苏南水网乡村生态系统文化服务供需关系评价与空间优化*

章 晋 丁金华 杨 阳

苏州科技大学建筑与城市规划学院 江苏苏州 215011

摘要：以苏南水网乡村苏州市吴江区为例，运用 SolVES 模型和受益人口密度识别法分别量化文化服务供给能力与需求水平，通过空间自相关及耦合协调模型分析供需空间分布及匹配特征，以期为生态系统资源的合理配置与乡村文化服务效能的提升提供客观依据。结果表明：1）吴江区生态系统文化服务供给能力整体较好，大致呈现东高西低、南北高中间低的空间分布特征；土地利用/覆被（LULC）、距道路距离（DTR）和距水体距离（DTW）是供给能力较为重要的 3 个影响要素。2）吴江区生态系统文化服务需求水平空间异质性显著，高值集中分布于太湖新城北部、汾湖高新区南部等区域。3）吴江区生态系统文化服务供需存在一定比例的错配现象，具体体现为明显的不匹配现象。最后，基于供需匹配结果，将吴江区划分为供需均衡区、供给冗余区、供给不足区和供需薄弱区，并针对性地提出优化策略。

关键词：水网乡村；生态系统文化服务；供需关系；SolVES 模型；空间优化

DOI：10.12169/zgcsly.2024.04.17.0002

Supply-demand Relationship Evaluation and Spatial Optimization of Cultural Ecosystem Services in Rural Water-Network Areas of the Southern Jiangsu

Zhang Jin Ding Jinhua Yang Yang

(School of Architecture and Urban Planning, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215011, Jiangsu, China)

Abstract: Taking Wujiang District of Suzhou City, which has a typical rural area of water-network in southern Jiangsu, the paper quantitatively assesses the supply capacity and demand level of cultural ecosystem services using the SolVES model and beneficiary population density identification method, and analyzes the spatial distribution and matching characteristics of supply and demand with spatial autocorrelation and coupling coordination models, with an aim to provide an objective basis for the rational configuration of ecosystem resources and the improvement of rural cultural service efficiency. The result shows: 1) Wujiang District has generally high supply capacity to provide cultural ecosystem services, which is spatially higher in the east and lower in the west as well as higher in the south-north direction and lower in the center. Land use/coverage (LULC), distance to road (DTR) and distance to waters (DTW) are the 3 important factors influencing the supply capacity; 2) There is obvious horizontal spatial heterogeneity in the demand level of cultural ecosystem services in Wujiang District, and the high values are concentrated in the area such as the north of Taihu New Town and the south of Fenhu High-Tech Zone; and 3) There is a

收稿日期：2024-04-17

* 基金项目：国家自然科学基金（41301191）；江苏省建设系统科技项目（2018ZD243）；江苏省高校品牌专业建设工程二期项目（风景园林）“十四五”江苏省重点学科（风景园林）

第一作者：章晋（1999- ），女，硕士生，研究方向为地域生态环境与景观规划。E-mail：gin9911@163.com

通信作者：丁金华（1973- ），女，教授，硕士生导师，研究方向为地域生态环境与景观规划。E-mail：yzdingjh@163.com

certain proportion of mismatch between supply and demand of cultural ecosystem services in Wujiang District, manifested with distinct supply-demand imbalance. Based on the supply-demand matching, Wujiang District is divided into supply-demand equilibrium areas, surplus supply areas, insufficient supply areas, and weak supply-demand areas, and targeted optimization strategies are proposed accordingly.

Keywords: rural water-network rural area; cultural ecosystem service; supply-demand relationship; SolVES model; spatial optimization

生态系统文化服务（culture ecosystem services，CES）是指人类通过认知发展、休闲娱乐及美学体验等方式从生态系统中获取的非物质收益[1]。乡村地区生态环境资源丰富，CES 功能多元[2]。乡村的 CES 供给包含提供乡村美感、游憩康养与文化传承等服务，CES 需求包含人们使用的意愿、偏好以及需求量。CES 供需关系评价能够识别供需失衡区域，为资源合理配置与布局优化提供客观依据，对提升乡村生态系统文化服务效率与推动区域协调发展具有重要作用。

