

DOI: 10.20103/j.stxb.202404260952

李从治, 潘滢, 尹伟伦, 兰思仁. 微观尺度下乡村生态系统文化服务供需匹配特征——以宁德市廉村为例. 生态学报, 2025, 45(5): 2243-2254.

Li C Z, Pan Y, Yin W L, Lan S R. Supply and demand matching characteristics of rural cultural ecosystem services at micro scale: a case study of Lian Village in Ningde City, China. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(5): 2243-2254.

微观尺度下乡村生态系统文化服务供需匹配特征 ——以宁德市廉村为例

李从治¹, 潘滢², 尹伟伦³, 兰思仁^{1,*}

1 福建农林大学风景园林与艺术学院, 福州 350002

2 马来亚大学建筑环境学院, 吉隆坡 50603

3 北京林业大学生物科学与技术学院, 北京 100083

摘要:从微观尺度视角探究乡村生态系统文化服务供需关系,有助于乡村精准提升文化服务功能,对解决乡村资源错配问题,促进乡村高质量发展具有重要意义。以福建省廉村为研究对象,利用公众参与地理信息系统进行微观尺度的生态系统文化服务量化,建立乡村生态系统文化服务供需评价指标体系,进行耦合协调指数和空间自相关分析,确定廉村文化服务供需空间匹配特征。结果表明:(1)廉村三种文化服务类型中游憩休闲评分最高,美学体验次之,科教人文最低。在空间分布上,游憩休闲与美学体验空间分布相似,高值区域集中在古榕树及溪边,科学文化高值区域在宗祠及薛令之雕像区域。(2)文化服务供给区域集中在廉村聚落及其周边,其中以东侧城墙入口处以及南侧城墙入口处供给能力最强。需求区域相对分散,以廉村主入口区域需求最高,聚落内北部居民点、古官道、自助茶室以及沙洲处也出现高值点。(3)整体上供需耦合协调关系可分为两部分,一是聚落及周边区域处于较为协调状态,二是聚落外围区域供需关系稍显失调。其中濒临失调区域占比 54.69%,轻度失调区域占比 27.03%,协调区域占比 18.28%。(4)根据供需匹配结果,将廉村空间分为四类,文化服务表现良好区、重点改进区、额外潜力区以及缓慢改进区。建议优先针对重点改进区,即沙洲东南区域和聚落北侧入口处,进行资源配置,能够实现资源效果收益最大化。总体来看,廉村内部空间中存在不同程度的文化服务供需错配,基于评估结果为廉村精准提升文化服务水平提供相应建议。

关键词:乡村生态系统;生态系统文化服务;供需匹配;公众参与地理信息系统;空间自相关分析;耦合协调分析

Supply and demand matching characteristics of rural cultural ecosystem services at micro scale: a case study of Lian Village in Ningde City, China

LI Congzhi¹, PAN Ying², YIN Weilun³, LAN Siren^{1,*}

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

2 Faculty of Built Environment, University of Malaya, Kuala Lumpur 50603, Malaysia

3 College of Biological Sciences and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: Examining the supply-demand relationship of rural cultural ecosystem services at a micro scale enables villages to precisely enhance cultural service provision, which is of great significance in solving the problem of mismatch of resources in villages and promoting the high-quality development of villages. Taking Lian Village in Fujian Province as the research object, this study uses a Public Participation Geographic Information System (PPGIS) to quantify cultural ecosystem services at a micro scale. Additionally, a supply and demand evaluation index system for rural cultural ecosystem services was established. The coupling coordination index and spatial autocorrelation analysis were conducted, ultimately determining

基金项目:第一批双创人才第一阶段支持经费(K8615001A);国家林业局森林公园工程技术研究中心运行补助(KHD18102A)

收稿日期:2024-04-26; **网络出版日期:**2024-11-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lsr9636@163.com

the spatial matching characteristics of the supply and demand of cultural services in Lian Village. The results show that: (1) Of the three cultural service types in Lian Village, leisure and recreation is most highly rated, followed by aesthetics, while science and cultural services are the least favored. Spatially, the distribution of leisure and recreation and aesthetic services mirrors each other, predominantly high in the vicinity of the ancient banyan tree and streamside, whereas science and culture services are notably concentrated around the ancestral temple and the statue of Xue Lingzhi. (2) The supply areas of cultural services are concentrated in the Lian Village settlement and its surrounding areas, with the strongest supply capacity at the eastern wall entrances and southern wall entrances. The demand areas are relatively dispersed, with the highest demand at the main entrance of Lian Village. High-demand points also appear in the northern residential area within the settlement, the ancient official road, the self-service tea house, and the sandbank. (3) The overall supply-demand coupling and coordination showed two aspects: the settlement and its surrounding areas were well-coordinated, while the peripheral areas of villages exhibited a slight mismatch. Among these, the near-imbalanced areas account for 54.69%, mildly imbalanced areas account for 27.03%, and coordinated areas account for 18.28%. (4) Based on the supply-demand match results, Lian Village was categorized into cultural service performance good area, key improvement area, additional potential area, and slow improvement area. Priority should be given to allocating resources to key improvement areas, specifically the southeastern sandbank area and the northern entrance of the settlement, to optimize resource efficiency and maximize benefits. Overall, there are different degrees of mismatches between the supply and demand of cultural services in the internal space of Lian Village, and based on the assessment results, we provide corresponding recommendations for Lian Village to accurately improve the level of cultural services.

