

DOI: 10.20103/j.stxb.202401120112

陈昕, 廖凌云, 刘铠宇, 郭铭煌, 吴南雁. 国家公园社区社会与生态福祉空间耦合协调度分析——以武夷山国家公园 A 村为例. 生态学报, 2024, 44(12): 5159-5172.

Chen X, Liao L Y, Liu K Y, Guo M H, Wu N Y. Spatial coupling coordination of social and ecological well-being in national park communities: a case study of village A in Wuyishan National Park. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(12): 5159-5172.

国家公园社区社会与生态福祉空间耦合协调度分析 ——以武夷山国家公园 A 村为例

陈 昕¹, 廖凌云^{1,2,*}, 刘铠宇¹, 郭铭煌¹, 吴南雁¹

1 福建农林大学风景园林与艺术学院, 福州 350002

2 武夷山国家公园研究院, 福州 350002

摘要: 国家公园体制建设是我国生态文明建设的重大举措, 旨在提升社区生态福祉、实现人与自然和谐共生。目前对自然保护区社区福祉测度研究多从社会经济福祉方面进行测度, 较少考虑生态福祉及其空间关联。构建中国国家公园社区福祉综合评估框架, 以武夷山国家公园内 A 村为例测度其 12 个村民小组的社会与生态福祉, 探究二者之间的耦合协调关系及其影响因素, 基于耦合协调度分析提出社区分类调控优化策略。结果显示: (1) A 村的社会经济福祉呈现以村道向东西两侧递减的分布趋势; (2) 自然生态福祉整体上呈现由北部向南部递减的空间分布趋势; (3) A 村的社会与生态福祉的耦合关系呈现协调型、磨合型、拮抗型和失调型 4 种类型, 以协调型和磨合型为主。 (4) 选择与行动的自由 (0.747)、基础生活资料 (0.742) 和家庭经济 (0.732) 是影响整体耦合协调度的主要因素, 而不同耦合协调类型的主要影响因素存在差异。基于此, 本研究针对拮抗型和失调型社区的主要影响因素提出优化建议。

关键词: 自然保护地; 生态福祉; 社会-生态系统; 社区规划

Spatial coupling coordination of social and ecological well-being in national park communities: a case study of village A in Wuyishan National Park

CHEN Xin¹, LIAO Lingyun^{1,2,*}, LIU Kaiyu¹, GUO Minghuang¹, WU Nanyan¹

1 College of Landscape Architecture and Art, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

2 Wuyishan National Park Research Institute, Fuzhou 350002, China

Abstract: The construction of the national park system is a significant initiative in the Chinese ecological civilization development, aimed at enhancing community ecological well-being and achieving harmonious coexistence between humans and nature. Current research on the well-being measurement of communities in the protected areas often focuses on socio-economic well-being, with less consideration given to ecological well-being and its spatial associations. A comprehensive assessment framework for community well-being in China's national parks has been developed, utilizing village A in Wuyishan National Park as a case study to evaluate the social and ecological well-being of its 12 village groups. It explored the coupling coordination relationship between social and ecological well-being and the influencing factors. The optimization strategies for community classification and regulation were proposed based on the analysis of the coupling coordination degree. The results showed that: (1) There was a diminishing trend in the socio-economic well-being of village A from the village road to the east and west sides. High socio-economic groups were concentrated around the village's administrative service centers, benefiting from enhanced policy support and infrastructure. The development of groups with medium socio-

基金项目: 福建省自然科学基金 (2022J01613)

收稿日期: 2024-01-12; 采用日期: 2024-05-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liaolingyun@fafu.edu.cn

economic status was more evenly balanced. However, groups with low socio-economic status often faced challenges in well-being due to disadvantaged locations and insufficient commercial activity. (2) There was a decreasing spatial distribution pattern in the total natural ecological well-being from the north to the south. Found predominantly in higher altitude regions, individuals with high natural ecological well-being experienced enhanced ecosystem services. Groups exhibiting medium natural ecological well-being tended to be located in higher altitude areas or near the administrative service center of village A, benefiting from favorable natural ecological conditions. However, village groups with low natural ecological well-being faced greater challenges due to their unique geographic location and the impact of frequent human activity. (3) The coupling relationship between social and ecological well-being in village A could be divided into four types: coordination, friction, antagonism, and dissonance, with coordination and friction types being predominant. Antagonism and dissonance types were prevalent in the southeast, while coordination and friction types were predominantly observed in the northwest. (4) Freedom of choice and action (0.747), basic living materials (0.742), and household economy (0.732) were the main factors affecting the overall coupling coordination, while the main influencing factors varied among different types of coupling coordination. Optimization recommendations were provided for the primary influencing factors in antagonism and dissonance types, leveraging the successful experiences of coordination and friction types. These recommendations focused on promoting industrial diversification, facilitating the realization of ecological product value, and building social capital and social networks.

Key Words: protected areas; ecological well-being; social-ecological system; community planning

探索如何提升民生福祉正成为全球发展议程中的核心议题。2015 年联合国可持续发展峰会确立的 17 项可持续发展目标也充分体现其与人类福祉的紧密联系^[1]。党的二十大报告明确指出大自然是人类生存和发展的基础,提倡人与自然和谐共生,并将增进民生福祉作为发展的重大目标。国家公园建设旨在对自然生态系统的原真性和完整性进行严格而系统地保护,而园内及周边居民生计大多依赖于对当地自然资源的利用,这不可避免地导致生态保护与生计发展之间的矛盾^[2]。国家公园的建设在短期内可能会对社区居民的社会经济福祉造成一定程度的负面影响^[3],但从长期发展角度来看,其对生态福祉的提升将为社区带来持续的积极效益。在国家公园体制建设背景下,通过识别社会经济福祉和自然生态福祉的耦合关系,确保在生态保护基础上提升社区福祉水平,对于有效提高社区福祉水平以及促进社区整体可持续发展具有重要意义。

目前针对国家公园社区福祉的研究,倾向于单独评价生态福祉和社会经济福祉,而对二者的综合福祉测度及其耦合协调作用的探讨相对缺乏。在生态福祉的测度方面,研究集中于生态系统服务价值的评估,涉及总量和空间分布,常用的方法有价值法、物质法、能值法等^[4-7]。而社会经济福祉测度更倾向于采用基于 GDP 或单一经济指标的客观测度、生活满意度的主观测度^[8-9]、以及基于可行能力理论构建的人类能力与功能的复合指标测度^[10]。

基于千年生态系统服务评估^[11]、社会-生态系统^[12]、人类-自然耦合系统^[13]等框架开展生态系统服务与社会经济福祉之间的关系研究^[14]备受学者关注,尤其是生态系统服务对社会经济福祉的影响以及人类福祉对生态系统的依赖研究。然而,研究多数是在全球^[15]、国家^[14]和省市^[16]等不同宏观尺度展开,在保护地尺度的乡村社区探索较少。研究主要采用结构方程模型^[17]、耦合协调度^[18]、系统动力学模型^[19]来探讨生态系统服务与人类福祉之间的耦合关系及其相互作用,但在探究综合福祉耦合的影响机制方面仍显不足^[20-21]。本研究拟构建国家公园社区社会经济福祉和自然生态福祉的指标测度体系,运用耦合协调度模型分析两者之间的耦合关系,并基于灰色关联法识别影响耦合关系的关键因素。耦合协调度衡量不同系统间相互作用与协同发展水平,反映系统间的依存性、互动性及整合程度^[22]。对国家公园社区社会经济福祉和自然生态福祉的耦合协调度分析,能够揭示社区发展中的不均衡因素和潜在问题,为优化社区发展的平衡与公平性、促进国家公园社区的可持续发展提供科学依据。