现有 CES 供需研究主要侧重供给能力与需求水平量化[3-9]、供需关系评估体系构建[10-14]、供需空间特征与匹配格局[15-16]等方面。研究方法主要采用条件价值法[3,6]、参与式制图法[10]及综合指标体系法[10-11,14]等。随着遥感技术和大数据的发展，SolVES（Social Values for Ecosystem Services）、ROS（Recreation Opportunity Spectrum）等模型被引入 CES 供需评估体系，具有适用广、易操作、高精度等特点[8,16]；同时，POI 数据与社交媒体数据等大数据的采用，有助于实现 CES 供需的精准量化与评估。现有研究尺度多聚焦于区域[6-7]、城市群[13]、城市[10,14,17]等，对乡村地区，尤其是针对具有典型水网特征的苏南乡村地区进行 CES 供需关系量化评价、分析供需空间特征并提出优化策略的研究还有待丰富。

苏南地区是推行乡村振兴的先行区和现代化建设的示范区[18]。苏州市吴江区作为具有典型苏南水网乡村空间特征的地区，素有“百湖之城”“鱼米之乡”和“水乡泽国”等美誉，地域生态系统文化服务丰富且需求旺盛。然而，伴随城镇化的快速推进，传统水网乡村出现景观建设同质化、地域文化特色消减等问题，吴江区面临 CES 供需关系之间发展不平衡的矛盾。本研究以生态系统文化服务供需关系评价为视角，运用 SolVES 模型和受益群体人口密度识别法分别量化评价吴江区 CES 供给能力和需求水平，基于 CES 供需关系与空间分异特征，提出空间优化策略，以期为苏南水网地区生态系统文化服务可持续发展及生态文明建设提供科学的理论依据。

1　研究区概况

苏州市吴江区（120° 21′—120° 53′ E，30°45′—31°13′N）地处江苏省东南部，总面积约 1176.68 km^2。研究区属于平原地貌，区内河道纵横交错、湖泊星罗棋布，传统民居依水而建，具有典型的水乡风貌；区内自然景观资源丰富，历史文化底蕴深厚，生态系统文化服务多元丰富（图 1）。

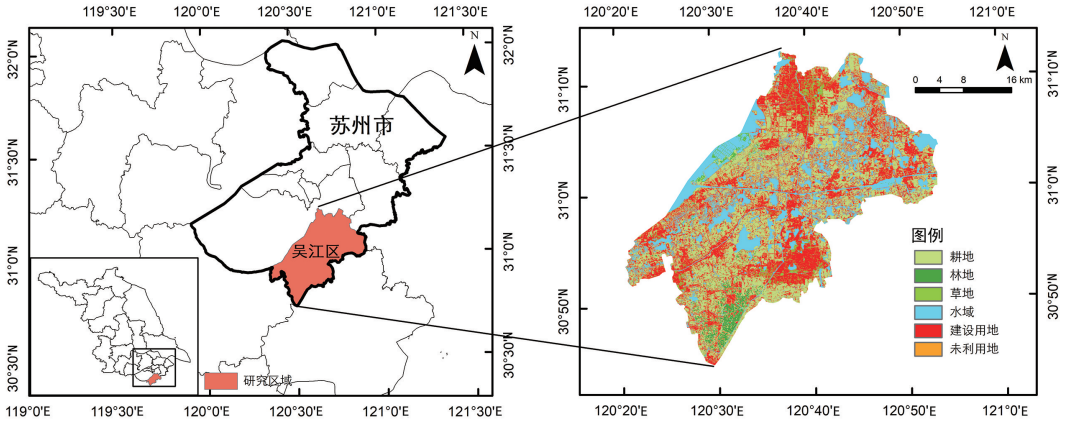


图 1　吴江区地理区位及土地利用类型图

2 研究方法

2.1 CES 供给能力评价

SolVES 模型是专精于 CES 价值评估的模型，其优势在于能对 CES 供给能力进行较为全面的量化、评估与空间可视化分析[19]，有助于实现苏南水网乡村地区 CES 供给能力的精细化评估（图 2）。

