

# 福州福道生态系统服务社会价值评估

## Social Valuation of Ecosystem Services in Fuzhou Fu Forest Trail

王梦琪<sup>1</sup> 王 婷<sup>1</sup> 顾嘉楠<sup>1</sup> 张春英<sup>1,2\*</sup>  
WANG Mengqi<sup>1</sup> WANG Ting<sup>1</sup> GU Jianan<sup>1</sup> ZHANG Chunying<sup>1,2\*</sup>

(1. 福建农林大学风景园林与艺术学院, 福州 350100; 2. 福建理工大学建筑与城乡规划学院, 福州 350118)  
(1. College of Landscape Architecture and Art, Fujian Agriculture of Forestry University, Fuzhou, Fujian, China, 350100; 2. College of Architecture and Town & Country Planning, Fujian University of Technology, Fuzhou, Fujian, China, 350118)

文章编号: 1000-0283(2024)10-0114-10  
DOI: 10.12193/j.laing.2024.10.0114.014  
中图分类号: TU986  
文献标志码: A  
收稿日期: 2024-05-23  
修回日期: 2024-07-26

### 摘 要

城市森林步道以自然森林环境为依托, 为城市居民提供多样化的生态系统服务和价值, 其构建对增进公众福祉具有重要意义, 但现阶段的研究鲜少关注其所在区域的生态效益。突破生态系统服务社会价值在森林、湿地、城市公园等尺度的研究, 以福建福州福道为例, 设置福道两侧各 40 ~ 60 m 范围内为研究区域, 结合社交媒体等网络文本数据, 运用 SolVES 模型评估其生态系统服务社会价值, 并探讨其社会价值与环境变量的关系。结果显示: (1) 福道 9 种社会价值类型最大价值指数 (M-VI) 从高到低排序为美学价值 > 娱乐价值 > 疗愈价值 > 精神价值 > 生物多样性价值 > 未来价值 > 经济价值 > 文化价值 > 历史价值。(2) 与出入口的距离、与福道的距离对该区域社会价值影响最大, 小品、建设用地、水体、森林对于社会价值有较大影响。(3) 经检验, SolVES 模型对于城市森林步道景观空间生态系统服务社会价值的评估具有很好的性能, 评估结果准确可靠。可为城市森林步道的社会价值提升提供建议, 进一步推动生态系统服务社会价值在空间层面的丰富性和多元化。

### 关键词

城市森林步道; 生态系统服务; 社会价值; SolVES 模型; 福州福道

### Abstract

Based on the natural forest environment, urban forest trails provide diverse ecosystem services and values for urban residents, and the construction of urban forest trails is of great significance in enhancing public well-being. Still, only some studies at this stage focus on the ecological benefits of the areas where they are located. This paper breaks through the research on the social value of ecosystem services at the scales of forests, wetlands, and urban parks and takes Fu Forest Trail in Fuzhou, Fujian, as an example, sets the area within 40 ~ 60 m on each side of Fu Forest Trail as the study area, and combines the social media and other online text data to assess the social value of its ecosystem services by using the SolVES model, and explores the relationship between its social value and environmental variables. The results show: (1) The maximum value index (M-VI) of the nine social value types of Fu Forest Trail was ranked from high to low as follows: aesthetic value > recreational value > therapeutic value > spiritual value > biodiversity value > future value > economic value > cultural value > historical value. (2) Distance from entrances and exits and distance from Fu Forest Trail had the most significant influence on the social value of the area, with vignettes, built-up land, water bodies, and forests having a more significant influence on social value. (3) The SolVES model was tested to have good performance for assessing the social value of ecosystem services in the landscape space of urban forest trails, and the assessment results were accurate and reliable. The study can provide suggestions for enhancing the social value of urban forest trails and further promote the enrichment and diversification of the social value of ecosystem services at the spatial level.

### Keywords

urban forest trail; ecosystem service; social value; SolVES model; Fu Forest Trail in Fuzhou

### 王梦琪

1999年生/女/山东济宁人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林与设计

### 王 婷

1993年生/女/福建福州人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林与设计

### 张春英

1979年生/女/吉林四平人/博士/教授/研究方向为景观生态学与景观规划设计

\*通信作者 (Author for correspondence)  
E-mail: 805051533@qq.com

生态系统作为人类生存环境的基石, 其多样性、稳定性与可持续性发挥了重要作用<sup>[1]</sup>。生态系统服务旨在确保人类生存与发展等需求得到满足, 其内容包括了公众从供给、调节、支持、文化等各方面服务中获得的包括有形物质资源和无形精神服务等相关收益<sup>[2]</sup>,