作为中国首批正式设立的国家公园之一,武夷山国家公园范围内及周边区域人类活动频繁,国家公园内社区居民生计主要依赖于茶叶种植等经济活动,当地资源利用与保护之间的冲突显著^[23]。因此,在保障生态保护前提下如何提升社区居民福祉,是武夷山国家公园仍面临的难题之一。本研究以武夷山国家公园范围内面积最大、人口最多的 A 村为研究对象,测度其 12 个村民小组的社会与生态福祉,探究二者之间的耦合协调关系及其影响因素,并基于实证分析结果提出社区分类调控优化策略。本研究拟解决的关键科学问题是:(1)阐明 A 村的社会与生态福祉的空间分异特征;(2)分析 A 村的社会与生态福祉的耦合协调度差异;(3)识别耦合协调度的主要影响因素并提出规划优化对策。

1 研究区域

A 村位于武夷山国家公园内部的中心区域,该区域地形复杂,海拔高度从 255—1927m 不等,呈现西北高、东南低的趋势,总面积约 207.90km²。该区域属于气候温和湿润的亚热带季风气候,形成典型的亚热带森林生态系统,其中主要森林类型包括常绿阔叶林、针叶林和混交林等。同时,A 村也拥有丰富的野生动物资源,如藏酋猴、短尾猴等。全村分为 12 个村民小组(图 1),共计 428 户,约有 2100 名村民,占武夷山国家公园总人口的 62.7%,呈现人口分布不均和密度较低的特征。A 村主要产业为茶产业,尤其是第 1、2、3 村民小组是茶产业的核心。只有部分农户开展民宿经营、养蜂等副业。鉴于 A 村在地形海拔、人口分布、经济收入等方面的显著差异,本研究将研究尺度细化至自然村级别,选取 A 村下辖的 12 个村民小组作为分析单元,更为精确地反映其地理空间结构和发展目标上的多样性^[24],从而准确识别问题并提出优化对策。



图 1 研究区域

Fig.1 The study area

2 研究方法和数据来源

2.1 国家公园社区福祉评估指标体系

当前对于福祉测度的研究主要从社会经济^[25–26]或自然生态^[27–28]单个维度分别构建指标体系,通常针对流域^[29]、城市^[27]、草原^[28]等特定的生态系统。由于不同生态系统与福祉之间的联系存在显著的差异,呈现出独特的地理特性^[30],相关研究中的指标体系难以完全匹配研究区域。因此,本研究在对武夷山国家公园 A 村社会-生态系统分析和研究综述的基础上,充分考虑指标选取科学性、可行性和系统性,从社会经济和自然生态两个维度选取社区福祉评估指标(表 1)。

社会-生态系统作为人类生存和发展的重要载体,是社会系统与生态系统通过复杂的相互作用而形成的动态耦合系统^[31]。本研究将武夷山国家公园 A 村视作一个复杂的社会-生态系统,其中经济、社会和自然要素在人类活动的驱动下形成了紧密的互动关系^[32]。武夷山国家公园是中亚热带森林生态系统的典型代表,提供了丰富的调节和支持服务。A 村位于武夷山国家公园内部,是该森林生态系统的子系统。自然生态福祉测度的指标筛选是基于 A 村独特的地理位置、生态系统的特殊性 & 数据的可获取性^[33],选取对福祉影响最为关键和直接的生态系统服务进行评估,包括植被覆盖^[34]、生境质量^[35]、水源涵养^[17, 35]、固碳服务^[7, 36]及土壤保持^[7, 35]等 5 个方面。社会经济福祉测度的指标选取基于对 A 村实际情况的深入了解和已有研究,涵盖基础生活资料^[17, 37]、健康^[37–38]、安全^[38–39]、社会关系^[38]、选择与行动的自由^[37, 40]和家庭经济^[25, 37]等 6 个方

面。此外,国家公园社区福祉测度指标通过熵权法确定权重。熵权法作为一种客观的多指标决策分析的方法^[41],具有较高的可信度。为消除量纲不同对评价结果的影响,研究采用极差标准化方式进行数据处理^[42]。

表 1 A 村社区福祉指标体系

Table 1 Community well-being indicator system in village A

维度 Dimension	一级指标(A) Tier 1 indicators (A)	二级指标(B) Tier 2 indicators (B)	指标权重 Indicator weights
社会经济福祉 Socio-economic well-being	A1 基础生活资料	B1 基础设施建设程度	0.057
		B2 交通状况	0.027
		B3 公共设施分布	0.074
		B4 家庭基本物质资本	0.105
	A2 健康	B5 身体健康	0.019
		B6 心理健康	0.017
	A3 安全	B7 人身安全	0.030
		B8 房屋安全	0.026
	A4 社会关系	B9 邻里关系	0.026
		B10 村落发展公平程度	0.059
	A5 选择与行动的自由	B11 政策信息公开程度	0.055
		B12 教育程度	0.213
		B13 收入水平	0.143
		B14 生产资源	0.151
自然生态福祉 Natural ecological well-being	A1 植被覆盖	B1 植被覆盖度	0.155
	A2 水源涵养	B2 水源涵养量	0.126
	A3 生境质量	B3 生境质量指数	0.335
	A4 固碳服务	B4 碳储量	0.242
	A5 土壤保持	B5 土壤保持量	0.142

2.2 国家公园社会经济福祉测度问卷设计与收集情况

本研究社会经济福祉测度相关数据通过实地调研和问卷调查收集。其中,公共设施分布指标基于对 A 村各村民小组公共设施的地理位置标记,并运用核密度分析进行指标计算^[43]。其他指标通过入户问卷调查获取。问卷的设计综合考虑受访者的基本情况、生计资源、对武夷山国家公园认知情况以及社会福祉情况等 4 个部分,各指标评分标准如表 2。

表 2 社会经济福祉指标评分标准

Table 2 Scoring criteria for socio-economic well-being indicators

指标 Indicators	指标描述 Description of indicators	评分标准 Scoring criteria
基础设施建设程度 Level of infrastructure development	近半年来水电网的供应稳定程度	很不稳定 = 1; 不太稳定 = 2; 一般 = 3; 比较稳定 = 4; 非常稳定 = 5
交通状况 Traffic conditions	各小村民组居民点到达镇中心的时间,一、二、三级道路分别根据实际调研将速度设为 50、30、15km/h	68 min 以上 = 1; 58—68 min = 2; 52—58 min = 3; 42—52 min = 4; 42 min 以下 = 5
公共设施分布 Distribution of public facilities	公共设施分布情况	0—0.00004 = 1; 0.00004—0.73640 = 2; 0.73640—0.09757 = 3; 0.09757—0.17989 = 4; 0.17989—0.22156 = 5
家庭基本物质资本 Basic physical capital of households	拥有农业器械的数量	1 种 = 1; 2 种 = 2; 3 种 = 3; 4 种 = 4; 5 种及以上 = 5
身体健康 Physical health	身体健康状况	残疾人(不能劳动) = 1; 长期患病 = 2; 经常生病 = 3; 偶尔生病 = 4; 很好 = 5
心理健康 Psychological health	心理健康状况	很有压力 = 1; 有点压力 = 2; 适中 = 3; 比较放松 = 4; 非常放松 = 5

续表

指标 Indicators	指标描述 Description of indicators	评分标准 Scoring criteria
人身安全 Personal safety	半年内遭受野生动物侵扰的次数	15 次以上 = 1; 10—15 次 = 2; 5—10 次 = 3; 1—5 次 = 4; 1 次以下 = 5
房屋安全 Housing safety	半年内房屋遭受自然灾害侵扰的次数	15 次以上 = 1; 10—15 次 = 2; 5—10 次 = 3; 1—5 次 = 4; 1 次以下 = 5
邻里关系 Neighborhood relations	邻居间一个月内走动次数	1 次以下 = 1; 1—5 次 = 2; 5—10 次 = 3; 10—15 次 = 4; 15 次以上 = 5
村落发展公平程度 Degree of equity in village development	所在村民小组发展的公平程度	很不公平 = 1; 不太公平 = 2; 一般 = 3; 比较公平 = 4; 非常公平 = 5
政策信息公开程度 Degree of openness of policy information	村内政策信息公开透明程度	很不公开 = 1; 不太公开 = 2; 一般 = 3; 比较公开 = 4; 非常公开 = 5
教育程度 Level of education	教育水平	小学及以下 = 1; 初中 = 2; 高中/中专 = 3; 大专 = 4; 大学本科及以上 = 5
收入水平 Income level	家庭平均年收入	1 万元以下 = 1; 1—5 万元 = 2; 5—10 万元 = 3; 10—15 万元 = 4; 15 万元以上 = 5
生产资源 Productive resources	家庭茶园面积	1.333 hm ² 以下 = 1; 1.333—2.667 hm ² = 2; 2.667—4.000 hm ² = 3; 4.000—5.333 hm ² = 4; 5.333—6.667 hm ² = 5