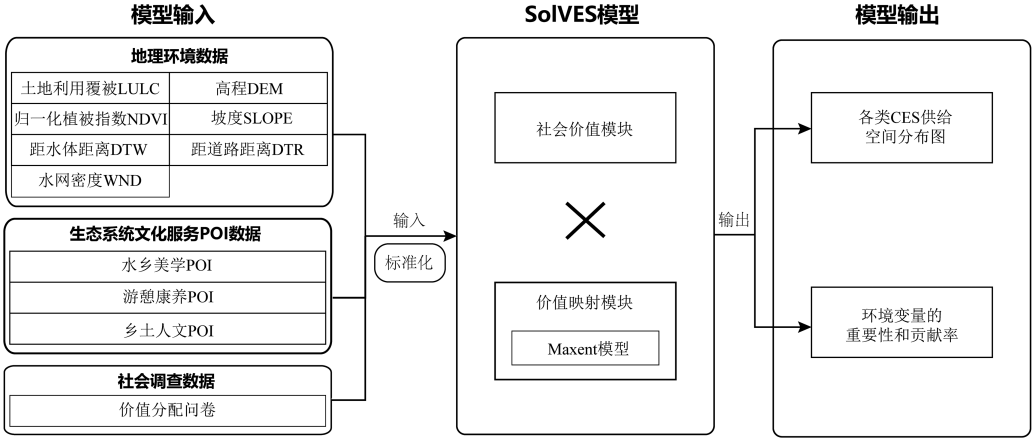


图 2 SolVES 模型评估流程

2.2 CES 需求水平评价

采用受益群体人口密度识别法对 CES 需求水平进行评价[7,9,20]。苏南水网乡村地区 CES 的受益群体主要为常住人口和外来旅游人口。其中，常住人口的需求水平通过常住人口密度进行表征，外来旅游人口的需求水平通过微博签到点核密度进行表征[21]。通过对以上两类受益者数据加权求和得到 CES 需求空间分布。公式如下：

$$F_{Di} = W_r P_{ri} + W_c P_{ci} \quad (1)$$

式（1）中：F_{Di}表示地块 i 的 CES 需求水平；W_r和W_c分别为常住人口指标和外来旅游人口指标的权重，考虑到 CES 的多元属性与两类人口的受益时长，取$W_r = W_c = 0.5$[22]；P_{ri}和P_{ci}分别为地块 i 的常住人口密度和外来旅游人口密度。

2.3 CES 供需关系分析

2.3.1 空间自相关分析

采用双变量局部自相关 CES 的供需匹配关系和空间分布特征进行可视化表达[23]。依据供给与需求关系，将空间分为高供给-高需求、高供给-低需求、低供给-高需求和低供给-低需求 4 种类别。

2.3.2 耦合协调度分析

耦合协调度能全面评价供需两者交互耦合的协调程度[24]。研究采用耦合协调度指数测度 CES 供需之间的耦合协调水平。

2.4 数据来源

2.4.1 CES 供给数据

1）地理环境数据。SolVES 模型需要载入多个用于描述研究区自然环境信息的地理环境数据[9,25-26]，研究采用的地理环境数据类型及具体来源见表 1。

表 1 地理环境数据来源

数据名称	数据来源
土地利用/覆被 Land use and land cover(LULC)	利用吴江区 2022 年的土地利用数据绘制
高程 Elevation(ELEV)	地理数据空间云(http://www.gscloud.cn/)
坡度 Slope(SLOPE)	利用吴江区 ELEV 数据,在 ArcGIS10.5 中计算坡度
距道路距离 Distance to road(DTR)	通过欧氏距离计算最近道路的水平距离
距水体距离 Distance to water(DTW)	通过欧氏距离计算最近水体的水平距离
水网密度 Water network density(WND)	利用吴江区 2022 年遥感影像计算获得
归一化植被指数 Normalized Difference Vegetation Index(NDVI)	利用吴江区 2022 年遥感影像计算获得

2）POI 数据。研究采用 POI 数据作为输入 SolVES 模型的点数据。根据吴江区的自然环境和历史文化环境特点，结合千年生态评估系统的分类体系[1]，将 CES 归纳为水乡美学、游憩康养和

乡土人文 3 个类型。通过高德地图 API 接口获取吴江区 2022 年 POI，对数据进行清洗、分类后得到有效 POI 共 1024 个（表 2），并绘制空间分布图（图 3）。

表 2　POI 筛选方式与数量

CES 类型	说明	按关键词筛选	举例	数量
水乡美学类	水域与周边自然资源和谐相融形成的层次丰富的景观空间	水、河、湖、洲、湾、源、漾、荡、湿地等	太湖绿洲风景区，桃源荒天池，浦江源生态半岛	121
游憩康养类	水域景观与人文环境的有机整合，能够提供户外游憩或康养活动的场所	休闲、度假、采、钓、山庄、温泉、农家乐等	吴江同里美丽乡村旅居基地，永旺岛生态公园度假村	455
乡土人文类	体现苏南水乡独特历史文脉与文化传统的场所，蕴含丰富的生态教育及历史文化价值	纪念、文化、居、馆、庙、寺、榭、址等	费孝通江村纪念园、泗洲禅寺，退思园	448