Key Words: rural ecosystems; cultural ecosystem services; matching supply and demand; public participation geographic information system; spatial autocorrelation analysis; coupling coordination analysis

生态系统文化服务(Cultural Ecosystem Services, CES)是指人类通过精神满足、认知能力的发展、反思、娱乐以及审美体验等从生态系统中获取非物质效益^[1-2],随着人类对精神类产品需求的提升,CES在人类生活中的作用日益重要。人类在生态系统中进行各种行为获得不同的非物质收益,从而形成不同的CES供给与需求关系。随着乡村振兴战略的提出,我国乡村迎来了巨大发展,乡村的全面发展带来了乡村生态系统服务功能的动态演变,同时也影响着人类在乡村中的行为,导致乡村CES供需之间带来变化,因此,对乡村CES供需关系进行评估有助于提升人类在乡村区域的福祉,并能引导乡村空间进行高质量发展。

我国乡村地域广袤、资源丰富,是生态系统重要组成部分,在维持生态稳定、传承传统文脉、提供休闲功能等方面发挥重要功能。乡村振兴虽然带来了乡村的高速发展,但也暴露出众多乡村问题,其中资源错配问题就是乡村所亟待解决的问题。较多乡村都存在建设资金短缺的问题,资金来源主要依靠政府财政拨款,在资金有限的情况下,如何合理分配乡村建设资金,实现乡村提升效果最优的目标,成为我们必须面对的难题,乡村中不同区域资源条件大相径庭,如若无法正确识别各类资源特征,进行精准开发,势必会带来资源浪费,甚至是资源永久性的毁坏。已有学者尝试从CES供需关系作为切入点,形成了丰硕成果,但多数研究都是从较大尺度展开,具体从微观尺度进行乡村CES探究的研究较少^[3-7],如以地级市为研究范围进行CES供需探讨,或者以流域作为研究范围,此种探讨可以从宏观层面指导资源配置,但是无法解决乡村空间上的资源配置问题,因此本文从微观尺度对乡村CES供需关系进行探讨,梳理乡村内部空间的CES供需关系,帮助我们在微观尺度上确定空间问题的突破点,准确解决乡村的资源配置问题。供需关系研究一直是生态系统服务研究的重要内容,已经形成丰富的研究成果^[8-10],CES由于量化及制图困难,针对CES供需关系的研究目前尚处于起步阶段。目前CES供给指标以CES量化为核心,结合可达性、POI数据等进行测度^[11-13],需求指标则方法较多,如以人口密度为核心进行测度、利用POI数据计算、以重要性作为需求参照以及通过可视程度计算需求程度等^[14-17]。

相较于供给、调节、支持服务,由于 CES 具有无形性及感知特性,受感知个体差异的影响较大,因此,目前 CES 的研究热点集中在 CES 的量化及制图表达。CES 量化主要分为 2 种方式:货币化核算与模型估算,其中货币化核算处在主导地位^[18—23]。货币化核算主要分为直接市场法、间接市场法和意愿调查法,此方式容易忽略 CES 类别的复杂性,且过于主观^[24—25]。模型估算法主要模型有 InVEST 模型、ARIES 模型、Maxent 模型等,此方式也存在忽略 CES 感知特性的弊端^[17,26]。同时,上述两种方式均适合大、中尺度区域的 CES 量化,无法对小尺度进行具体评估。公众参与地理信息系统(Public Participation Geographic Information System, PPGIS)基于受众主动参与地理信息调查,不仅有助于获取受众 CES 感知信息,并能与地理空间数据进行结合,还可以从小尺度视角探讨 CES 特征^[27—28]。近年来随着互联网平台发展,PPGIS 不再受限于调查载体,利用微信小程序和网页极大提高了数据获取效率,成为与感知相关的地理信息获取的重要方式。基于此,以福建省廉村为研究区,结合 PPGIS 数据及 GIS 数据,建立乡村 CES 供需指标体系,并进行量化制图,通过空间自相关分析及耦合协调分析,确定廉村 CES 供需匹配特征,为廉村 CES 的提升提供精确的空间开发建议。

1 研究区概况

廉村地处闽东地区,为福建省宁德市下辖行政村(图 1)。宁德市是中国东南沿海休闲度假和生态旅游的胜地,生态资源丰富,人文底蕴深厚。廉村是宁德地区发展乡村旅游的代表性乡村,是唐代“开闽第一进士”薛令之的故乡,村名为唐肃宗敕封,是一个以“廉文化”为核心,具有明清建筑风貌、古代商埠特色、传统古堡防御和完整宗族聚居体系的山水田园传统村落。廉村村域面积 2.7km²,2023 年数据显示,户籍人口 2600 人,常住人口 1800 人。近年来,廉村陆续被评为“中国历史文化名村”、“第一批中国传统古村落”、“第一批全国乡村旅游重点村”、“全国生态文化村”、“中国乡村旅游模范村”,成为远近闻名的文化村、生态村、旅游村。此外,廉村现状景观格局明确,以聚落为核心的生活空间、以农田茶园为核心的生产空间、以溪流沙洲为核心的生态空间共同组成了廉村丰富的空间格局,为微观尺度提供了空间基础,因此以廉村作为探究微观尺度下乡村 CES 供需关系的研究区域具备典型性和代表性。