为确保问卷的科学性和信效度,首先于 2022 年 1 月在武夷山国家公园开展了为期 10d 的预调研,根据预调研结果优化问卷设计,剔除误差较大的问题。随后,于 2022 年 7 月进行为期 10d 的正式调查,共发放问卷 210 份,回收有效问卷 207 份(表 3),问卷有效率为 98%。A 村共有户籍 428 户,回收有效问卷数量覆盖总户籍数的 48.4%。207 份调查数据的描述统计分析如表 4 所示,调查样本分布较为均衡,基本涵盖 A 村情况。

为确保问卷数据的可靠性和客观性,本研究在数据分析前对问卷的信效度进行检验。Cronbach's alpha 系数达到 0.66, KMO 值为 0.72, Bartlett 球形检验的显著性 P 值为 0.000,均表明所选指标适合进行因子分析,足以支撑后续的数据分析。

表 3 A 村村民小组问卷收集情况

Table 3 The collection of questionnaires by the village group of village A

村民小组 Village group	户数/户 Number of households	问卷收集份数 Number of questionnaires collected	占比/% Percentage
第 1 小组 Group 1	39	22	56.40
第 2 小组 Group 2	81	44	54.30
第 3 小组 Group 3	32	17	53.10
第 4 小组 Group 4	39	10	25.60
第 5 小组 Group 5	71	35	49.30
第 6 小组 Group 6	18	8	44.40
第 7 小组 Group 7	26	17	65.40
第 8 小组 Group 8	25	15	60.00
第 9 小组 Group 9	21	4	19.10
第 10 小组 Group 10	23	18	78.30
第 11 小组 Group 11	17	4	23.50
第 12 小组 Group 12	35	15	42.90
合计 Totals	428	207	48.40

2.3 国家公园自然生态福祉测度与数据来源

在自然生态福祉测度中,5 个关键指标分别通过不同方法计算。植被覆盖通过植被归一化指数计算得出,其余指标均通过 InVEST 模型进行计算(表 5)。各项指标经分区统计后,采用自然断点法划分为 5 个等级,按照从低到高的顺序,依次赋予 1 至 5 分的评分值。本研究涉及的数据主要包括土地利用、归一化植被覆

表 4 样本基本特征描述性统计
Table 4 Descriptive statistics of basic characteristics of samples

基本指标 Basic indicators	属性 Properties	数量 Quantities	占比/% Percentage
性别 Genders	男	119	57.5
	女	88	42.5
年龄段 Age groups	18 岁及以下	0	0.0
	19—28 岁	8	3.9
	29—40 岁	23	11.1
	41—60 岁	114	30.0
	61 岁及以上	62	55.1
受教育程度 Level of education	小学	82	46.5
	初中	86	39.6
	高中/中专	26	12.6
	大专	9	4.3
	大学本科及以上	4	1.9
职业类型 Type of occupation	纯农	14	6.8
	其他	193	93.2
家庭平均年收入 Average annual household income	1 万元以下	45	21.7
	1—5 万元	92	44.4
	5 万—10 万元	31	15.0
	10 万—15 万元	24	11.6
	15 万元以上	15	7.3

表 5 自然生态福祉指标计算方法及评分标准
Table 5 Calculation methodology and scoring criteria for indicators of natural ecological well-being

指标 Indicators	计算公式 Formulas	涵义 Meanings	指标描述 Description of indicators	评分标准 Scoring criteria
植被覆盖 Vegetation cover	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$	NIR 为近红外波段; R 为红光波段。	高植被覆盖率能促进土壤保湿, 从而提升茶叶产量与品质; 有效减缓土壤侵蚀与水土流失, 保障生态环境与资源稳定。	72.940%—73.830% = 1; 73.830%—74.700% = 2; 74.700%—76.450% = 3; 76.450%—76.830% = 4; 76.830%—77.970% = 5
生境质量 Habitat quality	$Q_{xj} = H_j \times \left[1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^z} \right) \right]$	Q_{xj} 代表土地利用类型 j 中单元栅格 x 的生境质量指数; H_j 代表土地利用类型 j 的生境适宜度; D_{xj} 表土地利用类型 j 中单元栅格 x 的生境退化度; k 代表半饱和常数, 为 0.5; z 代表归一化常数, 取值保留默认值, 即 2.5 ^[44] 。	生境质量指数反映生物多样性、适应性和区域生态健康。良好的生境提供清洁水源和空气, 有利于提高茶叶品质。	0.9442 以下 = 1; 0.9442—0.9687 = 2; 0.9687—0.9807 = 3; 0.9807—0.9869 = 4; 0.9869—0.9920 = 5
水源涵养 Water conservation	$Y_{xj} = \left(1 - \frac{AET_{xj}}{P_x} \right) \times P_x$	Y_{xj} 为土地利用类型中 j 栅格单元 x 上的年产水量; AET_{xj} 为土地利用类型 j 中栅格单元 x 上的年实际蒸散量; P_x 为栅格单元 x 的年降水量。	水源涵养为 A 村茶叶生长和保障村民健康生活质量的基础, 高涵养量为生态系统和人类社会提供充足水资源。	959.378 mm—961.563 mm = 1; 961.563 mm—1087.193 mm = 2; 1087.193 mm—1144.000 mm = 3; 1144.000 mm—1193.159 mm = 4; 1193.159 mm—1237.949 mm = 5
固碳服务 Carbon sequestration	$C_{tot} = C_{above} + C_{below} + C_{soil} + C_{dead}$	C_{tot} 为碳储量总量, C_{above} 为地上生物碳储量, C_{below} 为地下生物碳储量, C_{soil} 为土壤碳密度, C_{dead} 为死亡有机碳储量。	高碳储量为生物多样性保护和土壤保护奠定基础。	321.022 t 以下 = 1; 321.022 t—321.880 t = 2; 321.880 t—322.261 t = 3; 322.261 t—322.501 t = 4; 322.501 t—322.955 t = 5
土壤保持 Soil retention	$SEDRET_i = RKLS_i - RUSLE_i + E_i$	i 代表地图栅格; $SEDRET_i$ 表示为土壤保持总量; $RKLS_i$ 为潜在土壤流失量; $RUSLE_i$ 为实际土壤流失量; E_i 代表拦截泥沙量。	高土壤保持水平有助于维护土地肥力和水分, 促进生物多样性保护和生态系统稳定, 进而支持农业生产和社区经济发展。	15110.538 t—15430.403 t = 1; 15430.403 t—16412.846 t = 2; 16412.846 t—17806.543 t = 3; 17806.543 t—19657.191 t = 4; 19657.191 t—20936.652 t = 5