与人类福祉紧密相连。经过生态系统服务内涵的不断深化与拓展,对于以各种自然生境为主体的生态系统服务功能重要性及其价值水平的量化评估研究也日趋活跃<sup>[3]</sup>。中国在生态系统服务价值评估方面采用的方法日益丰富,包括条件价值法(CVM)<sup>[4]</sup>、机会成本法<sup>[5]</sup>、意愿调查法<sup>[6]</sup>、市场条件法<sup>[4]</sup>等,但大多都基于经济学模型,对生态系统服务的部分有形收益进行价值评估,缺乏对生态系统服务无形效益的价值评估,忽略其社会价值为公众带来的效益与其空间异质性。经过近几年的发展,不少学者将目光转移至对生态系统文化服务的探索,强调其历史文化与文化服务的作用,但究其根源,文化服务价值仍包含于社会价值之中。社会价值除其文化效益外,增添了探索人与人、人群与人群之间交流互动等关系,从社会层面进一步探索生态、景观等资源公平性。近年来,随着生态系统服务的社会价值日益受到关注,SoVES模型(Social Values for Ecosystem Services)开始崭露头角<sup>[4]</sup>,并被应用于更多的社会价值研究,国内外学者基于此模型对社会价值的探索集中于森林<sup>[10]</sup>、湿地<sup>[11]</sup>、城市公园<sup>[12]</sup>、滨水空间<sup>[13]</sup>、风景名胜区<sup>[14]</sup>、经济开发区<sup>[15]</sup>及乡村<sup>[16]</sup>等多个尺度,尤以城市尺度的研究居多。

随着城市化进程加快,公众对自然更加向往,基于公众热衷于寻找自然、在自然中运动锻炼等户外需求不断增大的背景,城市森林步道应运而生。城市森林步道以自然森林环境为依托,连接城市与森林等生态系统,现已经成为公众欣赏城市自然风貌、体验城市人文属性的具有社会公益性质的城市公共景观空间,其社会价值以及生态系统服务功能能为城市注入了基于自然的活力。现阶段对城市森林步道的研究多局限于景观质量、舒适

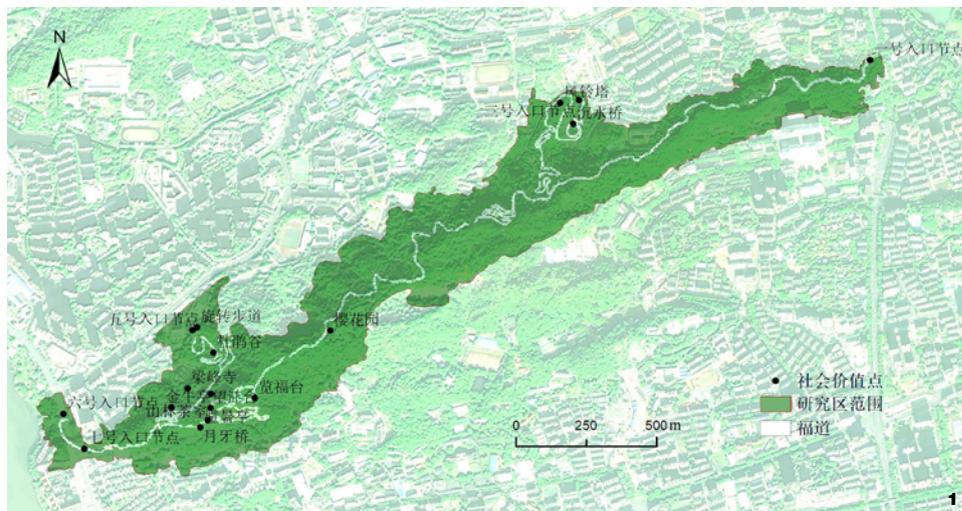


图1 研究区域  
Fig. 1 Study area

度等方面,鲜少关注其所在区域的生态效益。

基于上述背景,对城市森林步道进行生态系统社会价值的评估可以补充关于城市森林步道在其生态效益研究上的不足,增添生态系统服务社会价值在城市森林步道方面的研究内容,突出城市森林步道在协调城市与生态之间的重要性,并为今后城市森林步道在生态空间方面的规划布局与优化提升提供一定参考。

## 1 研究区概况

“福道”(Fu Forest Trail)即福州城市森林步道,环境优美,适游周期较长,能够吸引不同利益相关者前来游玩、漫步或进行绿色锻炼。作为全国首条采用钢架镂空结构设计的城市森林步道,其路面依据无障碍通行标准,采用间隔15 mm以内的25 mm×5 mm格栅板进行铺设。福道东北面与左海公园相连,西南处与闽江廊线遥相呼应,共穿越5个各具特色的公园与十余处自然、人文景观<sup>[17]</sup>。福道的主轴线总长度为6.3 km,环线总长度约为19 km<sup>[18]</sup>,覆盖的山地森林区域面积达到