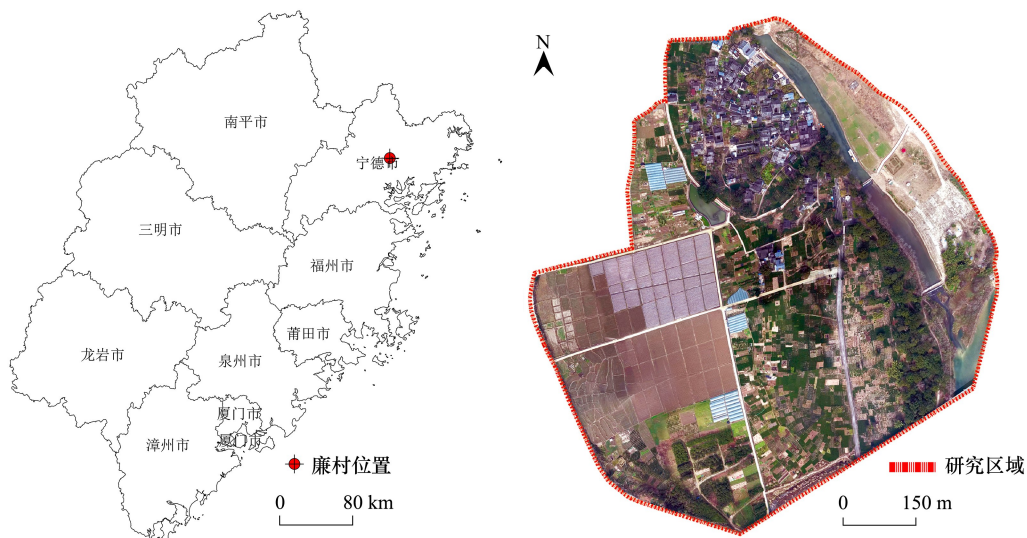


图 1 研究区域位置

Fig.1 Location of the study area

2 数据与方法

2.1 乡村 CES 供需指标与数据量化

本研究从微观尺度视角出发,构建符合乡村内部空间的 CES 供需指标体系(表 1),探究乡村 CES 供需匹配特征。

表 1 乡村 CES 供需评价指标

Table 1 Rural CES supply and demand indicators

类别 Category	指标 Indicator	指标含义 Meaning of the indicator
供给 Supply	CES 感知	游客和居民对乡村各个区域 CES 的感知强度。CES 感知强度越大,说明此区域的 CES 供给越大。
	可达性	游客和居民依托乡村内部道路到各个区域的步行可达性。可达性越大,反映此区域 CES 供给能力越大。
需求 Demand	游客密度	单位面积的游客数量。游客越多,说明该区域需求越大,反之,需求则越小。
	居民密度	单位面积的居民数量。居民越多,反映此区域需求越大,反之,需求则越小。
	商业密度	单位面积的商业点数量。商业密度越大,反映该区域人群会越多,CES 需求也就越大,反之,需求则越小。

CES:生态系统文化服务 Cultural ecosystem services

假设各供给指标具备同等重要性,对 CES 感知和可达性运用加权平均,进行乡村 CES 供给测量。计算式如下:

$$S = \frac{P+A}{2} \quad (1)$$

式中, S 表示乡村 CES 供给, P 为 CES 感知, A 为可达性。

假设各需求指标权重均等,对游客密度、居民密度和商业密度运用加权平均,进行乡村 CES 需求测量。计算式如下:

$$D = \frac{VD+RD+CD}{3} \quad (2)$$

式中, D 表示乡村 CES 需求, VD 为游客密度, RD 为居民密度, CD 为商业密度。

2.2 乡村 CES 供给指标数据来源与处理

2.2.1 乡村 CES 类型

Costanza 提出的 CES 包含美学、艺术、教育、精神和科学价值 5 个类型,Sagie 等进行补充,扩展至精神传统、健康、教育科研、游憩运动、美学、旅游、地方感 7 个类型^[29-30]。考虑到游憩运动、旅游与健康均为休闲活动或活动所得,具备关联性且容易混淆,将两者统一为“游憩休闲”;美学与艺术具备同质性,将两者合并为“美学体验”;地方感与精神传统具备同源属性,均来自对历史文化的传承,教育科普同样来源于文化内涵,三者统称为“科教人文”。鉴于此,本研究对乡村 CES 的探讨从游憩休闲、美学体验及科教人文三个方面开展。

2.2.2 PPGIS

CES 感知采用 PPGIS 进行测度,将研究范围内重要节点进行人视角拍照,把节点照片置于地图之上,便于调研对象确定地图点位,并针对乡村 CES 三个类型,对该点位进行李克特 5 分制评分,各类型评分取均值作为该点位 CES 的感知程度。相较于以往 PPGIS 所利用的 APP 形式或网页形式,借助微信小程序可以简化公众参与流程,无需下载 APP 或注册登录,可直接扫码填写,操作便捷且易于分享^[31-33]。因此,本研究将 PPGIS 功能搭载进微信小程序,利用微信小程序的用户基础获取更大量的数据。

小程序分为三个板块(图 2),一是基础问卷,获得公众人口社会学信息,包括性别、年龄、教育层次以及职业;二是 PPMAP 板块,公众根据个人感知在地图上选取相应点位对 CES 进行评分。为保证公众进行点位选择时的准确性,本研究将村内重要节点及实景图设置于对应点位,公众在地图上选择点位后可看到对应实景图,以保证所选点位即为公众所想,避免公众记忆上的失误;此外,为避免所选重要节点无法覆盖公众选择范围,小程序设置第三板块,即为自由点位选择,对第二板块未覆盖的点位进行补充评分。由于第三方地图对微观空间无法清楚表达,如腾讯地图、高德地图等,本研究地图底图以高清航拍图为基础,便于公众更加精准识别乡村具体空间位置。后台导出各点位 CES 评分,各点位综合评分计算式如下:

$$P = \frac{RL+AE+SH}{3} \quad (3)$$

式中, P 为 CES 感知, RL 为游憩休闲均值, AE 为美学体验均值, SH 为科教人文均值。假设乡村 CES 三个类型比重一样,故得出上述计算式。



图2 PPGIS 小程序界面

Fig.2 PPGIS applet interface

PPGIS:公众参与地理信息系统 Public participation geographic information system

调研小组于2023年11月至2024年2月,选取2个工作日和3个假日(包括春节1天、普通双休日2天)进行PPGIS调研。共计回收问卷323份,其中有效问卷312份,男性占比55.13%,女性占比44.87%。年龄以19—40岁占比最高,为49.04%,其次是41—59岁年龄层,占比为22.76%。职业中以企业职工占比最高为30.77%,其次是学生占比为28.53%。受教育程度以高中及以下为主,占比为36.54%,其次是高职高专占比为27.24%。调研小组对研究样地问卷所得锚点进行归类,在同一节点范围内的锚点归为同一节点空间。由于被调者感知差异,参与各节点空间评价的人数存在明显差异,为保证后续节点空间进行各类文化服务价值计算的有效性,剔除锚点次数少于20的节点空间,形成最终用于文化服务价值计算的有效空间。由于参与各有效空间文化服务价值评价属于选答项,各有效空间的评价人数是有差异的,因此进行数据可靠性分析时,需将各有效空间数据作为单独数据集进行分析,廉村共计形成40个有效空间,需要针对40组数据进行可靠性分析,而不是将40组数据合并后再可靠性分析。利用SPSS软件进行可靠性分析可得,各有效空间的回收数据克朗巴哈值最小的为0.705,最大值为0.954,符合要求。对有效空间各类文化服务价值进行均值计算,根据公式(3)计算得出该有效空间的CES感知值,利用GIS克里金插值法,计算各类文化服务价值的分布以及CES感知的整体分布(图3)。