盖度、降水量和潜在蒸散量、降雨侵蚀力、植物可利用水含量、土壤深度、土壤可蚀性、数字高程模型以及武夷山国家公园边界数据等。数据来源如下所述:(1)土地利用数据来源于地球大数据科学工程数据网站(<https://data.casearth.cn/>),结合实际情况分为林地、草地、耕地、园地、建设用地、水域、其他土地。(2)归一化植被覆盖数据来源于 Google Earth Engine(GEE),空间分辨率 30m。(3)降水量数据和潜在蒸散量数据来自时空三极环境大数据平台(<http://poles.tpd.cn>),分辨率为 1000m。降雨侵蚀力(R 因子)数据以 1991—2020 年降雨侵蚀力数据作为 2020 年的 R 因子数据(<http://clicia.bnu.edu.cn>)。(4)植物可利用水含量数据使用 ISRIC 网站土壤质地数据和土壤孔隙度的加权平均值矢量数据。土壤深度数据来自《Depth-to-bedrock map of China at a spatial resolution of 100 meters》。土壤可蚀性(K 因子)数据来自第三极(20 国)土壤可蚀性因子数据集。(5)数字高程模型(DEM)来源于美国国家航空航天局(NASA)全新的全球 30m 分辨率 DEM 数据。(6)武夷山国家公园边界数据来源于武夷山国家公园管理局,A 村村民小组边界数据根据相关图件进行矢量化和空间配准。

2.4 国家公园社区福祉空间分析

为全面比较 A 村不同村民小组的社区福祉水平,本研究运用综合评价法对社区福祉的各维度进行整体评价,公式如下:

$$S = \sum_{j=1}^n w_j S_j \quad (1)$$

式中, S 表示福祉的总体得分, n 代表指标个数, j 代表福祉的各项指标, w_j 代表指标权重, S_j 代表指标 j 经过标准化的数值。

本研究通过综合评价法进行加权求和后,计算得到社区福祉各维度的总分,应用自然断点法^[36]将 12 个村民小组的社会经济福祉水平和自然生态福祉水平分别划分为高、中和低三个等级,以便更清晰地识别和比较不同村民小组间的社区福祉水平。

2.5 耦合协调度分析

耦合协调度能在耦合度的基础上进一步表明社会-生态系统的相互作用机制,可针对二者的促进或制约类型及水平进行判别,反映其协调程度^[45]。参考相关研究^[46—47],根据耦合协调度 D 值进行耦合协调发展特征分类,将其划分为协调型、磨合型、拮抗型、失调型 4 种类型(表 6)。具体公式如下:

表 6 社会-生态福祉耦合协调关系与发展水平

Table 6 The coupling coordination relationship between social-ecological well-being and development levels

耦合协调类型 Type of coupling coordination	耦合协调度 D Coupling coordination	相对发展度 μ Relative degree of development	耦合协调发展特征 Coupling coordinated development features
协调型 Coordination type	$0.8 < D \leq 1$	$0 < \mu \leq 0.8$	系统高度协调,自然生态福祉相对滞后
		$0.8 < \mu \leq 1.6$	系统极度协调,二者高水平均衡发展
		$1.6 < \mu$	系统高度协调,社会经济福祉相对滞后
磨合型 Friction type	$0.6 < D \leq 0.8$	$0 < \mu \leq 0.8$	系统缓慢磨合,自然生态福祉滞后
		$0.8 < \mu \leq 1.6$	系统较强磨合,二者较高水平均衡发展
		$1.6 < \mu$	系统缓慢磨合,社会经济福祉滞后
拮抗型 Antagonism type	$0.3 < D \leq 0.6$	$0 < \mu \leq 0.8$	系统拮抗,自然生态福祉滞后
		$0.8 < \mu \leq 1.6$	系统拮抗,二者基本均衡发展
		$1.6 < \mu$	系统拮抗,社会经济福祉滞后
失调型 Dissonance type	$0 \leq D \leq 0.3$	$0 < \mu \leq 0.8$	系统严重失调,自然生态福祉滞后
		$0.8 < \mu \leq 1.6$	系统严重失调,二者低水平均衡发展
		$1.6 < \mu$	系统严重失调,社会经济福祉滞后

$$C = 2 \times \sqrt{\frac{U_1 \times U_2}{(U_1 + U_2)^2}} \quad (2)$$

$$T = aU_1 + bU_2 \quad (3)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (4)$$

式中, C 为耦合度, U_1 和 U_2 分别为自然生态福祉和社会经济福祉的综合评估值。 D 为耦合协调度, T 为社会经济福祉和自然生态福祉系统的综合协调指数。社会经济福祉和自然生态福祉相互依存, 共同构成社区可持续发展的基础, 因此本研究认为两者同样重要, 赋予相同的权重, 即 $a = b = 0.5$ 。此外, 运用相对发展度 (μ) 判断自然生态福祉与社会经济福祉之间的相对发展水平差异。参考相关研究^[48-49], 本研究设当 $0.8 < \mu \leq 1.6$ 时, 二者处于均衡发展水平; 当 $\mu \leq 0.8$ 时, 自然生态福祉相对滞后; 当 $1.6 < \mu$ 时, 社会经济福祉相对滞后。具体公式如下:

$$\mu = U_1 / U_2 \quad (5)$$

2.6 灰色关联分析

灰色关联分析主要应用于揭示系统内部复杂且难以鉴别的各子系统之间的关联强度。相较于相关分析和回归分析, 灰色关联分析更真实客观地反映系统的主要影响因素及差异性^[50]。因此, 本研究运用灰色关联分析法, 对社会经济福祉与自然生态福祉中各项指标与两者之间的耦合协调度的关联性进行定量评估, 探究耦合关系变化的关键驱动因素。参考相关研究划分标准^[51], 将关联度 ξ 划分为 3 个等级: $0 < \xi \leq 0.35$ 表示关联程度弱, $0.35 < \xi \leq 0.70$ 表示中等关联程度, $0.70 < \xi \leq 1$ 则表示关联程度强。灰色关联度计算公式为:

$$\xi = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\min_i \min_j |X'_{0j} - X'_{ij}| + \rho \max_i \max_j |X'_{0j} - X'_{ij}|}{|X'_{0j} - X'_{ij}| + \rho \max_i \max_j |X'_{0j} - X'_{ij}|} \quad (6)$$

$$X'_{ij} = (X_{ij}) / (\bar{X}_{ij}) \quad (7)$$

式中, ξ 代表灰色关联度; X'_{0j} 表示第 j 村民小组经均值化处理的母序列数值, 即社会经济福祉与自然生态福祉的耦合协调值; X'_{ij} 为第 j 村民小组均值化后的特征序列数值, 即国家公园社区福祉评估指标体系中的 19 个指标数值; ρ 表示分辨系数, 为 0.5。

3 结果分析

3.1 社会经济福祉空间分异分析

A 村社会经济福祉各指标的空间分布显示出显著差异 (图 2)。在基础生活资料方面, 各村民小组存在生活资源分配不均的情况, 整体空间布局呈现西北部较高而东南部较低的趋势。其中第 5 小组分值最高, 为 0.204, 作为 A 村村级行政服务中心, 具备较为完善的基础设施建设和更好的生活资源获取能力。第 11 村民小组分值最低为 0.092, 由于地理位置偏远, 道路条件较差, 且基础设施建设程度远低于其他小组。在健康方面, 各小组分值没有明显差异。在安全方面, 各村民小组平均分在 0.041 左右。从图 2 中可得, 第 3、4、7、9 村民小组安全程度相对较高。第 5 和第 11 村民小组的安全情况得分较低, 分别为 0.037 和 0.035。其中, 第 5 村民小组的猴群虽带来较多的游客收益, 但也使其居民更容易受到猴群的骚扰与侵害, 第 11 村民小组则是由于地理位置偏远且人口较少, 根据调研情况, 该小组更容易遭受到野猪、蛇等野生动物侵扰的影响。在社会关系中, 以邻里关系作为主要衡量指标, 其中第 4 村民小组在该项中得分最高, 为 0.023。在选择与行动的自由方面, 第 1 和第 4 村民小组得分最高为 0.135, 第 6 村民小组得分最低, 仅为 0.072。在家庭经济方面, A 村内部收入水平差异显著, 总体上北部小组经济条件更优, 而南部则较为落后, 第 7 村民小组得分最高, 得分为 0.110, 得分最低的小组为第 5 组, 为 0.070。