175 hm<sup>2</sup><sup>[19]</sup>,涵盖了包括森林、山地等系统在内的多种生态系统。其“低影响开发”的理念能够在满足不同利益相关者运动、休闲、游览等需求的同时,保持森林植物与山体环境的原生状态,最大限度地减少项目施工及人工干扰对自然生境的影响,为森林动植物提供生存空间。福道项目为国内许多架空式城市森林步道提供了设计范例,也是对城市森林步道的创新发展。

本文以福建福州福道为例,根据中央政府发布的官方指导意见以及参考Liu等<sup>[20]</sup>对深圳市城市绿道有关廊道宽度研究,设置福道道路两侧40~60 m范围为研究区域,以保证在此范围内包含多种生态系统以及生态系统所提供的多种服务功能,并结合土地利用类型对研究区边界范围进行裁剪,最终得出研究区域边界(图1)。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 SoVES模型

美国地质调查局和美国科罗拉多州立大学合作设计开发出SoVES模型,旨在提升解

决生态系统服务社会价值相关问题，深化对生态系统服务价值的理解<sup>[4]</sup>。SolVES模型运用其内嵌的最大熵模型(Maximum Entropy Model, MaxEnt)的统计分析功能，共同协助完成对各类型社会价值的相关统计、分析与评估。SolVES模型由社会价值、价值制图、价值转换三个子模型构成。其中，社会价值评估模块包括社会价值和价值制图子模型，可以向模型添加完整的社会调查数据与空间数据，进行分析评估研究区社会价值；价值转移子模型可用于单独研究，其适用于一些难以获取社会调查数据的区域，通过添加完备的空间数据，结合与其条件相似区域的社会价值评估结果，可对其生态系统服务社会价值进行空间预测<sup>[9]</sup>。本文主要运用SolVES4.0模型的社会价值与价值制图子模型评估福州福道的生态系统服务社会价值。

## 2.2 数据获取与处理

### 2.2.1 社交媒体等相关数据

近年来，经过互联网的高速发展，公众更加喜爱通过社交媒体软件及各种大数据平台发布观点、分享记录生活等，这种网络文本数据已被运用在研究景观感知与偏好方面。微博、携程与大众点评作为国内知名分享网站<sup>[4]</sup>，使用人数多、评率较高，且数据的时效性强，是用户对目的地形象感知的真实写照。这些平台用户发布的内容虽然可能无法全部展现出其感知到的所有生态系统服务和社会价值，但其主动记录或分享的内容可能是其认为最能够被感知到的社会价值。

为确保研究数据的时效性，本研究使用网络爬虫“八爪鱼”爬取2022年10月至2023年10月的新浪微博、携程、大众点评等相关数据。将初步获得的文本数据利用ROST Content Ming 6 (ROST-CM6) 软件进行数据清洗、

分词并构建停用词词库，最后得出微博文本数据共1 662条、大众点评评论数据611条与携程网评论数据43条。通过对分词后的数据进行整理统计，得到“福道”社交媒体等网络文本高频词统计数据。提取前30个社交媒体等网络文本中所出现的高频词汇，并将其按照词性划分为形容词、名词和动词。参考被广泛认同并采用的生态系统服务分类体系，将2 316条文本数据编码为一个或多个社会价值类别。

由于研究区域地域、文化特征不同，不同学者根据研究对象具体特征提出了多种不同的社会价值分类(表1)。根据前人研究中

所选取的价值类型，结合专家调查法，对其进行进一步筛选，保留最具代表性的社会价值类型，最终得出福道生态系统服务社会价值类型表(表2)。

### 2.2.2 社交调查数据

SolVES模型运行需要广泛的社会调查数据，可以通过问卷调查的方式获得。本次社会调查工作共分为三个阶段。

第一阶段：2023年10月7日-17日。这一阶段主要通过实地考察以及对社交媒体大数据进行深入分析，结合“声而不凡”微信小程序中有关福道活动的选点，确定基于福州

表1 社会价值类型研究综述  
Tab. 1 Analysis and summary of social value types

来源 Source	社会价值类型 Social value
Sagie 等 <sup>[23]</sup>	精神 / 传统、心理 / 健康、教育 / 科研、游憩 / 运动、美学
高艳 <sup>[24]</sup>	美学、生物多样性、文化、经济、未来、历史、生命可持续、娱乐、精神、治疗
张志成 <sup>[25]</sup>	美学、经济、历史、娱乐、精神、治疗、未来
马倩 <sup>[12]</sup>	美学、生物多样性、经济、历史文化、科研教育、生命可持续、休闲游憩、精神、康养
Duan 等 <sup>[16]</sup>	文化历史 / 未来、娱乐 / 康养、美学 / 精神 / 教育、生命可持续 / 生物多样性 / 经济
Guan 等 <sup>[26]</sup>	美学、生物多样性、文化、经济、未来、固有、科研、生命可持续、娱乐、精神、治疗

表2 福道生态系统服务社会价值类型表  
Tab. 2 Types of social values of Fu Forest Trail ecosystem services