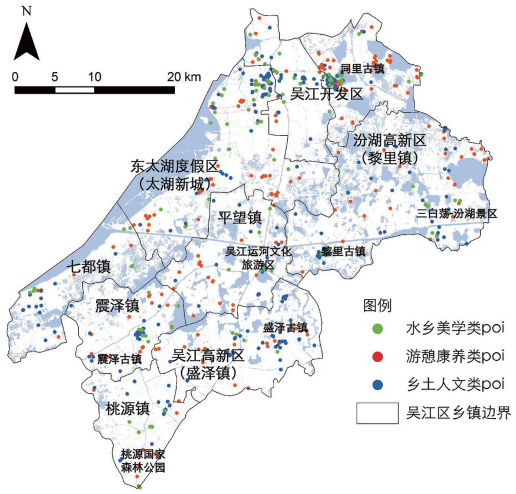


图 3　吴江区生态系统文化服务 POI 分布情况

3）社会调查数据。社会调查数据是 SolVES 模型重要的输入数据。本研究社会调查通过问卷形式进行，问卷包含个人基础信息收集、CES 供给价值分配和整体满意度调查 3 个部分[19]。在 CES 供给价值分配部分，调查对象可以按个人倾向将 100 元的假定价值分配到相应的 CES 类型中，以此确定各 CES 类型的权重。本次调查共发放问卷 171 份，有效回收 156 份，问卷有效率为 91.23%。

2.4.2　CES 需求数据

研究采用的 CES 需求数据包括常住人口密度数据和外来旅游人口微博签到点数据。其中，常住人口密度数据来源于全球人口高分辨率数据库（https://www.worldpop.org/）；外来旅游人口微博签到点数据来源于调用新浪微博提供的 API 接口，数据采集时间为 2022 年 1—12 月。

3　结果与分析

3.1　CES 供给能力评价

为综合研判吴江区 CES 的供给能力，将水乡美学、游憩康养和乡土人文 3 类 CES 供给指数在各空间单元上按数值相加，并通过 ArcGIS10.5 模糊隶属度工具进行归一化处理，生成综合 CES 供给能力空间分布图（图 4）。

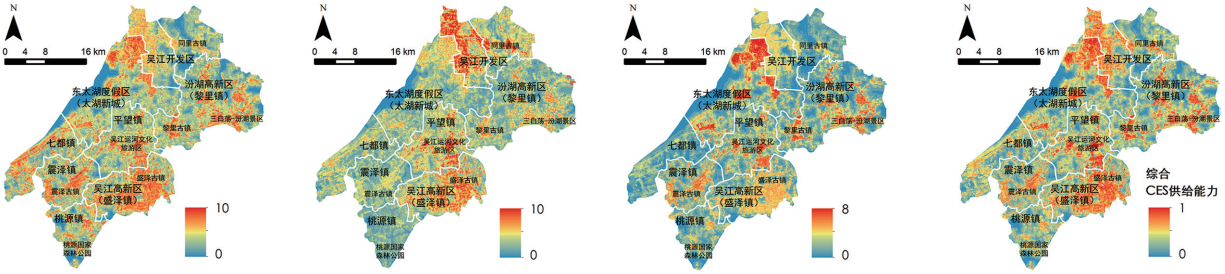


图 4　吴江区 CES 供给能力空间分布

从具体指标（图 4A～C）来看，水乡美学类 CES 供给高值多分布在河湖资源丰富、生态优渥的区域；游憩康养类 CES 对景区的空间依赖性较强，供给高值多聚集于景区周边；乡土人文类 CES 供给高值呈点状分布，这与吴江区乡村聚落与历史文化遗产多围绕水系分布的空间格局有关。3 类 CES 中，水乡美学和游憩康养的最大供给指数均高于乡土人文，表明吴江区在水乡美学和游憩康养的 CES 供给能力上有更好的表现。

总体而言（图 4D），吴江区综合 CES 供给能

力，整体上呈现东高西低，南北高中间低的分布态势。高值主要分布于东太湖旅游度假区、同里古镇等生态良好、交通便利、历史文化底蕴深厚的地区。低值主要分布在吴江区南部和西部的小型村镇，用地类型多为耕地和建设用地，受人类活动干扰较大。从环境变量对 CES 供给能力的影响（表 3）来看，LULC、DTR 是较为重要的环境因素。其中，LULC 对 3 类 CES 都有较强的作用；DTR 与各类 CES 都有较高的相关性，说明良好的交通条件对于 CES 发展具有促进作用；DTW 与 WND 在 3 类 CES 中都具有较强的不可置换性，且 WND 对乡土人文类 CES 的贡献率较高，说明吴江区作为苏南水网乡村的典型代表，水网密布的地域特征是影响 CES 供给的关键要素。