综合而言, A 村社会经济福祉的分布存在较大差异, 其空间分布如图 3 所示。研究发现, 高社会经济福祉包括第 1 和第 5 村民小组。中等社会经济福祉包括第 2、3、4、7、8、10 村民小组, 主要集中在村级行政服务中心附近, 展现出较为均衡的发展水平。而第 6、9、11、12 村民小组则因地处村落较边缘地带, 交通不便, 通常存在社会福祉较低的问题。

3.2 自然生态福祉空间分异分析

整体而言, A 村的自然生态福祉水平较高 (图 4)。在植被覆盖方面, A 村森林资源丰富, 土地类型以林地

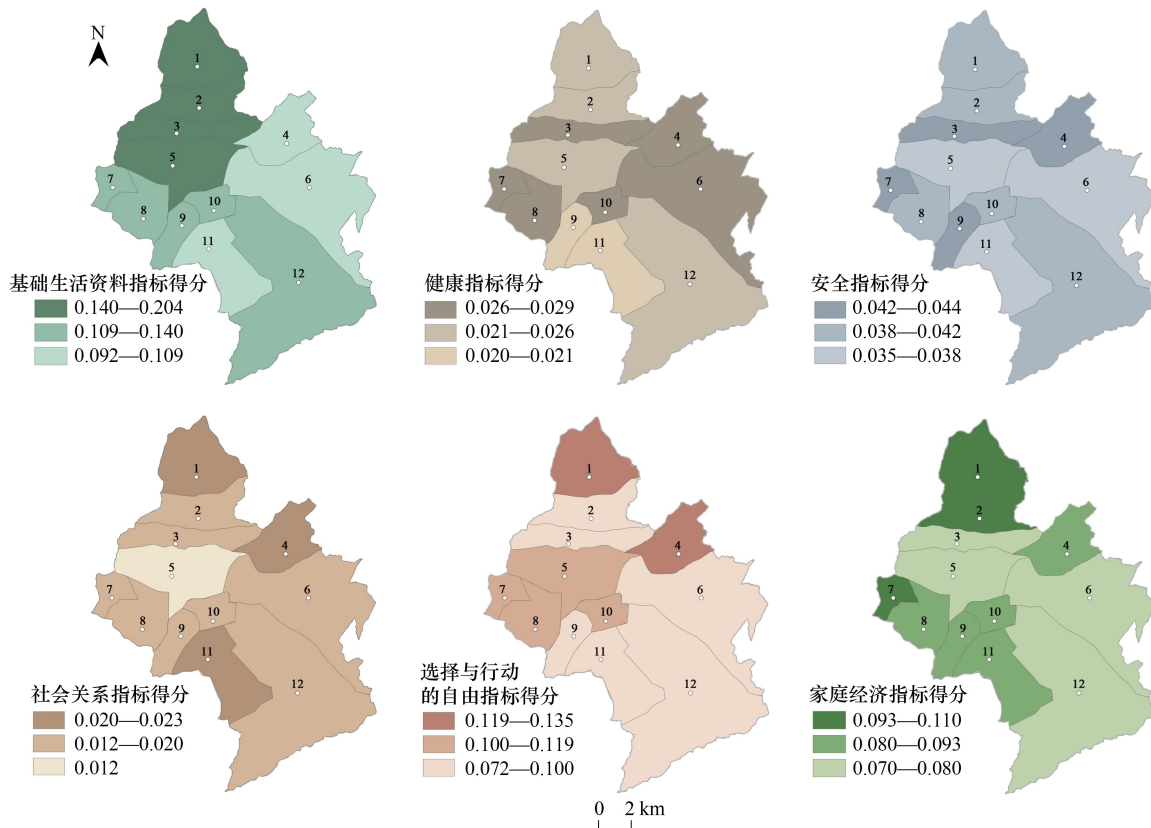


图 2 A 村社会经济福祉测度指标等级空间分布

Fig.2 Spatial distribution of socio-economic well-being index in village A

为主,植被覆盖度整体较高,并在空间上呈现西部较高、东部较低的分布情况。其中,第 5、7、8 村民小组植被覆盖度最高,分值为 0.155。A 村整体水源涵养量呈现由北向南递减的空间分布情况,第 1、3、4、7 村民小组得分较高为 0.126,第 12 村民小组得分最低。在生境质量方面,A 村的生境质量状况优越,生境质量指数较高。其中,第 1、3、4 村民小组得分最高为 0.335;而第 10、11、12 村民小组得分较低为 0.084,生境质量相对较低。在固碳服务方面,A 村各村民小组碳储量差异较小,但位于高海拔地区的村民小组拥有更高的碳储量。此外,A 村具有较高的土壤保持量,在空间分布特征上,呈现出北部略高南部略低的情况,第 1、5、11 村民小组分值最高,均为 0.142。

A 村村民小组分布相对分散,其自然生态福祉呈现出明显的差异性(图 5),整体上呈现由北部向南部递减的空间分布趋势。在此分布中,第 1 和第 3 村民小组自然生态福祉较高。其中第 1 村民小组分值为 0.961,远高于其余村民小组,位于村内最北端且海拔最高。第 3

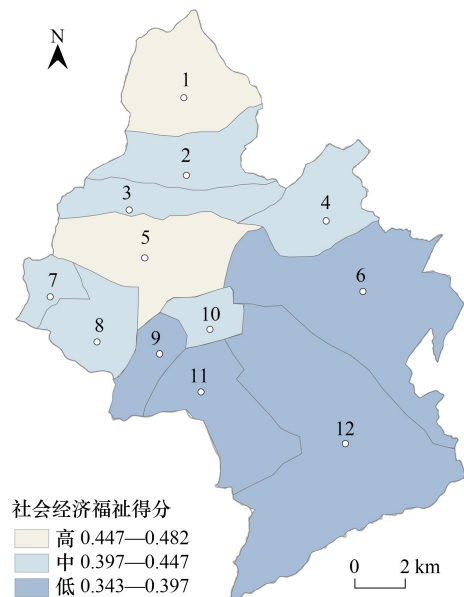


图 3 A 村社会经济福祉等级空间分布

Fig.3 Spatial distribution of socio-economic well-being levels in village A

村民小组也同样位于 A 村北部,两者的自然条件优越,提供丰富的生态系统服务。中等自然生态福祉包括第 2、4、5、6、7、8、9 和 11 村民小组,其中 2、4、7 村民小组的分值较高,约在 0.700 范围,三者都位于海拔较高的区域。而低自然生态福祉的村民小组为第 10 和 12 小组,分别为 0.366 和 0.219,第 10 村民小组处于村落中部,第 12 村民小组为 A 村的入口小组。