社会价值类型 Social value	具体描述 Description	部分代表性高频词 Some representative high-frequency words
美学价值	环境优美，景色宜人，且自然风光有较强的视觉吸引力	美、好看
生物多样性价值	动植物资源丰富	森林、动物、花
文化价值	让人感受到更多知识、智慧以及地区文化特色	福文化、文化、茶
经济价值	能为城市或周边地区创造经济效益，推动零售业或旅游业发展	茶、旅行、打卡
未来价值	能为下一代提供了解当前城市森林步道景观空间的机会	设计、镂空、钢架、未来
历史价值	具有浓烈的历史气息，能提供了解历史知识的场所	闽江、福文化、城市
娱乐价值	能提供户外娱乐、休闲游憩场所	走、休闲、健身
精神价值	能感受到大自然的魅力，净化心灵	自然、清新、幸福
疗愈价值	提供能够锻炼身体、舒缓身心的公共康养场所	放松、休闲、空气

福道主线段的最受游客欢迎的16个旅游景点, 调研任务结束后编制调查问卷。首先对受访者的游玩习惯和满意度进行了深入调查。其次, 根据受访者在第一部分的游玩体验, 对其感知到的9种社会价值进行假设值的分配(总价值相加为100); 完成分配后, 在所提供的价值类别下标注出最能代表这一价值的特定点, 受访者可以直接选择已提供的16个景点进行填写, 或手动注明其名称和相应的社会价值类型进行补充。最后, 统计收集受访者的社会背景和人口学数据。

第二阶段: 2023年12月20日-25日。为确保问卷设计的合理性, 进行问卷试发, 发放调查问卷40份并进行访谈, 90%以上受访者表示问卷内容理解性较高。

第三阶段: 2024年1月7日-20日。这一阶段主要为调查工作, 调查地点设置在福道各个出入口与各社会价值点出口, 在此地点, 大部分游览者刚刚结束旅程, 对此更加

熟悉且能较为完整地表达出在此地的游玩经历感受<sup>[27]</sup>。本阶段根据各社会价值点的地理位置进行小范围随机流动发放问卷, 共发放问卷252份, 有效问卷数为238份, 有效率为94.44%。

### 2.2.3 空间数据

本文所需的空間数据主要包括要素类、表格与环境图层(表3)。

要素类数据主要包括: 研究区边界, 即选取福道两侧各40~60m范围, 并根据土地利用类型剪裁的外边界, 属于面状矢量数据; 各类社会价值点数据, 将问卷第二部分不同利益相关者所选择的社会价值点, 进行数字化处理, 得出点状矢量数据。

表格数据根据SoVES模型研究手册, 将社会调查数据分别整合为受访者满意度指标、受访者满意程度、社会价值类型、受访者价值分配、李克特5级量表5个表格数据,

用以导入SoVES模型进行进一步分析。

环境图层即地理环境变量, 根据已有研究<sup>[11,27-28]</sup>可知, 环境变量数据集中最常用的变量包括高程、坡度、与道路的距离等。其中, 距离能够较为直接有效地反映出要素的空间关系, 结合福道的区域特色, 本文选择与居住区距离(DTB)、与公园距离(DTP)、与步道的距离(DTBD)、与福道出入口的距离(DTE)、与福道的距离(DTFD)5种距离环境变量, 以及数字高程模型(DEM)、坡度(SLOPE)、植被覆盖指数(NDMI)作为自然环境变量, 土地利用和土地覆盖类型(LULC)作为突出用地景观功能的环境变量。其中, LULC参照相关文献中的分类, 结合研究区的土地利用现状与各景观要素特征, 在ArcGIS软件中手动将研究区景观划分为景观小品、建设用地、福道、步道、公路、水体、森林7种类型(图2)。综上, 共选择9种环境变量用于评估分析其与福道生态系统服务社会价值的联系。

表3 研究所需空间数据  
Tab. 3 Spatial data for research

类型 Type	数据名称 Data name	格式 Format	说明 Meaning	数据来源 Data sources
要素类	SURVEY_POINTS	shp	各类社会价值点数据	通过 ArcGIS 矢量化社会调查价值点
	STUDY_AREA		研究区域范围	通过 ArcGIS 对研究区进行投影校正与绘制
表格	USE_TYPES	Table	受访者满意度指标	通过社会调查并制作表格
	USE_ATTITUDE		受访者满意程度	
	VALUE_TYPES		社会价值类型	
	VALUE_ALLOCATION		受访者价值分配	
	ATTITUDES_TYPES		李克特5级量表	
环境图层	DTB	Raster	到最近居住区的水平距离	通过 ArcGIS 中欧氏距离工具运算得出
	DTP		到最近公园的水平距离	
	DTBD		到最近步道的水平距离	
	DTE		到最近福道入口的水平距离	
	DTFD		到最近福道的水平距离	
	DEM		数字高程模型, 空间分辨率 (12.5 m)	(ASF) <a href="https://search.asf.alaska.edu/">https://search.asf.alaska.edu/</a>
	SLOPE		研究区范围内坡度, 空间分辨率 (12.5 m)	通过 ArcGIS 提取坡度
	NDVI		研究区范围内植被覆盖指数, 空间分辨率 (30 m)	数字地球开放平台 <a href="https://open.geovisearth.com/">https://open.geovisearth.com/</a>
	LULC		7种景观类型所在的空间, 空间分辨率 (12.5 m)	通过 ArcGIS 目视解译研究区卫星影像得出

