

DOI: 10.5846/stxb202110192948

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.

Li Y J, Zhang D Y, Wang K, Huang L. Supply-demand relationships of cultural ecosystem services in rural areas: a case study of Huzhou City, Zhejiang Province. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(17): 6888-6899.

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

李永钧¹, 张单阳², 王珂^{1,3}, 黄璐^{3,*}

1 浙江大学环境与资源学院, 杭州 310058

2 国家林业和草原局森林资源管理司, 北京 100714

3 浙江大学新农村发展研究院, 杭州 310058

摘要: 充分利用乡村文化资源, 发挥生态系统的文化服务价值, 是满足新需求发展新经济、推动乡村文化振兴的重要路径。以浙江省湖州市的乡村区域为研究对象, 结合地理信息数据、社会调查数据和兴趣点数据(POI), 优化 Maxent 模型的要素评价体系, 对生态系统文化服务量化制图, 同时对文化服务供需水平进行空间自相关分析, 确定湖州市文化服务价值的分布特征。研究结果表明: (1) 湖州市乡村地区 3 种文化服务类型中科教人文价值最高, 自然风光价值和休闲娱乐价值次之; 休闲娱乐价值所占面积最大, 自然风光价值和科教人文价值次之。在空间分布上, 德清县北部、安吉县南部和长兴县的西北部为文化价值突出区域。(2) POI、土地利用/覆被和距道路距离是贡献度最高的 3 个要素, POI 的应用对提高结果可靠性、提升文化服务价值制图精度有较明显的积极作用; (3) 结合常住人口和旅游人口, 吴兴区的大部分区域具有最高的文化服务需求, 其余依次为安吉县的北部和中部、长兴县、德清县的东部、南浔区; (4) 根据文化服务供需匹配关系, 将湖州市乡村地区划分为发达区、需求区、潜力区、发展区, 四种类别面积相对平均但分布具有较强异质性。基于供需关系视角, 探索了乡村地区生态系统文化服务发展路径的研究方法, 为乡村文化服务综合开发奠定理论基础。

关键词: 生态系统文化服务; Maxent 模型; 莫兰指数; 兴趣点数据; 乡村地区

Supply-demand relationships of cultural ecosystem services in rural areas: a case study of Huzhou City, Zhejiang Province

LI Yongjun¹, ZHANG Danyang², WANG Ke^{1,3}, HUANG Lu^{3,*}

1 Institute of Agriculture Remote Sensing and Information Technology, College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

2 Forest Resource Management Department, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China

3 The Rural Development Academy, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

Abstract: Making full use of rural cultural resources, and realizing the values of rural cultural ecosystem services (CES) are important ways to meet the demands of urban and rural residents, develop a new economic growing field, and promote cultural revitalization in rural areas. Taking the rural areas of Huzhou City, China as an example, this study adopted geographic data, social survey data, and Points of Interest to optimize the indicator assessment system of the Maxent model, and map the cultural ecosystem services. The research also depicted the characteristics of the distribution of cultural ecosystem service values in the rural areas of Huzhou City, by analyzing the spatial autocorrelation of the supply and demand of the cultural ecosystem services. The study discovered that: (1) Among the three types of cultural ecosystem

基金项目: 国家自然科学基金项目(41971236); 国家自然科学基金项目(41701638)

收稿日期: 2021-10-19; **采用日期:** 2022-02-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: luhuang2019@zju.edu.cn

services in rural areas of Huzhou City, the value of scientific and educational services was the highest, followed by the values of aesthetic services and recreational services. The recreational services covered the largest areas of the research areas, followed by the aesthetic services, and then the scientific and educational services. In terms of spatial distribution, the north of Deqing County, the south of Anji County, and the northwest of Changxing County were the areas with high cultural service value. (2) The most important factors contributing to the Maxent model analysis were the Points of Interest, the land use and land cover, and the distance to the road. With the assistance of Points of Interest, the research enhanced the reliability of results, as well as the mapping accuracy of cultural service value. (3) Combined with the resident population and tourist population, most areas of Wuxing district had the highest demand for cultural services, and the rest were the north and middle of Anji County, Changxing County, the east of Deqing County, and Nanxun district. (4) The rural areas of Huzhou City were categorized into four categories based on the matching relationship between the supply and demand of the cultural ecosystem services. They were developed areas, demand areas, potential areas, and development areas. The geographical areas covered by the four cultural ecosystem services were similar, but the distributions of these four kinds of areas were highly heterogeneous. The purpose of this study was to explore a research method for the development path of rural cultural ecosystem services based on the perspective of supply and demand, and to provide theoretical support and suggestions for the comprehensive development of rural cultural ecosystem services.

Key Words: cultural ecosystem services; Maxent model; Moran's I index; Points of Interest; rural areas

生态系统文化服务(CES)是指人类从生态系统中获得的非物质收益,包括精神满足、思考、美学体验、娱乐和认知能力的发展等^[1]。随着人类对生态服务精神产品需求种类的增加,CES在社会-经济-自然复合生态系统中发挥着至关重要的作用,是生态系统服务的重要组成部分。

由于CES具有无形性,人们对CES感知会受到不同文化需求、不同时空尺度和不同外在条件的影响^[2]。因此,目前CES的研究热点是如何对CES进行有效量化、评估。生态系统服务评估主要分为3种方式:生物物理量评估法、价值评估法和模型模拟法^[3]。由于CES不涉及生物物理量,因此货币化估算成为量化CES的主要方式。价值评估法主要包括直接市场法、替代市场法和条件价值法,但此方法输入参数较多、操作过程复杂,容易忽略CES的多元价值属性,具有较大的主观性^[4]。评估生态系统文化服务的模型主要有MIMES模型、InFOREST模型、ESValue模型、InVEST模型、ARIES模型、Maxent模型等^[4-5]。Maxent模型探讨环境变量与特定观测点的关系,不仅可以相对客观地评估CES,还可以量化每个变量对CES的影响^[6],对CES的量化评估效果较好^[7-9]。近年来随着遥感技术和大数据的发展,社交媒体(Flickr等)数据、兴趣点(POI)数据也成为模型模拟中重要的数据来源^[10-11]。

学者对CES的研究遍及全球、区域、流域、城市绿地等空间尺度^[12-16],但专注于乡村地区的研究较少^[14]。我国乡村地区拥有悠久的传统地域文化、丰富的生态资源、多样的山水田园风貌和独特的民居建筑风格。这些都是乡村维持生态系统健康与经济可持续发展的重要基础,在传承民族优秀传统文化、维护文化多样性和特有性、缓解现代生活压力,以及为人们休憩、接触自然等方面都发挥了重要作用^[16]。