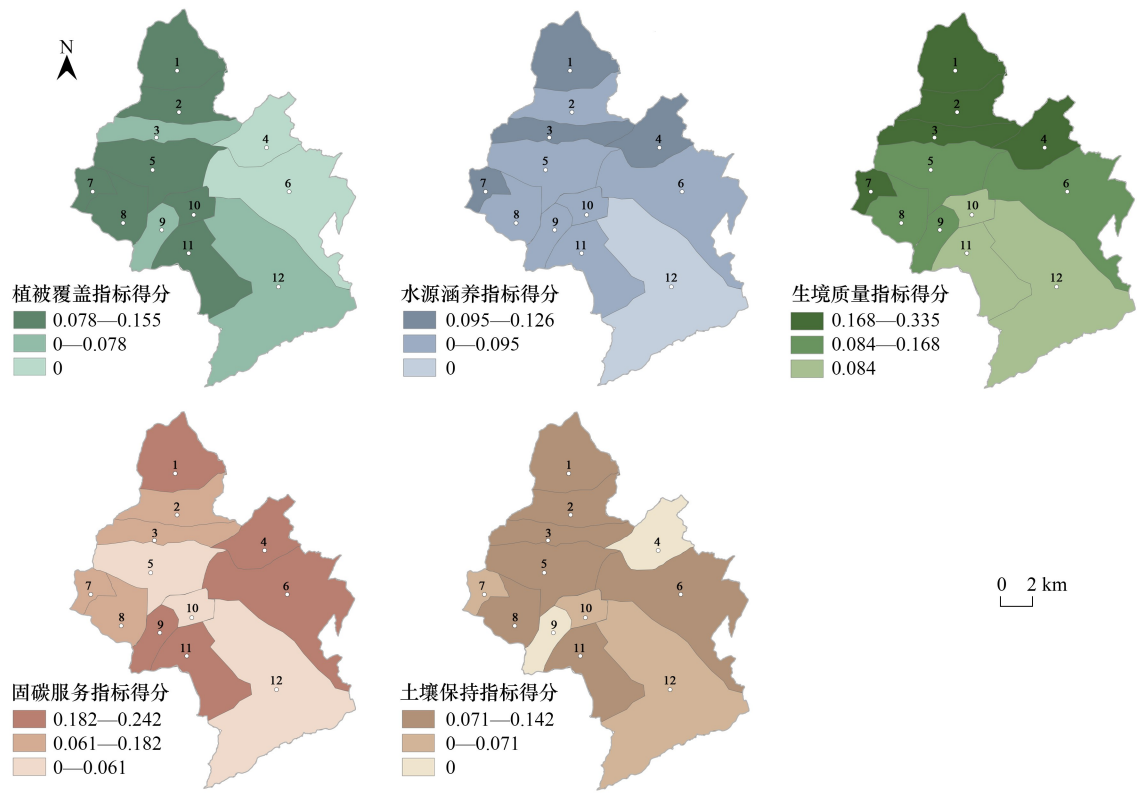


图 4 A 村自然生态福祉测度指标等级空间分布

Fig.4 Spatial distribution of natural ecological well-being index in village A

3.3 耦合协调度分析

本研究通过耦合协调度模型对 A 村各村民小组进行分析(表 7、图 6),研究发现协调型和磨合型村民小组分布在西北部,而拮抗型和失调型村民小组则集中在东南部。具体而言,协调型由第 1、2、3、5 和 7 村民小

表 7 村民小组社会经济福祉-自然生态福祉耦合协调度

Table 7 Coordination of socio-economic well-being and natural ecological well-being coupling in the village group

耦合协调类型 Type of coupling coordination	村民小组 Village group	自然生态福祉 Natural ecological well-being	社会经济福祉 Socio-economic well-being	耦合协调度 Degree of coupling coordination	相对发展度 Relative degree of development
协调型 Coordination type	第 1 小组	0.961	0.482	0.995	1.993
	第 2 小组	0.690	0.447	0.828	1.543
	第 3 小组	0.827	0.429	0.841	1.928
	第 5 小组	0.588	0.460	0.802	1.279
	第 7 小组	0.724	0.442	0.833	1.636
磨合型 Friction type	第 4 小组	0.703	0.420	0.774	1.674
	第 8 小组	0.613	0.424	0.745	1.445
	第 9 小组	0.582	0.397	0.661	1.466
拮抗型 Antagonism type	第 10 小组	0.366	0.430	0.598	0.851
	第 11 小组	0.679	0.350	0.442	1.939
失调型 Dissonance type	第 6 小组	0.611	0.343	0.270	1.782
	第 12 小组	0.219	0.393	0.246	0.557

组组成,该类型小组主要位于 A 村的西北部,得益于良好的生态系统服务,为村民提供高品质的生活环境及由优质茶园所带来的经济收益。同时,这些小组在茶叶经营和生产资源以及第三产业的发展方面表现突出,从而拥有较高的社会经济福祉水平。磨合型由第 4、8、9 村民小组组成,其社会经济福祉和自然生态福祉处于中等水平,基础设施建设能够满足基本生活需求。

拮抗型涵盖第 10 和第 11 村民小组,虽然在物质基础条件和交通状况方面较为落后,但具有较高的植被覆盖度和较好的水源涵养能力。失调型包括第 6 与第 12 村民小组,从空间分布来看,该类型的村民小组位于 A 村的东南侧。根据实地调研,尽管这些村民小组的家庭平均茶园面积较大,但因缺乏有效的销售渠道,且茶叶品质不够突出,导致经济收入较低。此外,这些村民小组居民居住分散,与 A 村行政服务中心距离较远,在构建社会资本和社会网络方面存在不足,村民获取政策信息和村内交流机会的减少,从而影响社会经济福祉的整体水平。此外,第 6 和第 12 村民小组部分区域位于国家公园生态修复区内,尤其是第 12 村民小组更靠近集镇,人类活动较为频繁,对生态环境造成较大影响,进而导致自然生态福祉水平较低。

3.4 主要影响因素识别

本研究采用灰色关联分析方法从国家公园社区社会经济福祉与自然生态福祉指标中识别主要影响因素,结果如图 7。整体而言,耦合协调度与各指标间的灰色关联度在 0.594 至 0.747 范围内,表明社会-生态两个维度的指标与耦合协调度的整体关联度较强,均处于中等关联以上。其中,选择与行动的自由关联度最为突出,高达 0.747,属于强关联度。这一结果表明居民对自由的感知及生活方式选择的自主性是影响福祉感知差异的主要影响因素。而固碳服务的影响作用最小,这可能是由于 A 村整体自然环境优越,碳储量差异较小所致。

不同耦合协调类型之间的主要影响因素存在差异。在协调型社区中,基础生活资料、选择与行动的自由、家庭经济、水源涵养、生境质量和土壤保持 6 个影响因素与耦合协调度关联度都在 0.7 以上,属于强关联度,这表明以上影响因素与两者耦合协调关系差异均有密切联系。对磨合型社区而言,基础生活资料、健康、安全、社会关系、选择与行动的自由、家庭经济和水源涵养 7 个影响因素与耦合协调度为强关联度。其中,社会关系的关联度极高,达到 0.911,凸显邻里关系的和谐对磨合型社区耦合协调度的重要影响。与拮抗型社区的耦合协调度保持强关联度的影响因素为基础生活资料、健

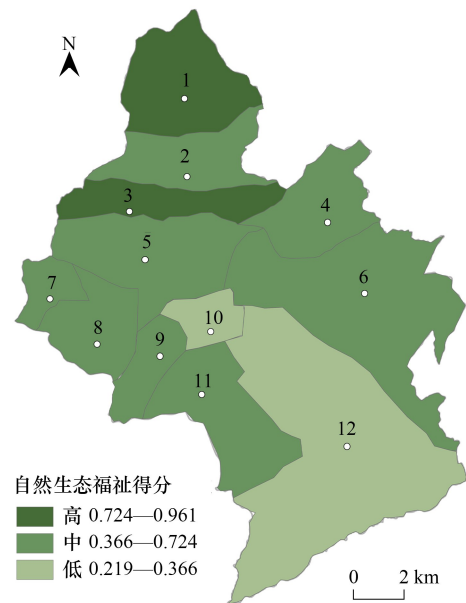


图 5 A 村自然生态福祉等级空间分布

Fig.5 Spatial distribution of natural ecological well-being levels in village A

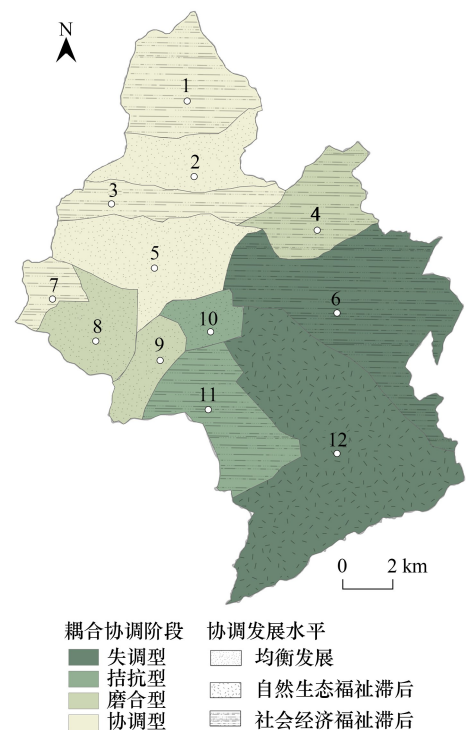


图 6 A 村社会经济福祉与自然生态福祉耦合协调阶段分布

Fig.6 Distribution of stages of coupling socio-economic well-being and natural ecological well-being in village A