2.2.3 可达性

可达性是人进行空间转移的基础,更是将空间中各类价值转换为人的感知的前提,因此将可达性作为CES供给指标之一。廉村道路数据以测绘图为基础,结合调研小组现场调研而得(图4)。基于微观尺度视角,乡村内部空间多为步行道,因此可达性的测度以人的步行特征为基础。考虑到游客行为特征以及村庄现状人口结构特点,步行速度取4km/h,根据道路平整度及宽度,将村内道路分为3个等级,3m以上平整道路为一级道路,1m及以下不平整道路为三级道路,其他为二级道路,一级道路步行速度为4km/h,二级道路步行速度为3km/h,三级道路步行速度为2km/h,借助GIS软件,运用OD成本矩阵法进行可达性计算,廉村可达性分布图(图4)。

2.3 乡村CES需求指标数据来源与处理

居民密度以乡村人口统计数据为基础,运用核密度分析而得(图5)。游客密度的数据基础即为游客数量在各区域的分布情况,从微观视角出发,考虑到游客与乡村内部微观尺度的关系,游客数量的数据来源借助无人机,对场地进行巡航拍照,然后统计各区域游客数量,将游客数量与微观空间进行对应。调研小组于

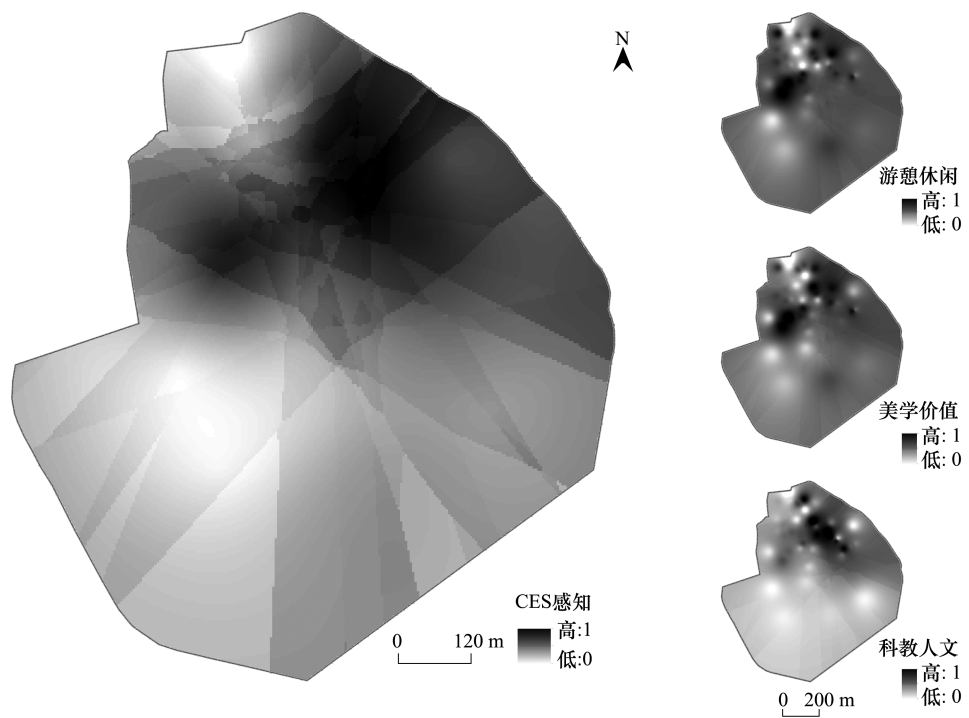


图 3 廉村 CES 分布图

Fig.3 Distribution of CES in Lian Village

CES:生态系统文化服务 Cultural ecosystem services

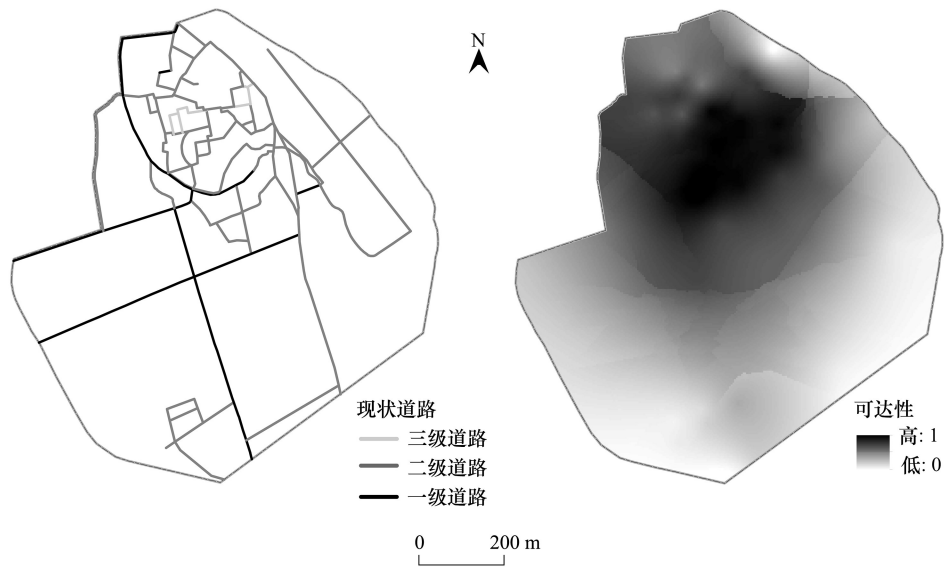


图 4 廉村现状道路及可达性分布图

Fig.4 Distribution of existing roads and accessibility in Lian Village

2023 年11 月至 2024 年 2 月,选取工作日、双休日以及法定节假日各 1 天,选取游客较多的时段进行拍照,经调研确定 15:00、17:00 两个时段作为研究时段,巡航拍照后统计各个区域游客数量,再进行核密度分析(图 5)。商业密度数据为现场调研统计而得,乡村商业空间包括餐饮行业、酒店民宿、文创商店、创意农业等。