目前,我国正全面实施乡村振兴战略。湖州是中国“美丽乡村”发源地、“两山理念”诞生地,自然生态要素丰富,文化景观类型众多且极具农耕文化代表性。近年来,随着湖州乡村地区社会经济蓬勃发展,生态系统服务的供需矛盾日益突出。基于此,以浙江省湖州市的乡村地区为研究区,结合地理信息数据、社会调查数据和大数据,优化Maxent模型指标评价体系,对CES进行量化制图,确定湖州市乡村地区文化服务价值空间分布,并通过空间自相关分析研究区域文化服务供需格局。通过本研究对CES的量化制图结果,可为开展精准的乡村文化服务综合开发、制定开发强度奠定理论基础^[17]。

1 研究区概况

湖州市地处浙江省北部,下设三县两区,是连接长三角东中部地区和南北两翼的节点城市。湖州市资源

丰富,山、水、林、田、湖兼备,环境清幽;地处北亚热带季风气候区,气候温和,四季分明,降水充沛。从文化特色看,湖州历史文化价值深厚,具有以桑基鱼塘、湖丝、陆羽茶经为代表的农耕文化,以太湖溇港为代表的水利文化。

2019 年县域调查显示,湖州市面积 5820km²,户籍人口约 267 万人,其中农村人口 149 万人。2020 年,全市实现农林牧渔业增加值 149.47 亿元,增长 2.8%,增幅全省排名第一。乡村振兴考核全省第一、农业现代化发展水平综合评价六连冠;县域数字农业农村平均发展水平连续两年获全省第一。2019 年被列入首批部省共建乡村振兴示范省创建市。本研究依据国家统计局制定的《统计用区划代码和城乡划分代码编制规则》(国统字〔2009〕91 号),对湖州市 2018 年城市和乡村区域进行划分(图 1)。

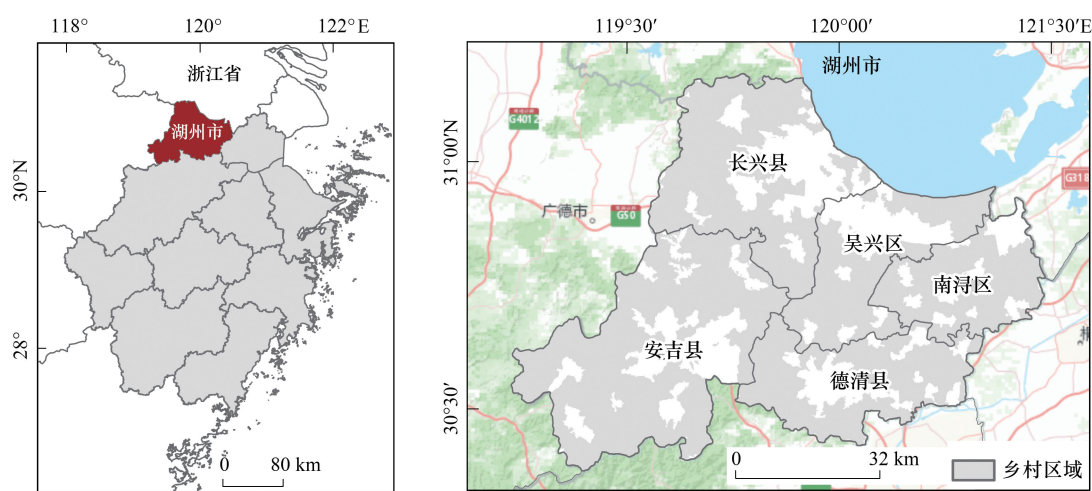


图 1 湖州市地理区位

Fig.1 Location of Huzhou city

2 数据来源与研究方法

2.1 研究方法

本文主要通过 Maxent 模型和空间自相关的方法对乡村生态系统文化服务的供需关系进行研究。主要分为以下 3 个步骤(图 2):(1)基于自然地理数据、POI 和社会调查数据通过 Maxent 模型对 CES 的供应能力进行评价,并分析各环境变量的重要性和贡献率;(2)通过乡村常住人口和外来旅游人口数据计算 CES 的需求水平;(3)通过空间自相关的方法来研究 CES 供需匹配特征,并为乡村地区文化服务发展提供建议。

2.1.1 Maxent 模型

Maxent 是以最大熵理论为基础的、基于已知的不完全信息推断未知信息概率分布的数学方法,在生态学领域被广泛应用于预测物种生态位和分布研究^[18]。其原则为在满足所有已知约束的情况下,使未知区域中分布的信息熵最大^[19]。假设未知区域 x 的概率分布为 $P(x)$,研究区域内 x 的有限集合为 X ,则在 Maxent 运算中,其熵的计算公式为:

$$H(P) = - \sum_{x \in X} P(x) \ln P(x)$$

每次模拟中 Maxent 会绘制一条受试者工作特征曲线(Receiver Operating Characteristic, ROC)曲线,伪阳性率(False positive rate)为横轴,真阳性率(True positive rate)为纵轴^[20]。ROC 曲线下面积(Area Under the Curve, AUC)可作为模拟精度指标,以此来判断模拟效果好坏。AUC 分为测试 AUC(Test AUC)和训练 AUC(Training AUC),前者表示该模型应用于价值转移的潜在能力,后者表明该模型拟合程度;AUC 值越接近 1,说明模拟效果越好^[21]。

