): e35420.
- [38] 吕一河, 傅伯杰, 刘世梁, 陈利顶. 卧龙自然保护区综合功能评价. *生态学报*, 2003, 23(3): 571-579.
- [39] An L, Lupi F, Liu J G, Linderman M A, Huang J Y. Modeling the choice to switch from fuelwood to electricity Implications for giant *Panda* habitat conservation. *Ecological Economics*, 2002, 42(3): 445-457.
- [40] 罗万云, 周杨, 王福博. 生计资本对国家重点生态功能区农户受偿意愿的影响. *生态学报*, 2023, 43(10): 3971-3983.
- [41] 张文彤. SPSS 统计分析高级教程. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [42] Li X, Sun W, Zhang D, Huang J L, Li D H, Ding N, Zhu J F, Xie Y J, Wang X R. Evaluating water provision service at the sub-watershed scale by combining supply, demand, and spatial flow. *Ecological Indicators*, 2021, 127: 107745.
- [43] Deng C X, Liu J Y, Liu Y J, Li Z W, Nie X D, Hu X Q, Wang L X, Zhang Y T, Zhang G Y, Zhu D M, Xiao L H. Spatiotemporal dislocation of urbanization and ecological construction increased the ecosystem service supply and demand imbalance. *Journal of Environmental Management*, 2021, 288: 112478.
- [44] Zhang W, Kato E, Bhandary P, Nkonya E, Ibrahim H I, Agbonlahor M, Ibrahim H Y, Cox C. Awareness and perceptions of ecosystem services in relation to land use types: Evidence from rural communities in *Nigeria*. *Ecosystem Services*, 2016, 22: 150-160.
- [45] Xun F F, Hu Y C, Lv L, Tong J H. Farmers' awareness of ecosystem services and the associated policy implications. *Sustainability*, 2017, 9(9): 1612.
- [46] Rodríguez-Caballero E, Castro A J, Chamizo S, Quintas-Soriano C, García-Llorente M, Cantón Y, Weber B. Ecosystem services provided by biocrusts: from ecosystem functions to social values. *Journal of Arid Environments*, 2018, 159: 45-53.
- [47] Yang H B, Yang W, Zhang J D, Connor T, Liu J G. Revealing pathways from payments for ecosystem services to socioeconomic outcomes. *Science Advances*, 2018, 4(3): eaao6652.
- [48] Yang H B, Lupi F, Zhang J D, Chen X D, Liu J G. Feedback of telecoupling: the case of a payments for ecosystem services program. *Ecology and Society*, 2018, 23(2): art45.
- [49] Zhang J D, Connor T, Yang H B, Ouyang Z Y, Li S X, Liu J G. Complex effects of natural disasters on protected areas through altering telecouplings. *Ecology and Society*, 2018, 23(3): 17.
- [50] 徐建英, 王清, 魏建瑛. 卧龙自然保护区生态系统服务福祉贡献评估: 当地居民的视角. *生态学报*, 2018, 38(20): 7348-7358.
- [51] Dhakal B, Kattel R R. Effects of global changes on ecosystems services of multiple natural resources in mountain agricultural landscapes. *Science of the Total Environment*, 2019, 676: 665-682.
- [52] Tasser E, Schirpke U, Zoderer B M, Tappeiner U. Towards an integrative assessment of land-use type values from the perspective of ecosystem services. *Ecosystem Services*, 2020, 42: 101082.
- [53] 黄金燕, 刘巖, 张明春, 谢浩, 周世强, 李仁贵, 张和民. 放牧对卧龙大熊猫栖息地草本植物物种多样性与竹子生长影响. *竹子学报*, 2017, 36(2): 57-64.
- [54] 王晓, 侯金, 张晋东, 白文科, 黄金燕, 周世强, 欧阳志云. 同域分布的珍稀野生动物对放牧的行为响应策略. *生态学报*, 2018, 38(18): 6484-6492.
- [55] 张诗阳, 邹宜孜, 姚思丹, 曹旭卿. 居民视角下乡村地区生态系统文化服务评估与优化——以浙江四十里河河谷为例. *生态学报*, 2024, 44(21): 9458-9469
- [56] Martín-López B, Iniesta-Arandia I, García-Llorente M, Palomo I, Casado-Arzuaga I, Del Amo D G, Gómez-Baggethun E, Oteros-Rozas E, Palacios-Agundez I, Willaerts B, González J A, Santos-Martín F, Onaindia M, López-Santiago C, Montes C. Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. *PLoS One*, 2012, 7(6): e38970.
- [57] Hussain S, Sharma S, Singh A N. Identification and prioritisation of ecosystem services based on the socio-economic perspectives of local people in a trans-Himalayan region of Ladakh, India. *Anthropocene*, 2023, 44: 100404.
- [58] Rönnbäck P, Crona B, Ingwall L. The return of ecosystem goods and services in replanted mangrove forests: perspectives from local communities in Kenya. *Environmental Conservation*, 2007, 34(4): 313-324.

- [59] Kollmuss A, Agyeman J. Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 2002, 8(3): 239-260.
- [60] Aretano R, Petrosillo I, Zaccarelli N, Semeraro T, Zurlini G. People perception of landscape change effects on ecosystem services in small Mediterranean islands: a combination of subjective and objective assessments. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 112: 63-73.
- [61] Raum S. A framework for integrating systematic stakeholder analysis in ecosystem services research: Stakeholder mapping for forest ecosystem services in the UK. *Ecosystem Services*, 2018, 29: 170-184.
- [62] Fisher J A, Patenaude G, Giri K, Lewis K, Meir P, Pinho P, Rounsevell M D A, Williams M. Understanding the relationships between ecosystem services and poverty alleviation: a conceptual framework. *Ecosystem Services*, 2014, 7: 34-45.
- [63] Polishchuk Y, Rauschmayer F. Beyond “benefits”? Looking at ecosystem services through the capability approach. *Ecological Economics*, 2012, 81: 103-111.
- [64] Chaigneau T, Coulthard S, Daw T M, Szaboova L, Camfield L, Chapin F S, Gasper D, Gurney G G, Hicks C C, Ibrahim M, James T, Jones L, Matthews N, McQuistan C, Reyers B, Brown K. Reconciling well-being and resilience for sustainable development. *Nature Sustainability*, 2022, 5: 287-293.
- [65] Fagerholm N, Oteros-Rozas E, Raymond C M, Torralba M, Moreno G, Plieninger T. Assessing linkages between ecosystem services, land-use and well-being in an agroforestry landscape using public participation GIS. *Applied Geography*, 2016, 74: 30-46.
- [66] Dehghani Pour M, Barati A A, Azadi H, Scheffran J, Shirkhani M. Analyzing forest residents’ perception and knowledge of forest ecosystem services to guide forest management and biodiversity conservation. *Forest Policy and Economics*, 2023, 146: 102866.
- [67] Chen X D, Lupi F, Liu J G. Accounting for ecosystem services in compensating for the costs of effective conservation in protected areas. *Biological Conservation*, 2017, 215: 233-240.