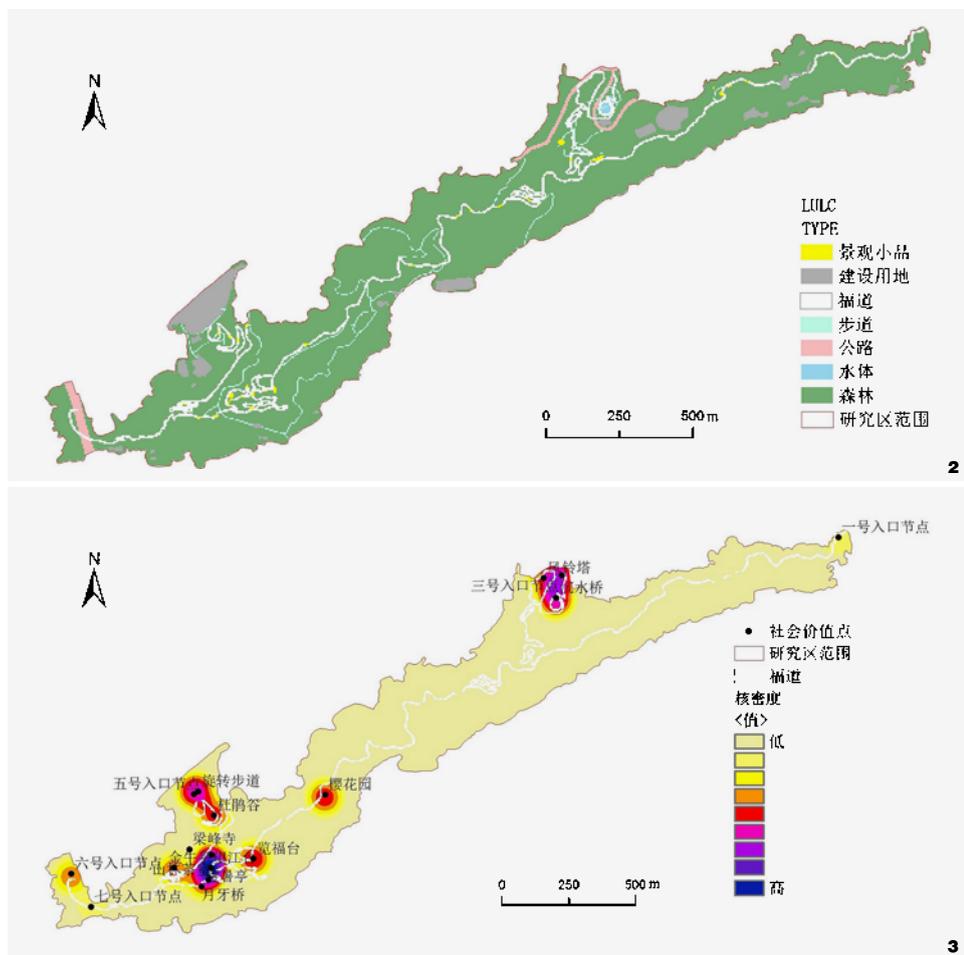


图2 土地利用与土地覆盖类型示意图  
Fig. 2 Land use and land cover type

图3 福道社会价值点核密度分析  
Fig. 3 Kernel density analysis of social value points in Fu Forest Trail

### 3 福道生态系统服务社会价值评估分析

#### 3.1 生态系统服务社会价值空间聚类分析

SoVES模型根据其内嵌的QGIS中的核密度工具，对调查得出的7 386个社会价值点进行核密度估计，可以从一定程度上反映受访者对福道各个社会价值点的偏好相应情况(图3)。社会价值点分布密度最高的是沉水桥、望江台、三号入口节点、山林茶室，标注个数分别是772、652、646、620，分别占价值点总数的10.452%、8.828%、8.746%、8.394%。

受访者对生态系统服务社会价值类型的

选择和分配金额在一定程度上能够反映出受访者对福道生态系统服务社会价值的态度。根据调查数据可知，受访者在9种生态系统服务社会价值类型的假定值金额分配中，对美学价值的金额分配均值为21.07元，是9种价值类型中金额分配均值最高的价值；历史价值为最低金额均值，只有4.11元。在假定总值为100元的金额分配上，受访者更加偏向将假定值金额分配给美学价值与疗愈价值，经济价值与历史价值的价值偏好较低。