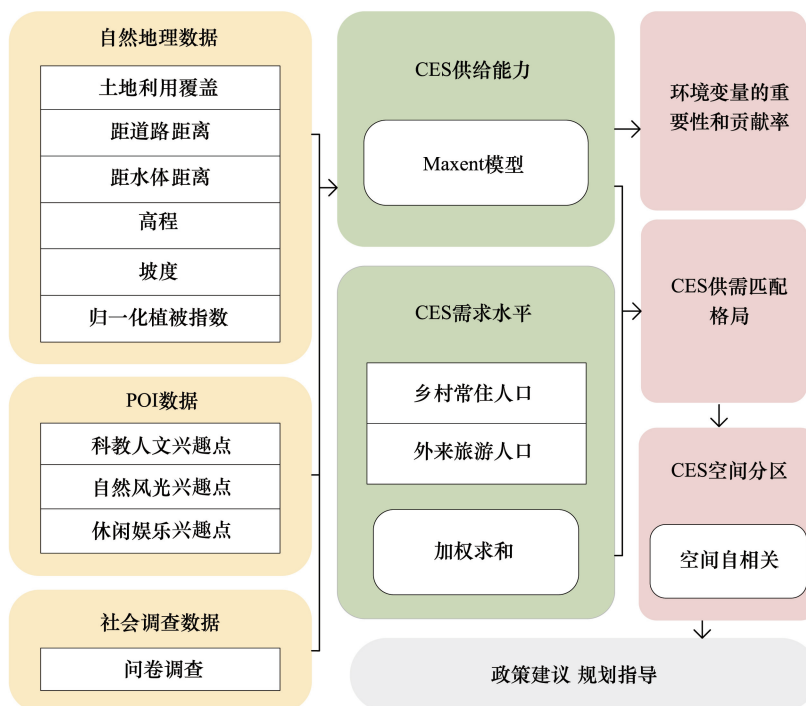


图2 研究框架

Fig.2 Research framework

CES:生态系统文化服务 Cultural Ecosystem Service; POI: 兴趣点 Point of Interest

2.1.2 空间自相关分析

空间自相关是指地理变量在不同空间区域内的某一属性值之间的相互依赖性^[22]。为了进一步探索湖州市乡村地区的供需关系匹配格局,本研究采用双变量局部莫兰指数(Bivariate Local Moran's I),将两个不同地理事物间的局部空间自相关性进行可视化表达,以此来探索 CES 供给能力和需求水平的空间集聚特征,分析二者的空间匹配格局^[23]。其计算公式如下:

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

式中, I_i 表示地块*i*的局部空间自相关系数, X_i 代表地块*i*文化服务供给能力, Y_j 代表地块*j*文化服务需求水平, $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 表示供给能力和需求水平的平均值, σ_X 和 σ_Y 表示供给能力和需求水平的方差, W_{ij} 为空间权重矩阵。本研究中采用 Queen 邻接规则创建空间权重矩阵。空间自相关分析按照供给与需求关系,生成高供给-高需求、低供给-高需求、高供给-低需求、低供给-低需求四种类别。

2.2 数据来源

2.2.1 社会调查数据

社会调查数据是 Maxent 模型重要的输入数据。本研究社会调查主要通过电子问卷的形式进行,电子问卷共包含价值取点、价值分配、个人基础信息收集 3 个部分^[24]。个人基础信息包括被调查者年龄、性别、职业、受教育程度、经常居住地与居住时间^[25]。调查对象可以按个人倾向将 100 元的假定价值分配到文化服务价值类型中,以此确定各文化服务类型的价值权重。参考千年生态评估系统(MEA)报告对 CES 的分类^[1],以及以往研究中 Maxent 模型模拟的价值体系^[26-27],结合湖州市乡村地区生态系统的文化服务特点,将 CES 划分为三类,分别为自然风光价值、休闲娱乐价值、科教人文价值,如表 1 所示。

为确保调查点有较为广泛的知名度,本研究选取了由湖州市文化广电旅游局公布的《湖州市 A 级旅游景区名录》中 3A 级及以上景点。在乡村区域范围内的景点共有 56 个(表 2),将其在 ArcGIS 10.2 中空间化并作

为 Maxent 模型模拟的训练和检验数据。

表 1 三类文化服务价值说明与举例

Table 1 Description and examples of three types of cultural ecosystem service values		
价值类型 Value types	说明 Description	举例 Examples
自然风光价值 Aesthetics value	该区域的自然景色(风景、声音、气味等)为人们提供美的享受,使人们心情愉悦且对自然的爱意	安吉江南天池景区天池美丽、群山环抱、翠竹簇拥,令人赏心悦目
休闲娱乐价值 Recreation value	该区域主要为人们提供康体、养生、养老、休闲场所,体验自然与民俗风情,适合进行户外娱乐与游憩	在吴兴移沿山生态景区,游客可以体验农家乐、休闲采摘等项目,体验乡村田园生活
科教人文价值 Scientific and educational value	该区域包括人文历史景观或重要的自然景物,可以通过研学自然科学知识,或是传承历史,获取灵感	在长兴金钉子远古世界景区,游客可以获取自然地理知识,游览远古地质遗迹,了解地质演化历史

表 2 位于湖州市乡村地区的景点

Table 2 Scenic spots in rural areas of Huzhou					
景点名称 Scenic spot name	等级 Level	景点名称 Scenic spot name	等级 Level	景点名称 Scenic spot name	等级 Level
安吉竹子博览园	4A	港廊古村落景区	3A	德清蠡山(村)景区	3A
安吉浪漫山川景区	4A	湖州含山风景旅游区	2A	德清三林景区	3A
浙北大峡谷景区	4A	湖州中国原乡小镇	4A	德清仙潭景区	3A
安吉江南天池景区	4A	吴兴移沿山生态景区	4A	德清上杨景区	3A
安吉余村两山景区	4A	吴兴金盖山景区	3A	南浔荻港景区	4A
安吉尚书休闲文化村	3A	湖州钱山漾景区	3A	南浔息塘(村)景区	3A
安吉十里景溪景区	3A	吴兴妙山(村)景区	3A	荃步景区	3A
安吉大竹海景区	3A	菰城村景区	3A	民当景区	3A
安吉高家堂景区	3A	大冲村景区	3A	福荫童心小镇景区	3A
安吉特色畚寨景区	3A	芳山村景区	3A	长兴仙山湖景区	4A
安吉藏龙百瀑景区	3A	中国台湾村·玲珑湾景区	3A	长兴水口茶文化景区	4A
刘家塘蜗牛谷景区	3A	义皋古村景区	3A	长兴城山沟景区	3A
乡野大里景区	3A	吴兴美妆小镇	3A	长兴绿野仙踪景区	3A
安吉山水统里景区	3A	吴兴驾云山景区	3A	长兴川步(村)景区	3A
德清后坞(村)景区	3A	红里山村景区	3A	长兴北汤(村)景区	3A
安吉九龙峡景区	3A	太湖哈啦王国景区	3A	长兴方一(村)景区	3A
德清莫干山景区	4A	新四军苏浙军区旧址群景区	4A	长兴顾渚(村)景区	3A
安吉清韵汤口旅游景区	3A	中国扬子鳄村景区	4A	长兴荷博园景区	3A
德清劳岭(村)景区	3A	长兴金钉子远古世界景区	4A		