此外,本研究也将流动摊位也纳入考量。根据商业空间的游客容量,对商业点位进行赋值,再进行克里金插值出图(图5)。

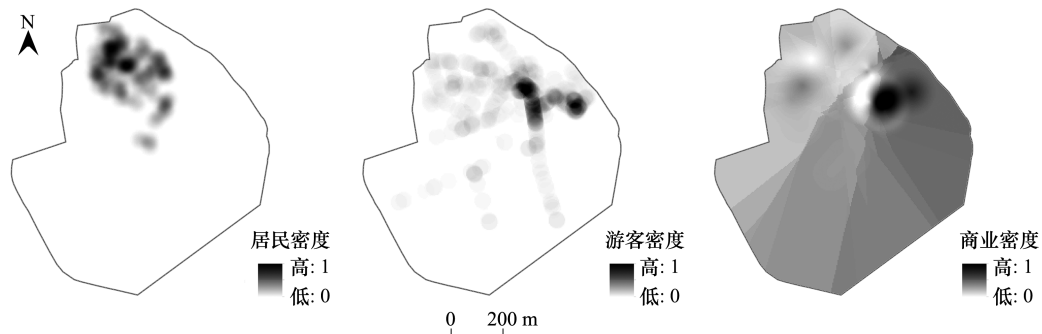


图5 廉村 CES 需求分布图

Fig.5 Distribution of CES demand in Lian Village

2.4 研究方法

2.4.1 耦合协调分析

耦合协调指数是表征多个变量间相互影响与协调一致性程度的模型^[34-35]。通常用 D 值进行衡量,运用耦合协调分析可对 CES 供给与需求的空间分布的一致性程度进行测度,确定 CES 供需之间的匹配等级,计算式如下:

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

$$C = 2 \times \sqrt{\frac{x_s \times x_d}{(x_s + x_d)^2}} \quad (5)$$

$$T = \alpha \times x_s + \beta \times x_d \quad (6)$$

式中, D 代表耦合协调指数, C 表示耦合指数, T 表示协调指数, x_s 和 x_d 分别代表乡村 CES 供给量和需求量, α 和 β 为变量系数, 本文假设 CES 供给与需求同等重要, α 和 β 均取值 0.5, D 值范围为 $[0, 1]$, D 值越大表示供需耦合协调程度越好。综合已有研究, D 值按 0.1 宽度进行匹配程度区间划分, 共分为 10 个等级, 依次是极度失调、严重失调、中度失调、轻度失调、濒临失调、勉强协调、初级协调、中级协调、良好协调以及优质协调。

2.4.2 双变量空间自相关

双变量空间自相关模型是描述地理要素的两个变量在空间上的关联特征, 由双变量 Moran's I 指数进行衡量, 分为全局指数与局部指数两种形式。本研究运用双变量局部 Moran's I 指数判断两个变量之间的空间相关性以及在高值和低值的空间聚类情况, 以揭示 CES 供需的空间匹配特征, 生成高高、高低、低高、低低以及不显著五种类别^[36-38]。计算式如下:

$$I_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma_X} \sum_{j=1}^n \left[W_{ij} \frac{Y_j - \bar{Y}}{\sigma_Y} \right] \quad (7)$$

式中, I_i 为地块 i 的局部空间自相关系数, X_i 为地块 i 的 CES 供给水平, Y_j 为地块 j 的 CES 需求水平, $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 表示供给和需求的平均值, σ_X 和 σ_Y 表示供给和需求的方差, W_{ij} 为地块 i 与地块 j 的空间权重矩阵。

3 结果与分析

3.1 乡村 CES 供给能力

以 CES 感知与可达性作为基础, 根据公式(1), 经过栅格计算器计算后, 廉村 CES 供给空间分布(图6)所示, CES 供给能力最强区域集中在廉村聚落区域, 其中以东侧城墙入口处以及南侧城墙入口处最强, 聚落区域

表现出南侧 CES 供给能力强于北侧。从乡村整体来讲, CES 供给能力呈现由聚落区域向四周减弱趋势。

从具体指标来看, 廉村 CES 感知与可达性指标在空间上也表现出一定的相似性, 两者的高值区域均在聚落附近, 但也有明显差异。CES 感知高值区域以聚落为中心向东侧沙洲延伸, 整体表现出聚落东侧城墙入口处与古榕树两个高值点。可达性感知区域则是以聚落为中心向南侧耕地延伸, 整体表现出聚落南侧城墙入口以及聚落北部十字交叉口两个高值点。CES 感知三个服务类别中游憩休闲评分最高为 0.60, 美学体验为 0.57, 科教人文最低为 0.45。三个服务类别的空间分布存在一定程度的相似, 三者高值区域均在聚落及其附近, 但也存在显著区别。CES 游憩休闲层面的高值区域主要在古榕树区域、古码头区域以及溪边, 整体呈现处东高西低的趋势。美学体验层面整体趋势与游憩休闲层面相似, 但高值区域存在一定差异, 美学体验层面高值区域主要有古榕树、世得求作照壁以及水汀步处。科教文化层面高值区域相对集中, 主要在陈氏宗祠、世得求作照壁、陈氏次祠以及薛令之雕像。

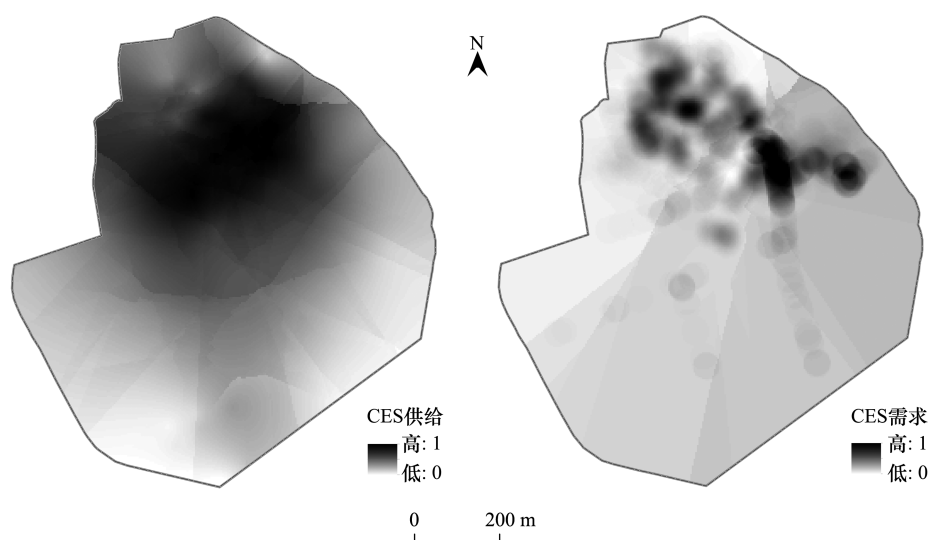


图 6 廉村 CES 供给能力及 CES 需求水平分布图

Fig.6 Distribution of CES supply capacity and CES demand levels in Lian Village

3.2 乡村 CES 需求水平

以居民密度、游客密度以及商业密度作为基础, 根据公式(2)进行栅格计算器处理, 得到廉村 CES 需求水平分布(图 6)所示, 整体呈现大分散小聚集、东部高西部低的趋势, 以廉村主入口处需求最高, 聚落内北部居民点、古官道、自助茶室以及沙洲处也出现高值点。