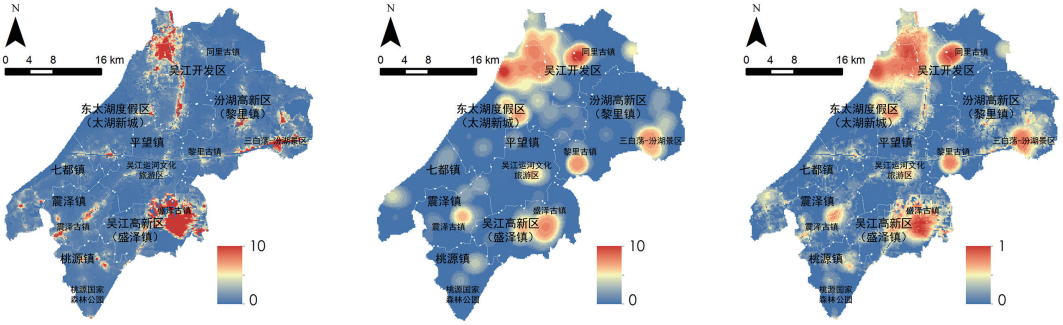
表 3 各环境变量的贡献率和重要性

环境变量	水乡美学类 CES 供给能力		游憩康养类 CES 供给能力		乡土人文类 CES 供给能力	
	贡献率/%	重要性/%	贡献率/%	重要性/%	贡献率/%	重要性/%
LULC	49. 68	32. 18	34. 65	12. 65	39. 29	30. 04
DTR	13. 89	14. 94	30. 05	24. 77	25. 03	19. 36
DTW	13. 95	24. 72	19. 68	40. 33	17. 27	26. 54
WND	5. 57	15. 62	7. 12	14. 10	13. 36	19. 31
NDVI	14. 35	10. 40	1. 03	2. 09	2. 02	1. 62
ELEV	0. 32	0. 12	6. 04	3. 64	0. 95	1. 15
SLOPE	2. 24	2. 02	1. 43	2. 42	2. 08	1. 98

3.2 CES 需求水平评价

吴江区 CES 需求水平的空间分布如图 5 所示：常住人口 CES 高需求区主要分布于太湖新城北部和吴江开发区北部、汾湖高新区南部和吴江高新区东部等城镇化水平较高的地区；外来旅游人口 CES 需求高需求区多呈点状集中分布于东太湖旅游度假区、同里古镇、黎里古镇、盛泽古镇等知名景点。

从整体上看，吴江区 CES 需求水平具有明显的空间异质性特征，两热点核心分布于吴江区南北两侧，多组团次级核心分散分布于其余区域。太湖新城北部、吴江开发区、汾湖高新区南部和吴江高新区等区域 CES 需求水平相对较高。这是由于这些区域发展相对较早，建设程度较高，拥有更多的常住人口；同时凭借良好的生态基础和人文底蕴，吸引了更多的外来游客，CES 的需求水平不断提升。



A 常住人口CES需求　B 旅游人口CES需求　C 整体CES需求

图 5 吴江区 CES 需求水平空间分布

3.3 CES 供需关系评价

3.3.1 空间自相关分析

研究表明，吴江区 CES 供需关系具有显著聚集的空间特征（图 6）。其中：高供给-高需求区呈团聚状分布于太湖新城北部，汾湖高新区南部及吴江高新区东部；由于各类景区集聚分布且交通便利，该区具有较强的 CES 供给能力与需求水平，形成了供需均衡匹配状态。高供给-低需求区整体呈碎片化分布，这是由于吴江区内依水成聚的众多村落文化特色鲜明，能提供优质的 CES，但难以形成区域协同，拉动需求水平的相应提升。低供给-高需求区多以块状聚集分布于高供给-高需求区外围，受其一定程度的辐射影响，人口出现了更为密集的流动，使得区内呈现“供不应求”的现象。低供给-低需求区呈连片的点状或块状分布在吴江区的西南和东北。这些地区文旅