2.2.2 环境指数数据

2010 年世界保护监测中心(World Conservation Monitoring Centre)发布的报告表明,衡量 CES 的指标主要为自然条件指标、中间服务指标、人类福祉指标等^[28]。本研究采用的环境要素包括自然条件指标:坡度(SLOPE)、距水体距离(DTW)、高程(ELEV)、归一化植被指数(NDVI);人为条件指标:综合性指标土地利用/覆被(LULC),以及距道路距离(DTR)等^[26](表 3)。为避免多重共线性,对环境要素在 ArcGIS 10.2 中进行相关性分析。结果显示,除高程与坡度相关性较高外,其余各变量间的相关性均小于 0.45。

2.2.3 文化服务兴趣点

随着地理空间大数据的快速兴起,兴趣点数据成为地理和社会领域中常用的数据类型^[29]。POI 数据具有信息量大、位置精准度高、业态分类明确、实时性强等特点^[30],每个 POI 都有自己的标签,如景点、餐饮。本研究根据湖州市乡村地区 3 种类型文化服务与相关产业的特点,结合以往研究^[31],对通过高德地图应用程序

接口 (Application Programming Interface, API) 获取的湖州市 2019 年 169974 个 POI 数据进行清洗、分类、筛选。采用按标签与按关键词并用的筛选方式,首先根据标签确定文化服务价值分类,再根据对应标签中按关键词筛选数据点,删除筛选中的重复项,具体筛选方式见表 4。根据湖州市乡村区域边界范围对 POI 数据进行裁剪,得到 3 种文化服务类型的 POI 集合。通过坐标转换将各 POI 点绘制于湖州市乡村区域中,结果如图 3。

表 3 环境要素指标与数据处理*
Table 3 Environmental element indicators and data processing

数据名称 Data name	数据处理方式 Data processing
土地利用/覆被 Land use and land cover (LULC)	利用 2018 年湖州市土地利用图绘制
距道路距离 Distance to road (DTR)	利用 2018 年湖州市土地利用图,通过欧氏距离计算最近道路的水平距离,最大距离设置为 5000m
距水体距离 Distance to water (DTW)	利用 2018 年湖州市土地利用图,通过欧氏距离计算最近水体的水平距离,最大距离设置为 2500m
高程 Elevation (ELEV)	从地理数据空间云 (http://www.gscloud.cn/) 下载的湖州市 DEM
坡度 Slope (SLOPE)	利用湖州市 DEM,在 ArcGIS 10.2 中计算坡度
归一化植被指数 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	利用湖州市 2018 年遥感影像,通过波段运算得到

DEM: 数字高程模型

表 4 兴趣点 (POI) 筛选方式与数量*
Table 4 Point of Interest (POI) selection method and quantity

价值类型 Value type	筛选方式 Selection method	说明 Definition	举例 Examples	数量 Number
自然风光价值 Aesthetics value	按标签:风景名胜、自然地名、普通地名 按关键词:花、草、林、松、竹、杏、梅;水、江、河、湖、溪、涧、湾、潭、泉、滩、漾、湿地、池;山、崖、峰、谷、岭、峡、坞、洞、岩、田、园	能为自然和谐共生的秀美人工景观,给人类带来美学享受的自然景物	江南碧坞、薰衣草风情园、井空里大峡谷、铜锣芥水库	853
休闲娱乐价值 Recreation value	按标签:休闲场所、风景名胜、度假疗养场所 按关键词:休闲;滑、漂、采;农庄、广场、街、山庄、城堡、园、村、舍、小镇、码头、基地、温泉	能够提供体验民俗风情,或进行自然生态中的休闲娱乐活动	冠云山农庄、安吉冰露蓝莓精品采摘园、长兴县南山漂流	1949
科教人文价值 Scientific and educational value	按标签:风景名胜、博物馆、展览馆、科技馆、科教文化场所、文化宫 按关键词:故、孝、德、儒、古、史、科、佛、道;纪念、文化、人文;庙、镇、馆、寺、宫、坊、居、亭、台、楼、阁、门、村、城、庐、邸、府、堂关、址、桥、园	具有人文历史意义的场所,能开展自然科学研究与科普教育	农兴村文化礼堂、洪城遗址、龙庭草居、清泉自然科学探索园	210

2.2.4 CES 需求数据

参考以往对 CES 需求评价的研究^[32],本文从 CES 受益者的角度出发,以受益者空间分布情况来反映 CES 需求水平的空间格局分布,湖州市乡村地区 CES 的受益者主要为乡村常住人口和外来乡村旅游人口。常住人口数据来源于英国南安普顿大学的全球人口高分辨率数据库 (WorldPOP Project)^[33],该数据库基于随机森林的分区密度再分配算法,对人口密度与多个地理和遥感变量之间的复杂非线性关系进行了建模,是迄今为止最精确的中国全域高分辨率人口数据库^[34],其空间分辨率为 100m,通过投影变换、重采样、裁剪、归一化得到湖州市 2019 年乡村地区常住人口分布情况。2019 年的外来旅游人口数据来源于《2020 湖州市统计年鉴》,按照不同县区将人口数据栅格化,以外来旅游人口数最多的吴兴区旅游人口为最大值、以 0 为最小值进行归一化处理。考虑到文化服务的多元属性与常住人口的受益时长,将两者权重均设置为 0.5。通过以上两类受益者数据加权求和得到 CES 需求水平。

3 结果与分析

3.1 乡村生态系统文化服务的供给能力

自然风光、科教人文和休闲娱乐 3 种文化服务类型的空间分布状况大致相同(图 4)。其价值较高的点成片分布于安吉县南部、德清县北部和长兴县的西北部。3 类文化服务类型中最大价值指数中科教人文价值最高,自然风光价值和休闲娱乐价值次之,最大指数分别为 10、9、7。3 种文化服务类型中休闲娱乐价值所占面积最大,自然风光价值和科教人文价值次之。为了综合考虑 3 种文化服务价值类型,将 3 种类型的价值指数进行相加并通过 ArcGIS 模糊隶属工具进行归一化处理,生成文化服务综合价值空间分布图(图 5)。从分布结果可以看出,综合价值与各文化服务类型的价值分布相似,最高的区域位于安吉县南部景区集群、德清县西部莫干山地区、长兴县水口乡顾渚村地区。