康、安全、选择与行动的自由、家庭经济、水源涵养。其主要受基础生活资料影响,显示生活质量满意度和便利程度对此类社区的耦合协调度有显著影响。失调型社区的耦合协调度主要受植被覆盖的影响,呈现出强关联性,而其余指标与耦合协调度的关系均显示为中等关联度。



图7 A村社会经济福祉-自然生态福祉耦合协调度与评价指标的关联度

Fig.7 Relevance of the coupling coordination degree of socio-economic and natural ecological well-being with evaluation indicators in village A

4 结论与建议

4.1 结论

本研究以武夷山国家公园 A 村为例,探究其社会与生态福祉的耦合协调度及影响因素,并提出分类调控优化策略。主要结论如下:(1)A 村社会经济福祉整体呈现以村道向东西递减分布,高社会经济福祉村民小组主要分布在 A 村村级行政服务中心附近,有更好的基础设施和政策支持;中等社会经济福祉的小组发展较为均衡;而低社会经济福祉村民小组则多因位置边缘化及经营活动不足,导致其福祉较低。(2)A 村在自然生态福祉方面整体表现良好,呈现出北高南低的分布趋势。高自然生态福祉小组通常位于海拔较高的区域,享有优越的生态系统服务;中等自然生态福祉小组通常分布在较高海拔地区或 A 村行政服务中心附近,具有良好的自然生态条件;而低自然生态福祉的村民小组则因其特殊的地理位置和频繁的人类活动的影响,面临较大挑战。(3)基于社会-生态福祉耦合协调分析,A 村可分为协调型、磨合型、拮抗型、失调型四种模式。协调型和磨合型村民小组主要分布于西北部,拮抗型和失调型村民小组集中在东南部。(4)总体而言,指标与社会经济福祉和自然生态福祉的耦合协调度的关联程度较高。其中,影响耦合协调度发展的关键因素依次为选择与行动的自由、基础生活资料和家庭经济。此外,不同耦合协调类型之间的主要影响因素存在差异。

4.2 讨论

结合实地调研和实证分析,总结协调型与磨合型社区的成功经验,以及拮抗型和失调型社区所面临的关键问题。协调型与磨合型社区通过有效结合并利用优越的自然资源和良好的基础设施,提高自然生态福祉与社会经济福祉的耦合协调度,促使两者均衡发展。这两类社区依托良好的交通条件和完善的基础设施,为社会经济活动提供支持。通过利用茶产业的优势,以及有效的资源转化机制,成功将自然资源转化为经济收益,进而逐步形成第一产业与第三产业融合的可持续发展模式。

拮抗型社区面临的主要问题包括基础生活资源的短缺、经济活动的局限性、健康和安全保障不足以及自然资源的未充分利用。其中,缺乏基本物质资本及不完善的道路条件,限制了经济活动的发展。健康和安

保障的缺失进一步制约了居民的生活质量和福祉水平。虽然该类社区拥有相对丰富的自然资源,但未能有效将自然优势转化为经济发展的推动力,造成社会经济福祉与自然生态福祉之间的轻度失衡。

失调型社区的主要问题是生态环境退化和居民选择与行动自由的受限。这主要由人类活动对生态环境造成的负面影响所导致,进而限制了社区经济活动的发展,尤其是对自然资源依赖较高的经济形式。由于地理位置偏远和基础设施水平的严重落后,居民在生活方式选择和经济活动方面受到限制,从而导致社会与生态福祉间的失衡加剧。

4.3 建议

本研究通过借鉴协调型与磨合型社区的成功经验,识别拮抗型与失调型社区在社会-生态福祉耦合协调度较低的主要影响因素。结合实地调研情况,本研究通过精细化的社区规划和差异化的策略实施,从推动产业多元化、促进生态产品价值实现、构建社会资本和社会网络等方面提出优化建议。

拮抗型社区应着重促进经济多样化和提升居民生活质量,同时合理利用生态环境优势。首先,充分发挥其生态环境的优势,如设立“生态银行”等自然资源运营管理和交易平台^[52],推动生态产品的价值实现。其次,探索多元化的经济产业,提供必要的资金和技术支持,并建立完善的产品销售渠道,以拓宽市场和提升经济效益。最后,通过教育和培训提升居民的可持续发展意识和职业技能,促进社区内部社会资本的建设和社会发展的内生动力,共同推动社区和生态环境的和谐发展。

失调型社区的优化策略应当同步关注经济发展与生态环境保护。首先,应重视生态环境的修复工作,采取水土保持、植被恢复等有效措施,改善和提升生态系统服务能力。其次,采取集聚发展和极化带动的方式^[53],鼓励居民逐步向村级行政中心或服务设施较为完善的区域聚拢,促进社区内部的资源优化配置。最后,通过建立持续的监测和评估机制,确保能够及时调整政策以应对新的挑战和需求,从而有效支持社区的可持续发展。

参考文献 (References):

- [1] De Neve J E, Sachs J D. The SDGs and human well-being: a global analysis of synergies, trade-offs, and regional differences. *Scientific Reports*, 2020, 10(1): 15113.
- [2] 赵雪雁, 苏慧珍. 国家公园可持续生计研究框架及关键议题. *自然资源学报*, 2023, 38(9): 2217-2236.
- [3] Clements T, Suon S, Wilkie D S, Milner-Gulland E J. Impacts of protected areas on local livelihoods in Cambodia. *World Development*, 2014, 64: S125-S34.
- [4] 刘爽. 基于 InVEST 模型的湿地生态系统服务功能评估——以大沽河自然保护区为例[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2019.
- [5] 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.
- [6] 赵保国. 木林子国家级自然保护区生态系统服务功能与价值研究[D]. 恩施: 湖北民族大学, 2022.
- [7] 李文青, 赵雪雁, 杜昱璇, 马平易. 秦巴山区生态系统服务与居民福祉耦合关系的时空变化. *自然资源学报*, 2021, 36(10): 2522-2540.
- [8] 黄颖利, 乔振华, 邹为涛, 秦会艳, 张祥华. 基于 ISM 的国家森林公园生态福利供给系统评价指标体系研究. *生态学报*, 2021, 41(10): 4090-4098.
- [9] 朱洪革, 付玉竹, 张少鹏. 重点国有林区劳动力就业及其家庭福利效应研究. *农林经济管理学报*, 2020, 19(2): 190-199.
- [10] 郑杰. 农户生态福祉与生态保护行为的关系研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2020.
- [11] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [12] Cullen-Unsworth L C, Nordlund L M, Paddock J, Baker S, McKenzie L J, Unsworth R K F. Seagrass meadows globally as a coupled social-ecological system: implications for human wellbeing. *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 83(2): 387-397.
- [13] Liu J G, Dietz T, Carpenter S R, Folke C, Alberti M, Redman C L, Schneider S H, Ostrom E, Pell A N, Lubchenco J, Taylor W W, Ouyang Z Y, Deadman P, Kratz T, Provencher W. Coupled human and natural systems. *Ambio*, 2007, 36(8): 639-649.
- [14] Liu L M, Wu J G. Ecosystem services-human wellbeing relationships vary with spatial scales and indicators: the case of China. *Resources, Conservation and Recycling*, 2021, 172: 105662.
- [15] Cruz-Garcia G S, Sachet E, Blundo-Canto G, Vanegas M, Quintero M. To what extent have the links between ecosystem services and human well-being been researched in Africa, Asia, and Latin America? *Ecosystem Services*, 2017, 25: 201-212.
- [16] Li S H, Yu D Y, Li X Y. Exploring the impacts of ecosystem services on human well-being in Qinghai Province under the framework of the sustainable development goals. *Journal of Environmental Management*, 2023, 345: 118880.
- [17] 熊鹰, 侯珂伦, 郑偲睿, 张坤, 杨天浩, 赵丹丹, 孙冰, 陈雷. 基于结构方程模型的南方丘陵山地农户福祉与生态系统服务关系——以广东省乐昌市为例. *热带地理*, 2020, 40(5): 843-855.