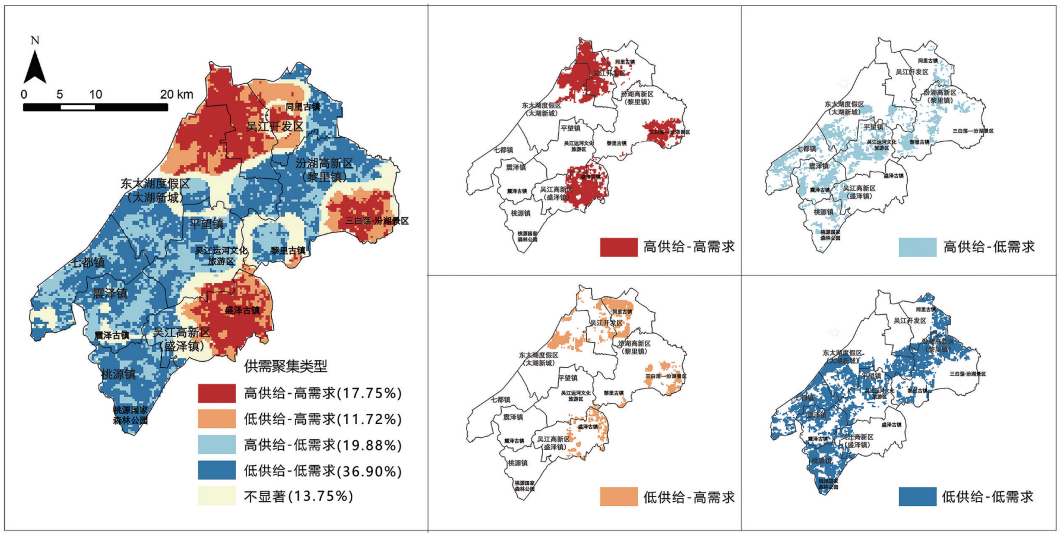


图 6　吴江区 CES 供需空间自相关聚集特征

产业发展起步相对较晚，景观文化资源利用率较低，CES 尚处于发展阶段。

3.3.2　耦合协调度分析

基于 CES 供需匹配结果，运用耦合协调度模型分析吴江区 CES 供需耦合协调水平。采用自然断点法将耦合协调度值划分为 5 个等级：严重失调、轻度失调、基本平衡、初级协调和优质协调（图 7）。

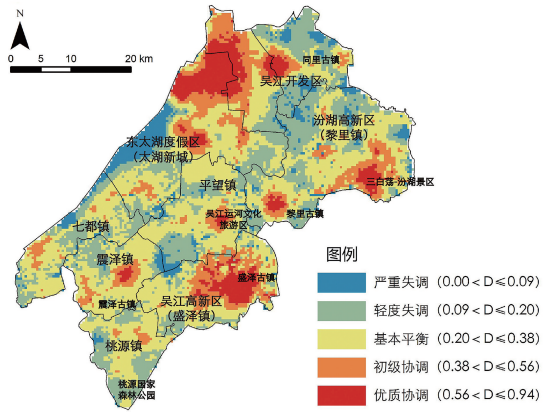


图 7　吴江区 CES 供需耦合协调度分析

由图 7 可知，吴江区 CES 供需耦合协调度等级特征差异较为明显，耦合协调度等级主要为基本平衡；优质协调占比较少，主要分布在太湖新城北部、汾湖高新区南部以及吴江高新区东部等高供给-高需求区；初级协调和基本平衡多围绕优质协调区呈现梯度分布，在各供需分区中具有分布；轻度失调主要为受人工干预较大的地区，如吴江开发区南部和平望镇南部；严重失调呈散点状分布于低供给-高需求区和低供给-低需求区内，多与行政区边缘地带有重合关系。

综上所述，吴江区 CES 供需关系整体上呈现一定供需错配现象，具体体现在 CES 供需存在明显的不匹配现象，较少出现平衡饱和的状态以及 CES 供需整体耦合协调水平一般，部分 CES 供需空间分布失衡。

4　基于 CES 供需关系评价的空间优化策略

根据 CES 供需关系评价结果，以 CES 供需平衡为目标，将吴江区划分为 4 个分区，即供需均衡区、供给冗余区、供给不足区和供需薄弱区。依据《苏州市国土空间总体规划（2021—2035 年）》《长三角生态绿色一体化发展示范区文化和旅游发展专项规划（2021—2035 年）》等规划方案，提出差异化的提升策略。

1）供需均衡区：维稳向好态势，强化区域协同。供需均衡区对应聚集类型为高供给-高需求，以优质和初级协调为主，呈现积极向好态势。该区存在显著的“三核心组团”式空间分布形态，因此，在可持续绿色运营的基础上[27]，以自然景观开发为主的区域可加强与周边乡村康养、湿地科普等产业联合发展；以历史文化展示为主的区域可通过数字化演绎苏南水乡聚落文化，推动文旅业态智能升级。在维稳向好态势的同时，拓宽 CES 供给面，强化区域协同以提升辐射能力。