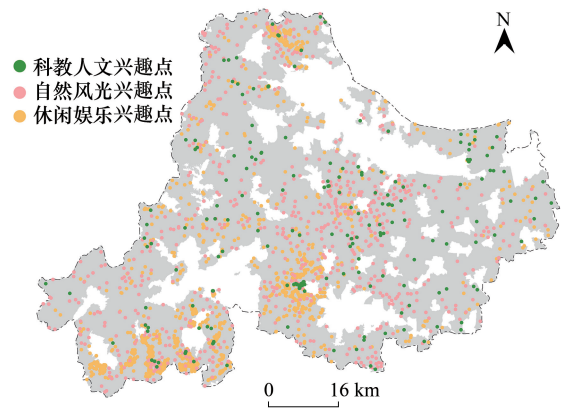


图 3 兴趣点 (POI) 点分布
Fig.3 Point of Interest (POI) distribution

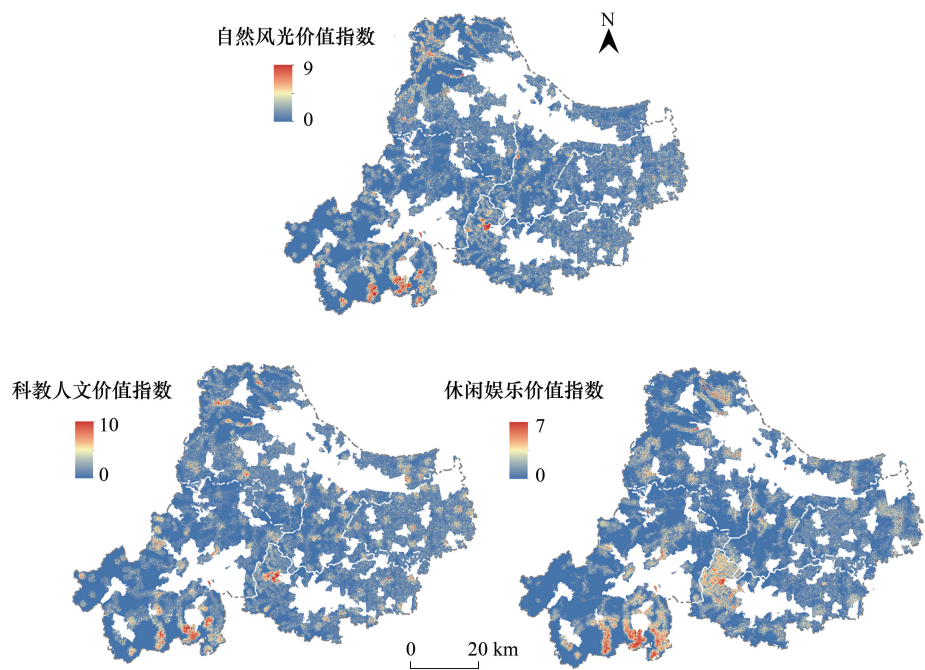


图 4 不同文化服务类型的价值评估
Fig.4 Value evaluation of different types of CES

从要素结果来看(表 5),POI、LULC、DTR 是模型模拟中较为重要的影响要素。其中,POI 对三类文化服务价值的累积贡献率最高,达到了所有要素贡献率的 50%。LULC 在每类文化服务价值模拟中都有较强作用。DTR 的累积贡献率与各价值指数都有较高的相关性,均位于前三,说明了交通条件对文化服务具有较强的促进作用。虽然 ELEV 在贡献度方面不及其他要素,但在科教人文价值和自然风光价值模拟中有较强的不可替代性。DTW、ELEV、SLOPE 在自然风光价值的贡献度远高于休闲娱乐价值,然而 NDVI 对休闲娱乐价值的贡献度比在自然风光价值中更强。

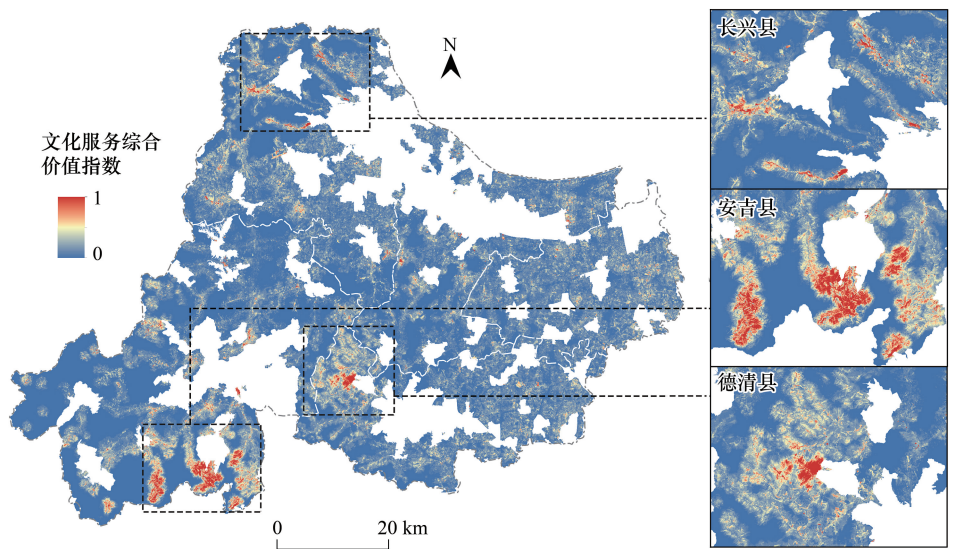


图 5 文化服务类型的综合价值评估

Fig.5 Overall value evaluation of CES

表 5 各环境变量的重要性和贡献率/%

Table 5 Contribution rate and importance of each variable

环境变量 Environmental variables	自然风光价值 Aesthetic value		科教人文价值 Scientific and educational value		休闲娱乐价值 Recreation value	
	重要性 Importance	贡献率 Contribution	重要性 Importance	贡献率 Contribution	重要性 Importance	贡献率 Contribution
LULC	9.1	15.4	13.7	15.5	11.0	14.9
NDVI	3.7	4.2	2.8	2.3	6.6	7.8
DTR	18.3	16.1	21.6	11.9	30.0	19.4
DTW	12.1	4.1	8.1	3.6	2.4	0.9
ELEV	28.3	7.4	25.1	4.9	11.5	2.7
SLOPE	7.3	6.2	9.7	6	6.5	4.4
POI	21.2	46.7	19.0	55.8	32.0	50.1

3.2 乡村生态系统文化服务的需求水平

常住人口主要分布在南浔区、吴兴区的东部和德清县的东部。旅游人口主要分布于吴兴区和安吉县。按照自然断点法,将整体需求水平划分为四个等级,分别占乡村地区总面积的 18.75%、39.70%、27.52% 和 14.02%,其需求水平随着等级的增高而增大。从整体上看,吴兴区的大部分区域具有最高的文化服务需求,其余依次为安吉县的北部和中部、长兴县、德清县的东部、南浔区(图 6)。