- [18] 梁秀琴, 冯强, 段宝玲. 晋西黄土高原矿区生态系统服务与居民福祉空间耦合特征. 水土保持通报, 2022, 42(6): 400-408.
- [19] 周李磊, 苏湘媛, 向洪莉, 官冬杰. 重庆市生态系统服务与人类福祉耦合关系模拟. 中国环境科学, 2023, 43(5): 2560-2573.
- [20] 邱坚坚, 刘毅华, 袁利, 陈澄静, 黄清瑶. 人地系统耦合下生态系统服务与人类福祉关系研究进展与展望. 地理科学进展, 2021, 40(6): 1060-1072.
- [21] 李雪敏, 李同宁, 李道政, 马文琪. 内蒙古县域生态系统服务与居民福祉耦合协调关系时空特征及影响因素研究. 干旱区资源与环境, 2023, 37(7): 27-37.
- [22] 吴冉, 刘艳, 孔涵, 郑朋飞, 覃文艺. 长江经济带耕地利用效率与生态系统服务耦合关系研究. 长江流域资源与环境, 2024, 33(2): 300-309.
- [23] Wang B J, He S Y, Min Q W, Yang X. Conflict or coexistence? Synergies between nature conservation and traditional tea industry development in Wuyishan National Park, China. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2023, 6: 991847.
- [24] 耿艺伟, 陈伟强, 张金鑫, 杨一鸣, 马月红. 目标差异化的双层级村庄分类与布局优化. 农业工程学报, 2022, 38(4): 278-286.
- [25] 蔡国英, 尹小娟, 赵继荣. 青海湖流域人类福祉认知及综合评价. 冰川冻土, 2014, 36(2): 469-478.
- [26] 李魁明, 姚罗兰, 石云, 张达, 林裕梅. 黄河流域城乡居民福祉测度及其时空演变. 生态经济, 2022, 38(11): 222-229.
- [27] 胡美娟, 李在军, 丁正山, 周年兴, 秦东丽, 张柳. 基于三维福利的城市生态福利强度及驱动模式——以长三角地区为例. 自然资源学报, 2021, 36(2): 327-341.
- [28] 陈昊, 巩芳, 陈都兰. 草原生态系统服务价值与牧民居民生态福祉耦合协调关系及其异质性研究. 草业学报, 2023, 32(11): 1-16.
- [29] Xu Z H, Wei H J, Fan W G, Wang X C, Zhang P, Ren J H, Lu N C, Gao Z C, Dong X B, Kong W D. Relationships between ecosystem services and human well-being changes based on carbon flow—a case study of the Manas River Basin, Xinjiang, China. *Ecosystem Services*, 2019, 37: 100934.
- [30] 李昂, 杨琰琰, 师荣光, 胡斯威, 米长虹. 居民福祉及其与生态系统服务的关系研究进展. 农业资源与环境学报, 2022, 39(5): 948-957.
- [31] Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 2009, 325(5939): 419-422.
- [32] Turner B L 2nd, Kasperson R E, Matson P A, McCarthy J J, Corell R W, Christensen L, Eckley N, Kasperson J X, Luers A, Martello M L, Polsky C, Pulsipher A, Schiller A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, 100(14): 8074-8079.
- [33] 刘玉斌. 中国海岸带典型生态系统服务价值评估研究[D]. 烟台: 中国科学院大学(中国科学院烟台海岸带研究所), 2021.
- [34] 吕泳洁. 社会-生态系统耦合视角下的三江源国家公园可持续发展综合测度[D]. 兰州: 兰州大学, 2022.
- [35] 刘迪, 陈海, 王麒麟, 张杰, 石金鑫. 黄土丘陵沟壑区村庄生态系统服务对人类福祉的影响机理——以陕西省米脂县为例. 水土保持研究, 2024, 31(3): 69-78.
- [36] 潘翔, 吴娜, 徐中民, 邓晓红, 宋晓谕, 石培基. 精准扶贫视角下生态系统服务与多维贫困耦合协调差异: 以甘肃秦巴山贫困核心区为例. 生态与农村环境学报, 2020, 36(7): 879-889.
- [37] 代光烁, 娜日苏, 董孝斌, 余宝花. 内蒙古草原人类福祉与生态系统服务及其动态变化——以锡林郭勒草原为例. 生态学报, 2014, 34(9): 2422-2430.
- [38] 唐琼, 王文瑞, 田璐, 王伟伟. 沙漠-绿洲过渡带农户福祉认知和综合评价——以沙坡头为例. 干旱区资源与环境, 2017, 31(5): 51-56.
- [39] 杨莉, 甄霖, 李芬, 魏云洁, 姜鲁光, 曹晓昌, 龙鑫. 黄土高原生态系统服务变化对人类福祉的影响初探. 资源科学, 2010, 32(5): 849-855.
- [40] 王凤春, 郑华, 张薇, 王慧, 彭文佳. 农户生计与生态系统服务关系的区域差异及驱动机制——以密云水库上游流域为例. 应用生态学报, 2021, 32(11): 3872-3882.
- [41] 杨瑾, 王忠伟, 庞燕. 基于熵权 TOPSIS 法的油茶产业发展绩效评价. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(12): 168-177.
- [42] 苏寒云. 生态脆弱区居民生态福祉感知与影响因素研究[D]. 保定: 河北大学, 2021.
- [43] 谢秋逸, 常直杨. 江苏省公共文化设施空间结构及驱动因素——从数量统计到效能评价. 南京师大学报: 自然科学版, 2023, 46(4): 50-59.
- [44] 邱天琦, 王向荣. 基于 InVEST 模型的长株潭城市群生境质量时空演变分析研究. 林业资源管理, 2022(5): 99-106.
- [45] 陈强强, 杨凌, 郝旭然. 甘南黄河水源补给区生态系统服务与农户生计耦合协调分析. 草地学报, 2023, 31(8): 2471-2480.
- [46] 邱坚坚, 刘毅华, 陈澄静, 黄清瑶. 生态系统服务与人类福祉耦合的空间格局及其驱动方式——以广州市为例. 自然资源学报, 2023, 38(3): 760-778.
- [47] 宋振江, 吴宝妹. 秦岭大熊猫自然保护区群“社会-生态”系统协调发展及时空格局研究. 陕西林业科技, 2022, 50(1): 66-75.
- [48] 刘琳轲, 梁流涛, 高攀, 范昌盛, 王宏豪, 王瀚. 黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系及交互响应. 自然资源学报, 2021, 36(1): 176-195.
- [49] 刘浩, 张毅, 郑文升. 城市土地集约利用与区域城市化的时空耦合协调发展评价——以环渤海地区城市为例. 地理研究, 2011, 30(10): 1805-1817.
- [50] 李康玮, 曾贤刚, 王琦. 淮南市煤炭开发强度与生态系统服务耦合关系及驱动因素研究. 生态与农村环境学报, 2023, 39(6): 723-733.
- [51] 胡继然, 姚娟. 基于草地生态系统服务认知的牧民生计选择——以新疆喀拉峻天山世界自然遗产地为例. 生态学报, 2022, 42(16): 6534-6542.
- [52] 李冰强, 康星. “生态银行”嵌入自然资源资产管理的制度化构建. 经济问题, 2023(11): 8-16.
- [53] 雷会霞, 敬博, 朱依平. 自然保护地体系下的秦巴山脉区域乡村振兴发展战略与模式研究. 中国工程科学, 2020, 22(1): 96-110.