2）供给冗余区：整合文旅资源，释放供给潜力。供给冗余区对应聚集类型为高供给-低需求，以初级协调和基本平衡为主，人们对该区的文化感知尚有不足。该区多呈“散点”状的分布格局，因此，对于位置相近、价值突出的村镇，可采用跨行政村整合发展的模式取代传统的单一建设模式，如大运河沿岸的村镇，可以京杭大运河文化为核心，依托湖荡河塘相互连通的水网基底，将沿线村落串联成具有标志性的“乡村带”，协同发展以释放供给潜力。

3）供给不足区：挖掘特色文化，优化空间布局。供给不足区对应聚集类型为低供给-高需求，耦合协调以基本平衡为主，CES 供给能力仍有开发的空间。该区围绕供需均衡区呈块状分布，应深入挖掘资源，配合并加强与供需均衡区的互动关联，建立空间形态完整的区域文化服务体系，如吴江开发区九里湖片区可配合同里国家湿地公园构建特色生态小镇，增加旅游配套设施，与景区联动发展，提升 CES 综合供给能力。

4）供需薄弱区：把握发展机会，提升空间活力。供需薄弱区对应聚集类型为低供给-低需求，主要为轻度和严重失调，CES 供需关系相对薄弱，难以满足使用需求。该区多与永久基本农田有所重合，在保护“水田相间”的生态基底及延续“倚桥枕河”的乡村风貌的前提下，可依托存量空间适度开展农业观光与生态科普，提升游憩康养、乡土人文类 CES 供应能力。例如，汾湖高新区元荡片区在推进高标准农田建设的同时，可打造塘浦圩田、桑基鱼塘等传统农业生态主题展示园，进一步提升 CES 供需水平。

5 讨论

研究表明，吴江区 CES 供需间存在较为显著的空间错配现象，与刘颂等[5]和 CUI 等[6]的研究结论一致，表明城镇化进程中 CES 供给与需求空间分离是区域自然与经济社会空间分布差异的综合反映。吴江区 CES 主要的供给高值与需求高值均集中分布于吴江高新区、汾湖高新区等城镇化水平较高的地区，这与庄思冰等[7]的研究结果较为一致，表明快速城镇化发展促进游憩康养类 CES 的供给能力提升，形成 CES 供给的高值区域；同时由于人口的集聚分布，CES 需求水平也高，成为 CES 高供给-高需求的集聚区域。值得一提的是吴江区汾湖、三白荡等水域也具有较强 CES 供给能力，这与李永钧等[10]认为湖州乡村水域 CES 供给能力普遍较低的结论存在差异，其原因可能在于：相较于湖州水域占比较少且分布集中的特征，吴江区水网密布，水乡美学与乡土人文类生态资源丰富，更能有效释放水域 CES 供给潜力。此外，本研究结合苏南水网乡村特殊生境条件特征，从 CES 供给和需求关系视角探讨空间规划优化策略，避免仅侧重单一 CES 功能评价，为以 CES 供需匹配为目标的空间优化提供了更精准的理论依据。

研究基于 SolVES 模型与受益群体人口密度识别的评价方法构建 CES 供需评价体系，在指标选取上尽可能结合地域特征与人群需求，可能存在一定的主观局限性，未来应根据地区具体发展水平和人群真实需求继续完善供需评价量化指标体系；此外，CES 的供需关系并非处于静态，未来可考虑对长时间序列下 CES 供需关系进行评价和时空演变分析，同时拓展对 CES 供需关系的多尺度研究。

6 结论

1）吴江区 CES 供给能力在空间分布上呈现东高西低，南北高中间低的特征，高值主要分布于生态本底条件较好，文化底蕴深厚的区域。各环境要素中，LULC、DTR 对 CES 供给具有重要影响作用。

2）吴江区 CES 需求水平具有明显的空间异质性，高需求水平区域具有城镇化程度较高、生态基础良好且人文底蕴深厚等特点。

3）吴江区 CES 供需关系空间分异特征较为显著，供需空间聚类分区以高供给-低需求和低供给-低需求为主，较少出现 CES 供需平衡饱和的状态；吴江区 CES 耦合协调度等级差异较为显著，以基本平衡为主，优质协调占比较少且呈现多点集中分布态势。

4）基于 CES 供需匹配结果与耦合协调度分析结果，可将吴江区分为：供需均衡区、供给冗余区、供给不足区和供需薄弱区 4 个分区，并从供

需平衡角度，对吴江区的 CES 综合发展提出相应的优化策略。

参考文献

[1]黄思源,唐雨函,周媛,等.基于游客感知视角的武汉市东湖绿道生态系统文化服务评价[J].中国城市林业,2022,20(3):88-93.