3.3 乡村生态系统服务的供需匹配格局

根据空间自相关结果可知,显著性 P 不大于 0.05 (置信水平 95% 以上) 的区域占乡村地区总面积的 79.87%,而 P 不大于 0.001 (置信水平 99.9% 以上) 的区域占乡村地区总面积的 64.92%。根据 CES 供需关系的冷热点图,可以将湖州市乡村地区分为四类(图 7)。

高供给-高需求:文化服务发达区。该区域内具有较高的文化服务供给能力和需求水平,占乡村地区总面积的 15.80%。整体供需关系的匹配程度较高,文化服务较为发达,该区域主要分布于安吉县东南部;长兴县夹浦镇、白岙乡、煤山镇;德清县的高桥镇、新市镇以及吴兴区内半部分乡村区域。

低供给-高需求:文化服务需求区。该区域内具有较高的文化服务需求水平,但供给能力相对较低,占乡村地区总面积的 24.88%。该区域呈现供不应求的态势的,应大力提升供给水平以满足人们对文化服务的需

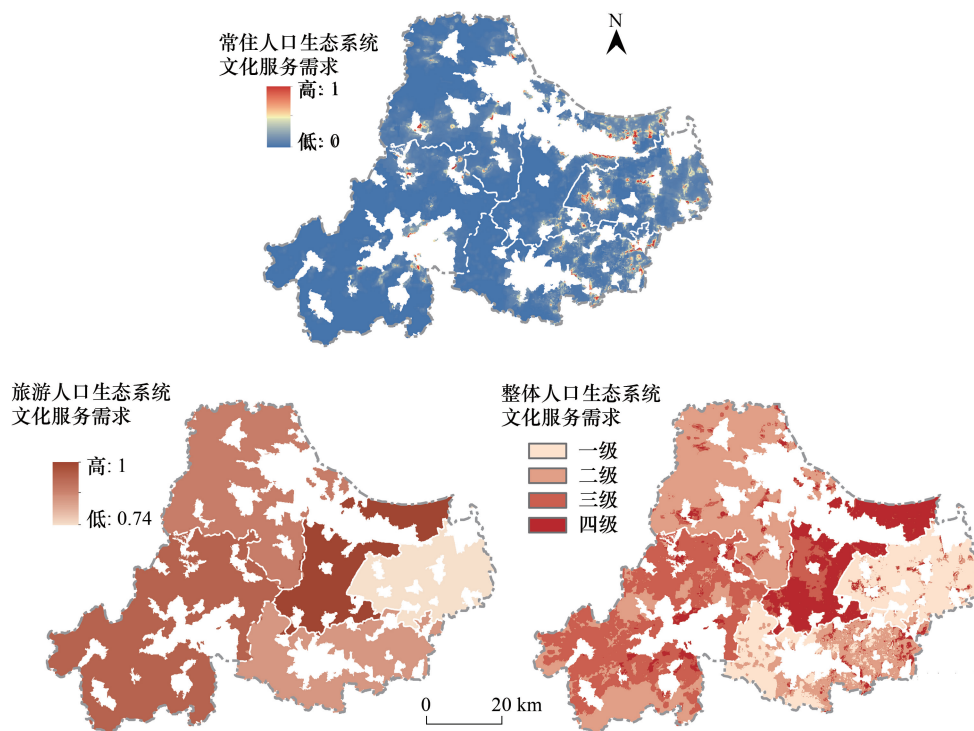


图6 乡村地区生态系统文化服务需求分布

Fig.6 The distribution of demand for CES of rural areas

求,主要分布在安吉县西北部和吴兴区内余下半部分乡村区域。

高供给-低需求:文化服务潜力区。该区域内文化服务供给能力普遍较高,但人们对该区域的文化服务需求水平较低,占乡村地区总面积的 19.91%。该区域拥有扩大文化影响力的潜力,呈现供大于求的态势。主要分布在安吉县鄣吴镇南部和浙北大峡谷周边;德清县莫干山周边和中部地区;长兴县水口乡、方一村一线、北汤村以及南浔区大部分乡村区域。

低供给-低需求:文化服务发展区。该区域内文化服务供给能力和需求水平均相对较低,占乡村地区总面积的 19.27%。文化服务综合发展程度较低,尚处于发展阶段,该区域主要分布在长兴县西北部、德清县西南部、安吉县西南部和南浔区余下小部分乡村区域。

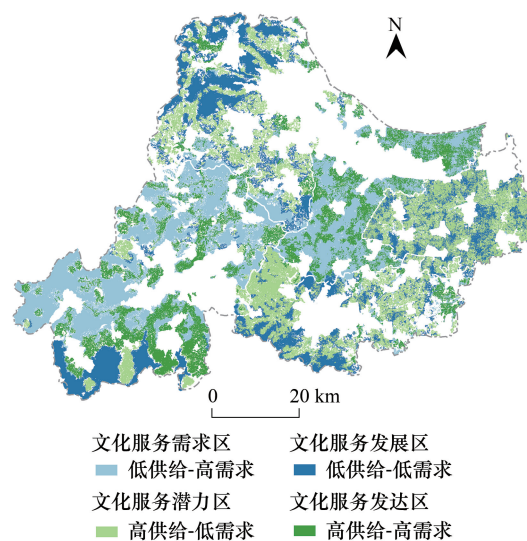


图7 乡村地区文化服务供需分区

Fig.7 Supply and demand divisions of CES in rural areas

4 讨论

本文将 Maxent 模型与 POI 数据相结合,以乡村为研究对象对 CES 进行制图和评价。本文从具有代表性的乡村景点中随机选取样本地点,研究表明 Maxent 模型可以提供稳健的空间输出。此外,本研究中 3 种价值类型的 AUC 值均在 0.9 以上,表明该模型在小样本量的情况下也具有较好的模拟效果^[35]。Maxent 模型因模拟结果优,操作便捷等优点广泛用于生物多样性和适宜性评价研究^[36—37],本研究表明其在 CES 供给制图和评估方面也具有较大潜力。