从具体指标来看, 居民密度、游客密度以及商业密度表现出明显的空间异质性。廉村居民密度的高值区域集中在聚落北部。游客密度的高值点主要在古树群、廉村主入口以及沙洲三个点位。商业密度的高值点与游客密度相似, 主要表现在廉村主入口以及沙洲。

3.3 乡村 CES 供需耦合协调特征

以 CES 供给与 CES 需求作为基础, 根据公式(4—6)对各数据单元进行计算, 形成廉村 CES 供需耦合协调指数(图 7), 共分为轻度失调、濒临失调、勉强协调、初级协调以及中级协调 5 个等级, 其中濒临失调区域占比最大, 为研究区域的 54.69%, 轻度失调区域占比 27.03%, 勉强协调区域占比 11.92%, 初级协调区域占比 5.35%, 中级协调区域占比 1.01%。从空间分布来看, 整体呈现由聚落向四周减弱的趋势, 供需协调区域主要分布在聚落区域、廉村主入口区域以及沙洲区域, 其中廉村主入口、古树群以及古官道区域的供需协调性表现最好。外围茶园和农田区域供需协调性表现较差, 尤其是最外围的农田, 已经表现出轻度失调的状态。

3.4 乡村 CES 供需匹配特征

对廉村 CES 供给、需求双变量进行局部空间自相关分析, Moran's I 值为 0.352, 表明 CES 供给与需求在研

究区域内存在正相关关系。根据结果可知,显著性 P 不大于 0.05 的区域占研究区域总面积的 37.59%,显著性 P 不大于 0.001 的区域占比为 22.99%。根据 CES 供需分区图(图 8),可将廉村空间分为四个类型。

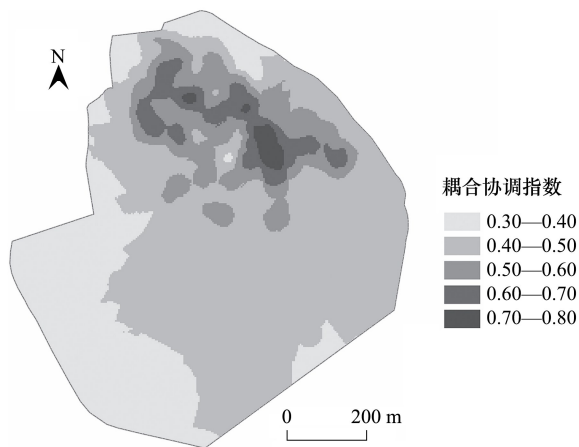


图 7 廉村 CES 供需耦合协调分布图

Fig.7 Distribution map of coupling coordination of supply and demand for CES in Lian Village

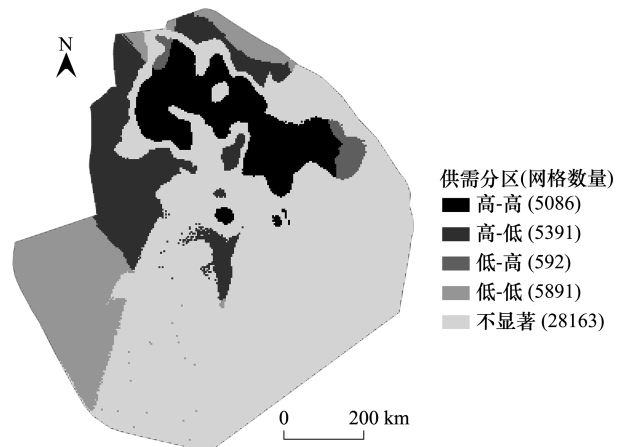


图 8 廉村 CES 供需分区

Fig.8 Partition of CES supply and demand in Lian Village

高供给-高需求区域,为文化服务表现良好区。该区域内具有较高的 CES 供给能力和需求水平,占研究区域面积的 11.27%。整体供需关系的匹配度较高,文化服务水平表现良好。该区域集中在聚落北部、廉村主入口以及沙洲处。

低供给-高需求区域,为文化服务重点改进区。该区域内具有较高的 CES 需求水平,但供给能力不足,占研究区域面积的 1.31%。该区域供需关系失衡,表现出供小于求的趋势,是村内亟需改进的空间。主要分布有两处,一是沙洲东南区域,二是聚落北侧入口处。

高供给-低需求区域,为文化服务额外资源区。该区域内具有较高的 CES 供给能力,但人们的需求水平较低,占研究区域面积的 11.95%。该区域 CES 供大于求,是廉村文化服务发展的潜力区域。集中分布在聚落西侧农田和古榕树区域。

低供给-低需求区域,为文化服务缓慢改进区。该区域 CES 供给能力和需求水平均相对较低,面积占比为 13.06%。该区域文化服务综合发展程度较低,属于缓慢发展阶段。主要分布在廉村西南处农田。

4 讨论

从研究方法上来看,本文将 PPGIS 与 CES 进行结合,构建乡村 CES 供需指标,以廉村为研究对象,从微观尺度对村内空间进行 CES 供需评价。研究表明围绕 PPGIS 所建立的 CES 供需指标及量化方法,可以将游客与居民的 CES 感知映射到具体的微观尺度空间,为乡村空间精准开发提供理论指引,可以有效解决乡村内部空间资源错配问题。但研究结果在一定程度上也受到 PPGIS 调研方式的局限性所带来的影响,PPGIS 以智能手机为载体,被调者以年轻、受教育程度较高的中青年为主,老年人和儿童相对较少,未来考虑结合传统的 PaperGIS 进行 PPGIS 调研,针对不同受众,因地制宜使用不同调研方式,以保证被调者的全面性与代表性。PPGIS 作为量化人们感知程度的手段,不仅可以解决生态系统服务社会价值无形性的难题,还适用于各种尺度的研究范围,是生态系统非物质服务供给能力测度的有效方式。此外,在需求水平的测度上,将生态系统服务需求按不同群体进行细分,既能够有效反映生态系统服务真实的需求状况,也为后续深化研究提供了讨论空间,如以不同类型人群作为切入点,探讨供需关系的差异,可为区域发展提供更为细化的建议。