[2]CSURGÓ B,SMITH M K.The value of cultural ecosystem services in a rural landscape context[J].Journal of Rural Studies,2021,86:76-86.

[3]时少华,吴泰岳,李享,等.基于 ITCM 和 CVM 的运河公园游憩价值评估研究:以北京通州大运河森林公园为例[J].干旱区资源与环境,2022,36(1):201-208.

[4]张怡,裘鸿菲.基于 LDA 主题模型的湖泊公园生态系统文化服务公众感知研究[J].中国园林,2023,39(7):121-126.

[5]刘颂,杨莹,颜文涛.基于生态系统文化服务供需平衡的公园绿地配置研究框架[J].中国城市林业,2021,19(3):14-18.

[6]CUI F Q,TANG H P,ZHANG Q,et al.Integrating ecosystem services supply and demand into optimized management at different scales:a case study inHulunbuir,China[J].Ecosystem Services,2019,39:100984.

[7]庄思冰,龚建周,陈康林,等.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[J].生态学报,2023,43(14):5714-5725.

[8]赵宏宇,李雁冰,车越.基于 SolVES 的传统村落生态系统服务社会价值评估:以锦江木屋村为例[J].中国园林,2022,38(12):76-81.

[9]戴代新,刘颂,张桐恺.基于公众参与地理信息系统的城市近代公园文化服务评估研究:以上海复兴公园为例[J].风景园林,2019,26(8):95-100.

[10]李永钧,张单阳,王珂,等.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[J].生态学报,2022,42(17):6888-6899.

[11]KATI V,JARI N.Bottom-up thinking—identifying socio-cultural values of ecosystem services in local blue - green infrastructure planning in Helsinki,Finland[J].Land Use Policy,2016,50:537-547.

[12]简钰清,徐琨璟,王志芳,等.生态系统游憩服务研究综述及未来展望[J].北京大学学报(自然科学版),2023,59(5):884-896.

[13]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[J].北京大学学报(自然科学版),2021,57(4):691-698.

[14]肖华斌,安淇,况苑霖,等.健康福祉视角下城市绿地文化服务供需测度与空间表征:基于地块尺度的济南市旧城分区实证研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2022,54(3):376-385.

[15]丁金华,杨金花.基于生态系统服务供需的水网乡村生态安全格局构建[J].中国城市林业,2022,20(5):92-99.

[16]占湉,于洋,吴秀芹.湟水流域生态系统服务供需匹配关系[J].生态学报,2021,41(18):7260-7272.

[17]杨友宝,李琪.基于 POI 数据的城市公共游憩空间分布格局及其形成机制研究:以长沙市主城区为例[J].现代城市研究,2021,36(3):91-97.

[18]杨新海,陈丹祺,孙嘉麟.基于乡村价值再认知的苏南乡村特色发展路径探索[J].规划师,2023,39(9):138-145.

[19]SHERROUSE B C,SEMMENS D J.Social values for ecosystem services, version 3.0 (SolVES 3.0)—documentation and user manual[Z].Reston,VA:U.S.Geological Survey,2015.

[20]YOSHIMURA N,HIURA T.Demand and supply of cultural ecosystem services:use of geotagged photos to map the aesthetic value of landscapes in Hokkaido[J].Ecosystem Services,2017,24:68-78.

[21]木皓可,高宇,王子尧,等.供需平衡视角下城市公园绿地服务水平与公平性评价研究:基于大数据的实证分析[J].城市发展研究,2019,26(11):10-15.

[22]何山.基于多源信息的耕地多功能评价与用途分区研究:以杭州市为例[D].杭州:浙江大学,2019.

[23]孟斌,王劲峰,张文忠,等.基于空间分析方法的中国区域差异研究[J].地理科学,2005,25(4):11-18.

[24]王淑佳,孔伟,任亮,等.国内耦合协调度模型的误区及修正[J].自然资源学报,2021,36(3):793-810.

[25]DUAN H R,XU N.Assessing social values for ecosystem services in rural areas based on the SolVES model:a case study from Nanjing,China[J].Forests,2022,13(11):1877.

[26]刘滨谊,左佑,张琳.江南水网乡村地方性景观生态系统自然-文化服务耦合协调研究:以长三角生态绿色一体化发展示范区为例[J].中国城市林业,2023,21(5):9-18.

[27]丁金华,纪然.水生态系统服务供需视角下的水网乡村适应性规划策略:以吴江张鸭荡片区为例[J].中国园林,2020,36(11):45-50.