从生态系统文化服务的供给能力来看,安吉县南部景区集群、德清县西部莫干山地区、长兴县水口乡顾渚村地区具有较高的文化价值,是湖州市乡村发展的重点区。同时也表明不同文化服务之间有相互促进作用,价值较高的区域相对集中。科教人文价值指数最高,可能是受金钉子远古世界和新四军苏浙军区旧址群等历史景点的影响。休闲娱乐价值的面积最大,主要受安吉县南部景区集群、莫干山风景区、长兴县水口乡顾渚村地区的影响。王朝辉等的研究结果表明^[38],湖州市的乡村旅游呈现古镇古村、传统村落等带有文化符号的旅游景观空间行为。POI 数据的应用为研究乡村生态系统服务供给提供了更多的数据支撑,对生态系统服务供给的累积贡献率最高。在以往的生态系统服务评估中,土地利用类型和可达性等因素是影响供应能力的主要因素^[39]。湖州区域交通已形成了周边、主要城市“一小时交通圈”和“两轴一廊”的交通格局,但乡村路网的可达性与便利性还有待进一步提升。

生态系统文化服务供需关系是可持续景观规划的基础^[40-41],能为乡村的建设方向起到指引作用。安吉县乡村地区整体文化服务需求水平较高,作为中国美丽乡村和“两山理念”发源地,国内外游客对其具有较高的文化服务功能需求,安吉县东南部属于文化服务发达区,但西北部的文化服务供给能力还有较大的开发空间。德清县新市镇区位优势明显,邻近杭州、嘉兴等城市,自身文化服务供需匹配能力较好,属于文化服务发达区;而莫干山及其周边地带虽然盛名在外^[38],仍属于文化服务潜力区,要使其发挥潜能,在维持人文底蕴与生态基础的前提下,建议继续发展“洋家乐”等精品民宿产业,同时结合高新技术增加体验感,提高文化服务知名度。长兴县内的文化服务发达区主要位于太湖湖滨乡村地区、虹星桥镇北部和煤山镇,长兴县可以从区域协同上下手提升需求水平,加强与太湖周边地区民俗体验、养老养生等文化服务产业协作,开发文化体验、乡村康养等新型业态,优化与长三角核心区域的交通设施,让文化服务价值向周边辐射,发挥外来人群的推介效应。南浔区内大部分地区属于文化服务发展区或潜力区,其中发展区主要为平原内的坑塘水面等,文化服务的开发程度相对较低。相关研究表明,当地的民间艺术、饮食、生活传统是主要的文化遗产,具有社会价值和象征价值^[42]。南浔区的水乡古村及以桑基鱼塘为代表的农耕文化为乡村区域赋予了充足的文化服务供应能力,应提升农业附加值,将“农业+文化+商贸”的农事节庆活动常态化、品牌化^[43],发展全域旅游,充分利用南浔古镇的游客资源,打造配套的乡村旅游精品路线。吴兴区作为湖州市主城区,虽然乡村常住人口较少,但历年来都是外来游客的聚集地^[44],主要发挥着旅游集散、交通中转、大众餐饮等基础设施功能^[38]。吴兴区应注重文化服务的休闲娱乐功能,重点发展民俗体验、研学旅行等项目。

5 结论

Maxent 模型的价值制图结果表明,湖州市乡村地区 3 种文化服务类型中科教人文价值的最大价值指数最高,自然风光价值、休闲娱乐价值次之。根据空间分布结果,自然风光、科教人文和休闲娱乐 3 种文化服务类型价值较高的点成片分布于安吉县南部、德清县北部和长兴县的西北部。

从分析各环境要素对文化服务价值的贡献率可知,POI、LULC、DTR 在模拟中发挥着较为重要的作用,虽然 DTW、SLOPE、NDVI 在评价体系中的整体作用不明显,但每个环境要素都不可或缺。在评价体系中考虑 POI 要素,对于提高结果可靠性、提升文化服务价值制图精度有较明显的积极作用。

根据文化服务供给能力和需求水平的匹配关系,将湖州市乡村地区分为四类:文化服务发达区、需求区、潜力区、发展区。四种分区类别面积相对平均但分布具有较强异质性,本研究从供需能力匹配角度,对湖州三县两区的文化服务综合发展提出相应建议。

参考文献(References):

- [1] Reid W V, Angela H A M, Dasgupta P, Kumar T D A, May R M, McMichael T A J. Ecosystem and Human Wellbeing: Synthesis//: Millennium Ecosystem Assessment, 2005.
- [2] 戴培超, 张绍良, 刘润, 杨永均. 生态系统文化服务研究进展——基于 Web of Science 分析. 生态学报, 2019, 39(5): 1863-1875.
- [3] 毛齐正, 黄甘霖, 邬建国. 城市生态系统服务研究综述. 应用生态学报, 2015, 26(4): 1023-1033.