从研究内容上来看,CES 供给能力方面,廉村聚落区域具有较高的文化价值,是廉村发挥文化服务的重点

区域。结果表明 CES 的三个类型之间存在一定促进作用,同一区域为人们提供文化服务的能力具有多重属性,CES 的多样性通过景观功能的多样性进行传导。廉村中 CES 游憩休闲层面和美学体验层面的空间分布具备较高相似性,两者的高值点均出现在古榕树区域以及沙洲区域,可见这两个区域的 CES 具有多样性,不同类型的 CES 并不是互不兼容的,也充分说明人们在享受游憩休闲之时,会重点选择具有较高美学价值的区域。CES 需求水平方面,廉村人员活动的区域主要集中在廉村主入口、沙洲、聚落北部以及古官道。对比居民、游客和商业三者密度分布可以发现,游客分布与商业分布具备高度一致性,均集中在廉村主入口处和古树群区域,居民分布的高值区域则完全不同,根据不同受众,应该进行差异化的文化服务提升策略,游客应当侧重科教人文方面的文化服务,居民应当以生活休闲为主。从旅游发展角度,廉村主入口以及沙洲需要重点关注,该区域不仅是廉村的入口形象之所在,更是游客重点游玩及休憩区域。此外,CES 需求主要分布在聚落城墙东侧入口经古官道至城墙南侧入口这条重点游览路线之上,因此该线路是精准提升廉村文化服务不容忽视的线路。

CES 供需错配可能导致资源过度开发或资源利用率过低这两种极端情况,了解区域内 CES 供需关系是科学进行资源管理、实现乡村可持续发展的关键,从微观尺度探究 CES 供需关系更是能为乡村空间的精准发展提供指引。从耦合协调指数来看,整体上廉村 CES 供需关系可分为两部分,一是聚落及周边区域处于较为协调状态,二是聚落外围区域,如农田和茶园区域,供需关系稍显失调。从具体空间来看,聚落北侧入口以及沙洲东南部是廉村提升文化服务的重点改进区域,重点改进区域是精准提升乡村文化服务的重中之重,是首要解决的问题,需针对区域需求特征,进行专项空间规划设计,以满足该区域的高需求。对于廉村的重点改进区域进行需求特征分析,聚落北侧入口主要需求为居民需求,是居民聚集区域,但此区域环境较差,基础设施薄弱,建议该区域从基础的环境整治开始,补充休闲设施,同时因地制宜植入当地文化。沙洲东南部是游客集聚区域,该区域现状为较为原始的游乐设施,建议对该区域进行重新规划设计,结合廉文化打造成主题园区,达到寓教于乐的目的;聚落西侧农田及古榕树区域整体表现为供大于求,属于文化服务额外资源区。对于额外资源区需要从整体空间布局出发,进行资源整合,以谋求给受众带来全方位多样化的文化服务,形成新的需求集群。廉村中额外资源区主要提供游憩休闲和美学体验类型的文化服务,因此建议增加该区域可达性,引导游客前往该区域,形成新的需求热点区域,以丰富廉村文化服务体验;聚落北部、廉村主入口以及沙洲区域,区位优势明显,文化资源丰富,属于文化服务表现良好区域,建议该区域保持现状优势,完善文化细节,在满足基础文化服务情况下,提升品质,扩大区域影响力,合理对区域进行扩展;廉村西南处农田区域供给与需求均处于较低水平,该区域为缓慢发展阶段。缓慢发展区应当分析区域特点,进行重新定位,作为文化服务的外围环节进行展开,并非必须要进行文化服务的输出而存在。建议廉村文化服务缓慢发展区域以农业产业为主,作为农特产品的种植区域,为聚落区域服务。

5 结论

基于 PPGIS 方法的乡村 CES 制图表明,廉村三种文化服务类型中游憩休闲评分最高,美学体验次之,科教人文最低。根据空间分布结果,游憩休闲与美学体验空间分布相似,高值区域集中在古榕树及溪边。科学文化高值区域在宗祠及薛令之雕像区域。

分别从 CES 供给及需求层面来看,通过可达性和 CES 感知能够对 CES 供给能力进行测度,利用居民、游客以及商业密度能够对 CES 需求进行测度。CES 供给集中在廉村聚落及其周边区域,CES 需求相对分散,以廉村主入口区域需求最高。

根据 CES 供需匹配结果,整体上廉村 CES 供需关系可分为两部分,一是聚落及周边区域处于较为协调状态,二是聚落外围区域供需关系稍显失调。从具体空间来看,将廉村空间分为四类文化服务表现良好区、重点改进区、额外潜力区以及缓慢改进区,其中表现良好区仅占 11.27%,其余区域均需要进行改造提升,特别是沙洲东南部以及聚落北侧入口区域,文化服务供小于求,作为重点改进区域需要调整升级。本研究基于微观视

角,从空间级别对乡村 CES 供需关系进行探讨,对廉村精准提升文化服务水平提供相应建议。

参考文献 (References):