SoVES模型利用QGIS中的平均最近邻工

具对不同利益相关者所标记的7 386个社会价值点(N)的地理坐标进行分析，得出平均最近邻统计数据。通过结果中的平均最近邻比率(R值)和标准差(Z值)获得福道中各个社会价值点的空间聚类特征，如表4所示， $R < 1$ 表示聚类， $R = 1$ 表示随机， $R > 1$ 表示分散。此外，SoVES模型对受访者的社会价值分配结果进行归一化处理，得出价值指数(Value Index, VI)，其中最大价值指数(Value Index Maximum, M-VI)<sup>[24]</sup>为该价值类型的价值指数的最高值，M-VI的值越高说明受访者对该种社会价值的满意度越高。

根据平均最近邻分析结果(表4)，福道生态系统服务9种社会价值类型在空间分布上都遵循聚类格局，表明模型的运行结果在空间上具有良好的聚类性。其中美学价值点的聚集程度最为显著，R值为0.008，受访者满意度最高，M-VI值为10，社会价值点数(N)为1 156个；而受访者对历史价值的满意度较低，M-VI值仅为4。9种社会价值类型M-VI值由高到低排序为：美学价值>娱乐价值>疗愈价值>精神价值>生物多样性价值>未来价值>经济价值>文化价值>历史价值。游客组对各类社会价值点的标记数量大于居民组，一定程度上可看出游客组对福道生态系统服务9种社会价值的感知程度较高。

#### 3.2 生态系统服务社会价值空间分布情况

根据SoVES模型的输出结果，得出各种社会价值类型初始核密度表面(Initial Kernel Density Surface, KD)，通过对各种社会价值类型的价值指数(VI)进行核密度分析，进一步得出各种社会价值类型的价值指数核密度表面(KDVI)。由此可以看出不同社会价值类型在分布上呈现的不同特征(图4)。

美学价值在三号入口节点、风铃塔与沉

表4 福道9种社会价值最大价值指数及空间聚类表  
Tab. 4 The MVI and spatial agglomeration table of 9 social values of Fu Forest Trail

社会价值类型 Social values	综合 All surveys			居民 Villager	游客 Tourist
	M-VI	N	R 值 (Z 值)	N	N
美学价值	10	1 156	0.008 (-64.525)	558	598
生物多样性价值	7	734	0.010 (-51.328)	341	393
文化价值	5	640	0.012 (-47.832)	303	337
经济价值	5	681	0.011 (-49.389)	313	368
未来价值	5	798	0.010 (-53.514)	371	427
历史价值	4	577	0.012 (-45.396)	272	305
娱乐价值	8	1 038	0.009 (-61.096)	514	524
精神价值	7	840	0.010 (-54.909)	421	419
疗愈价值	8	922	0.009 (-57.538)	453	469

水桥的价值指数聚集程度最高, KDMI 值为10, 这三个景点集中分布在梅峰山地公园的水体周边, 为游览者提供多样化的观景视角。游览者可以“远观”“中赏”“近品”湿地与景观空间, 在360°旋转的空中栈道漫步, 逐步领略不同角度的美景。五号入口节点与六号入口节点的娱乐价值聚集程度较高, KDMI 值为8, 但聚集范围较小, 未来需在配套设施和服务方面加以完善。疗愈价值中沉水桥、望江台、览福台的疗愈价值聚集程度最高, KDMI 值总体大于7, 最高值为8。这些地方的自然景色与公共活动空间完美结合, 作为天然氧吧, 也为市民提供了一个理想的休闲锻炼场所, 有助于身心健康。三号入口节点、风铃塔、沉水桥、望江台、览福台、月牙桥等区域构成了精神价值的显著热点, 这些热点区域与疗愈价值热点区域存在一定的相似性, 三号入口节点、风铃塔、沉水桥区域的精神价值与生物多样性价值聚集程度最高, KDMI 值为7。这三个社会价值点地理位置相近, 共同构成了一个小型湿地系统, 其湿地边缘设计巧妙地采用了自然过渡式护岸, 充分尊重了自然的生态流动, 通过乔木、灌木、草本植物的合理搭配, 形成了丰富的植

物群落, 共同营造出和谐且生态多样的湿地环境。

在访谈过程中, 部分热衷于摄影与观鸟的受访者表示, 他们在此地经常能够观测到如红耳鹎、栗背短脚鹎、绿翅短脚鹎、红嘴蓝鹳、白头鹎等多种本地优势鸟种, 福道已成为观鸟爱好者的天堂。未来价值、经济价值、文化价值与历史价值聚集程度相对较低, 说明不同利益相关者对于以上4种社会价值类型的感知程度较低, 其中, 能够代表历史价值的社会价值点最少。受访者普遍表示, 福道在人文开发方面存在不足, 沿途一些建筑多显荒废, 与路上游人如织景象形成强烈反差。受访者对于历史价值的感知, 除在高程较高的社会价值点(如望江台、览福台)能够观赏到闽江与整座城市风貌外, 部分受访者还在地图中标注出较能体现福道历史价值的梁峰寺。