- [4] 张单阳. 乡村地区生态系统文化服务价值研究[D]:杭州:浙江大学, 2021.
- [5] 杨倩, 孟广涛, 谷丽萍, 方波, 张正海, 蔡雨新. 草地生态系统服务价值评估研究综述. 生态科学, 2021, 40(2): 210-217.
- [6] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 2006, 190(3/4): 231-259.
- [7] Everard M, Jones L, Watts B. Have we neglected the societal importance of sand dunes? An ecosystem services perspective. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2010, 20(4): 476-487.
- [8] Vilà M, Basnou C, Pyšek P, Josefsson M, Genovesi P, Gollasch S, Nentwig W, Olenin S, Roques A, Roy D, Hulme P E. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2010, 8(3): 135-144.
- [9] 赵玲, 王尔大, 苗翠翠. ITCM 在我国游憩价值评估中的应用及改进. 旅游学刊, 2009, 24(3): 63-69.
- [10] Yoshimura N, Hiura T. Demand and supply of cultural ecosystem services: use of geotagged photos to map the aesthetic value of landscapes in Hokkaido. *Ecosystem Services*, 2017, 24: 68-78.
- [11] Casado-Arzuaga I, Onaindia M, Madariaga I, Verburg P H. Mapping recreation and aesthetic value of ecosystems in the Bilbao Metropolitan Greenbelt (northern Spain) to support landscape planning. *Landscape Ecology*, 2014, 29(8): 1393-1405.
- [12] 蔡银莺, 张安录. 武汉市石榴红农场休闲景观的游憩价值和存在价值估算. 生态学报, 2008, 28(3): 1201-1209.
- [13] 李晟, 郭宗香, 杨怀宇, 杨正勇. 养殖池塘生态系统文化服务价值的评估. 应用生态学报, 2009, 20(12): 3075-3083.
- [14] 刘宇舒, 王振宇, 单卓然. 苏州乡村水域空间生态系统文化服务评价及其优化策略研究. 景观设计学: 中英文, 2021, 9(2): 38-49.
- [15] 王敏, 邱明, 汪洁琼, 彭英. 基于重要性——绩效表现分析的上海苏州河滨水空间文化性生态系统服务供需关系分析与优化. 风景园林, 2019, 26(10): 107-112.
- [16] 王盈丽, 徐新良, 庄大春, 董贤斌, 杨雪青, 邹好阳, 樊简, 刘雅菲. 湖南省生态系统服务供需格局演变. 生态学杂志, 2021, 40(10): 3268-3277.
- [17] 杨雪婷, 邱孝枰, 徐云, 朱付彪, 刘运伟. 典型山区生态系统服务对居民福祉影响的空间差异及动态特征——以川西山区为例. 生态学报, 2021, 41(19): 7555-7567.
- [18] Clemente P, Calvache M, Antunes P, Santos R, Cerdeira J O, Martins M J. Combining social media photographs and species distribution models to map cultural ecosystem services: the case of a Natural Park in Portugal. *Ecological Indicators*, 2019, 96: 59-68.
- [19] 郑诚, 温仲明, 郭倩, 樊勇明, 杨玉婷, 高飞. 基于 MaxEnt 模型的延河流域草本植物适生分布与功能性状分析. 生态学报, 2021, 41(17): 6825-6835.
- [20] Fielding A H, Bell J F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 1997, 24(1): 38-49.
- [21] Swets J A. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 1988, 240(4857): 1285-1293.[PubMed]
- [22] 占湉, 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.
- [23] Moran P A P. Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 1950, 37(1/2): 17-23.[PubMed]
- [24] Clement J M, Cheng A S. Using analyses of public value orientations, attitudes and preferences to inform national forest planning in Colorado and Wyoming. *Applied Geography*, 2011, 31(2): 393-400.
- [25] 付晶, 高峻, 李杰, 张中浩, 李巍岳, 鲍燕妮, 马施彤. 珠穆朗玛峰保护地生态系统文化服务空间分布及评价. 生态学报, 2021, 41(3): 901-911.
- [26] 霍思高, 黄璐, 严力蛟. 基于 SolVES 模型的生态系统文化服务价值评估——以浙江省武义县南部生态公园为例. 生态学报, 2018, 38(10): 3682-3691.
- [27] 赵琪琪, 李晶, 刘婧雅, 秦克玉, 田涛. 基于 SolVES 模型的关中-天水经济区生态系统文化服务评估. 生态学报, 2018, 38(10): 3673-3681.
- [28] Yoshimura N, Hiura T. Demand and supply of cultural ecosystem services: use of geotagged photos to map the aesthetic value of landscapes in Hokkaido. *Ecosystem Services*, 2017, 24: 68-78.
- [29] Hu Y J, Gao S, Janowicz K, Yu B L, Li W W, Prasad S. Extracting and understanding urban areas of interest using geotagged photos. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2015, 54: 240-254.
- [30] 张景奇, 陈小冬, 修春亮. 基于 POI 数据的城市蔓延测度研究——以沈阳市为例. 中国土地科学, 2019, 33(4): 93-102.
- [31] He S, Su Y, Shahhtahmassebi A R, Huang L Y, Zhou M M, Gan M Y, Deng J S, Zhao G, Wang K. Assessing and mapping cultural ecosystem services supply, demand and flow of farmlands in the Hangzhou metropolitan area, China. *Science of the Total Environment*, 2019, 692: 756-768.
- [32] Schirpke U, Candiago S, Egarter Vigl L, Jäger H, Labadini A, Marsoner T, Meisch C, Tasser E, Tappeiner U. Integrating supply, flow and demand to enhance the understanding of interactions among multiple ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 2019, 651: 928-941.

- [33] Gaughan A E, Stevens F R, Huang Z J, Nieves J J, Sorichetta A, Lai S J, Ye X Y, Linard C, Hornby G M, Hay S I, Yu H J, Tatem A J. Spatiotemporal patterns of population in mainland China, 1990 to 2010. *Scientific Data*, 2016, 3: 160005.
- [34] Bai Z Q, Wang J L, Wang M M, Gao M X, Sun J L. Accuracy assessment of multi-source gridded population distribution datasets in China. *Sustainability*, 2018, 10(5): 1363.
- [35] Swets J A. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 1988, 240(4857): 1285-1293.[PubMed]
- [36] 罗绮琪, 胡慧建, 徐正春, 丁志锋, 杨锡涛, 陈秋菊, 张春霞, 李爱英, 邹洁建, 叶冬梅, 王家彬, 张志翔, 梁健超. 基于 Maxent 模型的粤港澳大湾区水鸟多样性热点研究. *生态学报*, 2021, 41(19): 7589-7598.
- [37] 王鑫, 任亦钊, 黄琴, 邓小兵, 陈才文, 邓洪平. 基于 GIS 和 Maxent 模型的赤水河地区濒危植物桫欏生境适宜性评价. *生态学报*, 2021, 41(15): 6123-6133.
- [38] 王朝辉, 汤陈松, 乔浩浩, 张伟, 邢雨露. 基于数字足迹的乡村旅游流空间结构特征——以浙江省湖州市为例. *经济地理*, 2020, 40(3): 225-233, 240.
- [39] Bing Z H, Qiu Y S, Huang H P, Chen T Z, Zhong W, Jiang H. Spatial distribution of cultural ecosystem services demand and supply in urban and suburban areas: a case study from Shanghai, China. *Ecological Indicators*, 2021, 127: 107720.
- [40] 黄璐, 邬建国, 王珂, 张微. 可持续景观规划——融合景观可持续性研究与地理设计. *生态学报*, 2022, 42(2): 442-449.
- [41] Huang L, Xiang W N, Wu J G, Traxler C, Huang J Z. Integrating GeoDesign with landscape sustainability science. *Sustainability*, 2019, 11(3): 833.
- [42] Csurgó B, Smith M K. The value of cultural ecosystem services in a rural landscape context. *Journal of Rural Studies*, 2021, 86: 76-86.
- [43] 付洪良, 周建华. 乡村振兴战略下乡村生态产业化发展特征与形成机制研究——以浙江湖州为例. *生态经济*, 2020, 36(3): 118-123.
- [44] 熊友平. 湖州市乡村旅游发展的资源因子及其提升路径研究——基于灰色关联度分析的视角. *东北农业科学*, 2018, 43(6): 53-57.