- [1] Alcamo J, Ash N J, Butler C D. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment. Washington: Island Press, 2005.
- [2] 杨远丽,李瑞,杨火木,钟林生,黄梅,谢梦月. 山地旅游区生态系统文化服务供需匹配空间格局与影响因素——以贵州省为例. 生态学报, 2024, 44 (17): 7445-7460.
- [3] Brown G, Hausner V H. An empirical analysis of cultural ecosystem values in coastal landscapes. Ocean & Coastal Management, 2017, 142: 49-60.
- [4] Hoelting K R, Martinez D E, Schuster R M, Gavin M C. Advancing knowledge pluralism and cultural benefits in ecosystem services theory and application. Ecosystem Services, 2024, 65: 101583.
- [5] Santarem F, Saarinen J, Brito J C. Assessment and prioritization of cultural ecosystem services in the Sahara-Saharan region. Science of the Total Environment, 2021, 777: 146053.
- [6] 王鹏,李乐,李楠,高志强,何友均,谢和生. 国家公园生态系统文化服务的多元利益主体认知比较——基于 1073 份实证调查分析. 生态学报, 2024, 44(10): 4217-4230.
- [7] Liu Y S, Wang Z Y, Shan Z R. Research on evaluation and optimization strategies of cultural ecosystem services of rural water spaces in suzhou. Landscape Architecture Frontiers, 2021, 9(2): 38-50.
- [8] 王培家,章锦河,徐冬,马小宾,周乐莹. 国外土地生态系统服务研究进展及其对国内的启示. 地理与地理信息科学, 2023, 39(4): 77-85.
- [9] Huang M D, Xiao Y, Xu J, Liu J Y, Wang Y Y, Gan S, Lv S X, Xie G D. A review on the supply-demand relationship and spatial flows of ecosystem services. Journal of Resources and Ecology, 2022, 13(5): 925-935.
- [10] Guo Z L, Liu Y A, Zhang L, Feng C Y, Chen Y M. Research progress and prospect of ecosystem services. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022, 12(3), 928-936.
- [11] 庄思冰,龚建周,陈康林,李江涛. 粤港澳大湾区小型公园绿地生态系统文化服务的供需匹配特征. 生态学报, 2023, 43 (14): 5714-5725.
- [12] 杨丽雯,王大勇,李双成. 生态系统文化服务供需关系量化方法研究——以平陆大天鹅景区为例. 北京大学学报: 自然科学版, 2021, 57 (4): 691-698.
- [13] 陶思宇,周忠学. 基于旗舰物种的生态系统文化服务供需及流研究——以大熊猫国家公园为例. 生态学杂志, 2022, 41(8): 1643-1652.
- [14] Zhao Q Q, Li J, Liu J Y, Cuan Y D, Zhang C. Integrating supply and demand in cultural ecosystem services assessment: a case study of Cuihua Mountain (China). Environmental Science and Pollution Research International, 2019, 26(6): 6065-6076.
- [15] Meng S T, Huang Q X, Zhang L, He C Y, Inostroza L, Bai Y S, Yin D. Matches and mismatches between the supply of and demand for cultural ecosystem services in rapidly urbanizing watersheds: a case study in the Guanting Reservoir Basin, China. Ecosystem Services, 2020, 45: 101156.
- [16] Shi Q Q, Chen H, Liu D, Zhang H, Geng T W, Zhang H J. Exploring the linkage between the supply and demand of cultural ecosystem services in Loess Plateau, China: a case study from Shigou township. Environmental Science and Pollution Research International, 2020, 27 (11): 12514-12526.
- [17] Peña L, Casado-Arzuaga I, Onaindia M. Mapping recreation supply and demand using an ecological and a social evaluation approach. Ecosystem Services, 2015, 13: 108-118.
- [18] 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. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [19] Manley K, Egoh B N. Climate and biodiversity change constrain the flow of cultural ecosystem services to people: a case study modeling birding across Africa under future climate scenarios. Science of the Total Environment, 2024, 919: 170872.
- [20] Lee D K. Analysis of the potential value of cultural ecosystem services: A case study of Busan City, Republic of Korea. Ecosystem Services, 2024, 65: 101596.
- [21] Pan Y, Nik Hashim N H, Goh H C. Public perception of cultural ecosystem services in historic districts based on biterm topic model. Scientific Reports, 2024, 14(1): 11717.
- [22] 李永钧,张单阳,王珂,黄璐. 乡村生态系统文化服务供需关系研究——以浙江省湖州市为例. 生态学报, 2022, 42 (17): 6888-6899.
- [23] 钟敬秋,高梦凡,韩增林,周成虎,闫晓露. 基于生态系统文化服务的人地关系空间重构. 地理学报, 2024, 79 (7): 1682-1699.
- [24] Cheng X, Van Damme S, Li L Y, Uyttenhove P. Evaluation of cultural ecosystem services: a review of methods. Ecosystem Services, 2019,

- 37; 100925.
- [25] Ram Y, Kay Smith M. An assessment of visited landscapes using a Cultural Ecosystem Services framework. *Tourism Geographies*, 2022, 24(4/5): 523-548.
- [26] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 2006, 190(3/4): 231-259.
- [27] Brown G, Fagerholm N. Empirical PPGIS/PGIS mapping of ecosystem services: a review and evaluation. *Ecosystem Services*, 2015, 13: 119-133.
- [28] 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.
- [29] Costanza R, de Groot R, Braat L, Kubiszewski I, Fioramonti L, Sutton P, Farber S, Grasso M. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 2017, 28: 1-16.
- [30] Sagie H, Morris A, Rofè Y, Orenstein D E, Groner E. Cross-cultural perceptions of ecosystem services: a social inquiry on both sides of the Israeli-Jordanian border of the southern arava valley desert. *Journal of Arid Environments*, 2013, 97: 38-48.
- [31] 郑权一, 赵晓龙, 金梦潇, 侯毓婧. 基于体力活动服务供需平衡的城市公园布局评估与优化研究——以深圳市三区为例. *西部人居环境学刊*, 2021, 36(5): 58-64.
- [32] Brown G. Public participation GIS (PPGIS) for regional and environmental planning: reflections on a decade of empirical research. *Journal of the Urban & Regional Information Systems Association*, 2012, 24(2): 7-18.
- [33] 张文博, 郭建军, 张青萍. 基于 PPGIS 公众参与的南京锁金村社区微更新研究. *科技促进发展*, 2018, 14(1): 89-103.
- [34] Wang S J, Kong W, Ren L, Zhi D D, Dai B T. Research on misuses and modification of coupling coordination degree model in China. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(3): 793.
- [35] 王凌青, 王雪平, 方华军, 梁涛, 裴志国. 青藏高原典型区域资源环境与社会经济耦合分析. *环境科学学报*, 2021, 41(6): 2510-2518.
- [36] 占焜, 于洋, 吴秀芹. 湟水流域生态系统服务供需匹配关系. *生态学报*, 2021, 41(18): 7260-7272.
- [37] 逯璐, 李丁, 吴静芬, 李田田. 财政收支对人口迁移影响的空间格局和空间效应分析——以长江三角洲地区为例. *资源开发与市场*, 2021, 37(8): 954-961.
- [38] 安志英, 孙才志, 郝帅. 我国东北生态系统服务的供需匹配关系——基于水-能源-粮食纽带视角. *生态学报*, 2024, 44(10): 4170-4186.