### 3.3 环境变量对生态系统服务社会价值的影响分析

综合考虑福道的景观特征, 选取受访者偏好最为明显的美学价值、娱乐价值、疗愈价值、精神价值与生物多样性价值(M-VI ≥ 7)

5种社会价值类型进行进一步研究。通过运行SolVES模型, 对环境变量与福道生态系统服务社会价值指数进行线性回归分析, 得出环境变量下5种社会价值指数的响应曲线(图5)。

DTB与美学价值、娱乐价值及精神价值指数呈负相关, 其中与美学价值的拟合程度最高; 美学价值、娱乐价值与DTP在一定范围内呈正相关, 美学价值、娱乐价值、疗愈价值、精神价值、生物多样性价值受DTP的影响价值指数产生波动; 在0~100 m范围内DTBD与美学价值、娱乐价值、疗愈价值、精神价值、生物多样性价值的拟合效果较好; DTE、DTFD与美学价值、娱乐价值、疗愈价值、精神价值、生物多样性价值指数呈明显负相关。DEM与5种社会价值在高程小于80 m时呈负相关, 大于80 m时呈负相关; 美学价值、娱乐价值、疗愈价值、精神价值、生物多样性价值与SLOPE整体呈负相关, 其中与美学价值、疗愈价值拟合程度最高; NDM与美学价值、娱乐价值、疗愈价值、精神价值、生物多样性价值整体呈现负相关, 表明过高的植被覆盖率会影响社会价值的感知。对于LULC, 在自然环境中, 森林与水体对于提升福道生态系统服务社会价值有显著的正面影响, 建设用地对美学价值、娱乐价值的反馈呈现多样性。

根据环境变量刀切检验结果只使用该变量可知(图6): 5种距离环境变量对文化价值、经济价值、未来价值、历史价值分布的预测模拟精度较高; DTE与DTFD检验得分均大于0.8, 对预测效果增益最大, 表明其对9种社会价值的分布均有较大影响; LULC作为单一环境变量时, 对生物多样性价值、文化价值、经济价值与娱乐价值空间分布的模拟精度最低; 部分社会价值在当SLOPE作为单一环境

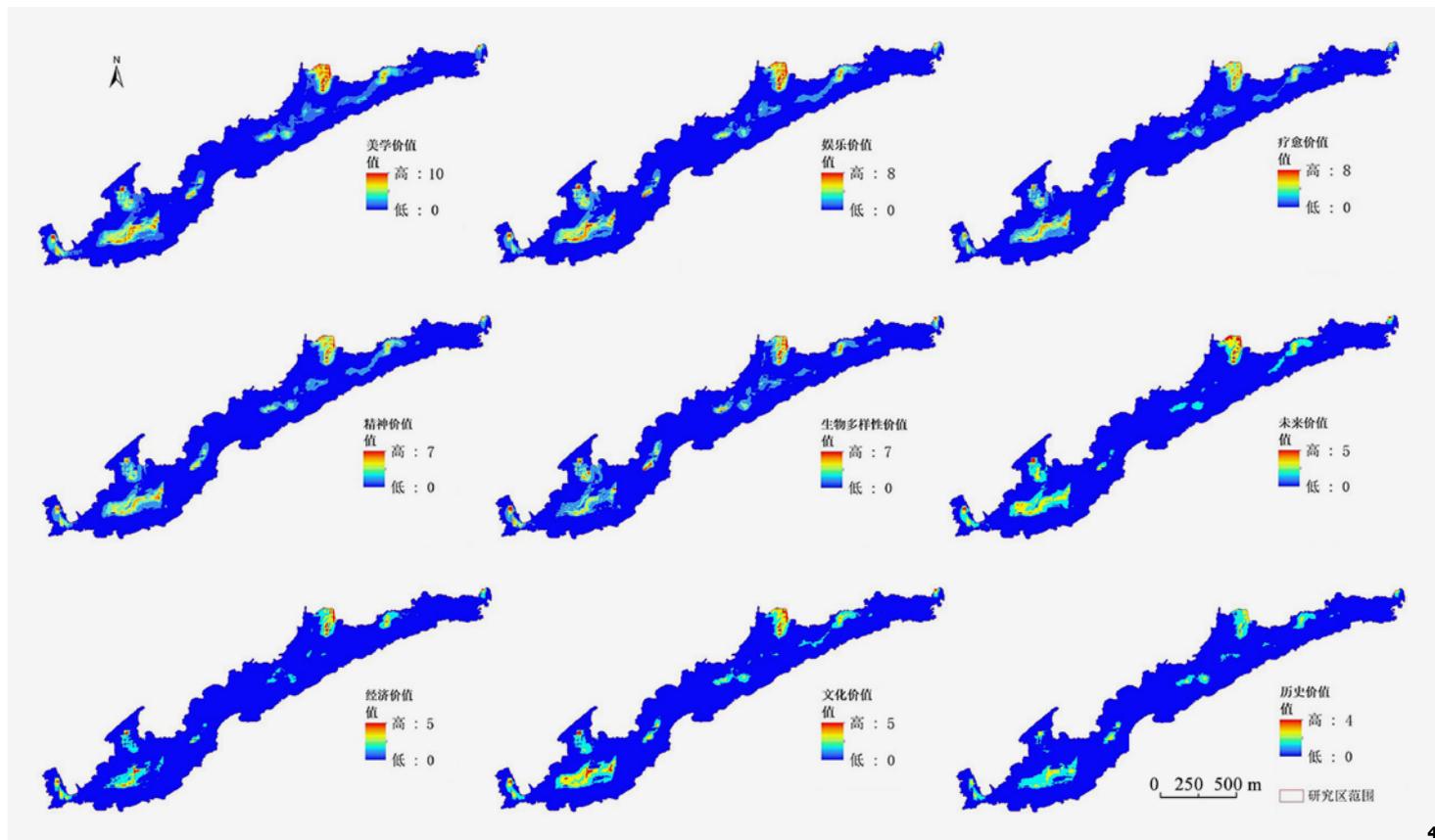


图4 福道社会价值空间分布  
Fig. 4 Spatial distribution of social values

变量时的空间分布模拟精度低于其他单一环境变量。

总体而言，仅使用9种环境变量中任何一种变量获得的社会价值空间分布的模拟精度远低于使用所有环境变量获得的社会价值空间分布。当研究中使用所有环境变量时，模型模拟的精度最高，间接表明应用SoVES模型并选择这9个环境变量进行社会价值指数空间制图研究的可靠性与准确性。

在对福道9种社会价值类型评估的AUC值 (Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve) 进行统计 (表5) 发现，其训练AUC值 (Training AUC) 与测试AUC值 (Test AUC) 均在0.9以上，这说明模型的评估结果极好，可信度

极高，并非常适用于福州福道生态系统服务社会价值的研究。

## 4 结语

### 4.1 主要结论

本文以福州福道两侧各40 ~ 60 m范围区域为研究对象，通过SoVES模型对该区域生态系统服务社会价值进行评估，分别探究了9种环境变量DTB、DTP、DTBD、DTE、DTFD、DEM、SLOPE、NDVI与LULC对生态系统服务社会价值指数的影响，最终利用MaxEnt模型对其进行刀切法检验与模型性能评估。

通过社会价值点核密度分析，结合不同利益相关者对不同社会价值的金额分配可

知，在城市森林步道中，美学是公众最为重视的社会价值类型。同时，SoVES模型的价值制图结果亦显示当前福道的美学价值较为

表5 模型评估结果  
Tab. 5 Model evaluation results

社会价值类型 Social value	训练 AUC 值 Training AUC	测试 AUC 值 Test AUC
美学价值	0.987	0.984
生物多样性价值	0.988	0.987
文化价值	0.986	0.978
经济价值	0.989	0.988
未来价值	0.987	0.990
历史价值	0.986	0.980
娱乐价值	0.989	0.987
精神价值	0.987	0.985
疗愈价值	0.989	0.987

突出, 最大价值指数为10, 而福道的文化价值与历史价值较低, 有待进一步挖掘和丰富。

不同环境变量对生态系统服务社会价值指数的影响不同。距离环境变量与不同类型的社会价值相关性较为明显, 拟合程度较高; 除此之外, 随着海拔逐渐升高, 价值指数呈下降趋势; 坡度较低的平缓区域价值指数较高; 过高的植被覆盖率会影响社会价值的感知; 小品、建设用地、水体、森林对于社会价值有较大影响。刀切检验结果表明, 当研究中使用所有环境变量时, 模型模拟的精度最高, 模型性能评估结果显示准确可靠。

#### 4.2 优化策略

(1) 结合不同利益相关者的价值需求, 通过社会价值辅助, 发掘景观空间潜力。社会价值作为一种多维度的概念, 可以将不同的利益相关者, 如居民、游客对自然界的认知和体验串联起来, 形成一个紧密相连的整体。通过提高公众对社会价值的感知, 可以更好地理解并促进对区域生态系统服务的全面认可。通过对社交媒体等网络文本数据的分析可知, 文化价值与历史价值具有福州福道特色, 公众对文化价值与历史价值的感知多以“福文化”“茶”“闽江”等高频词的形式出现。可通过沿福道增设“泡茶点”与打造“城市一闽江”

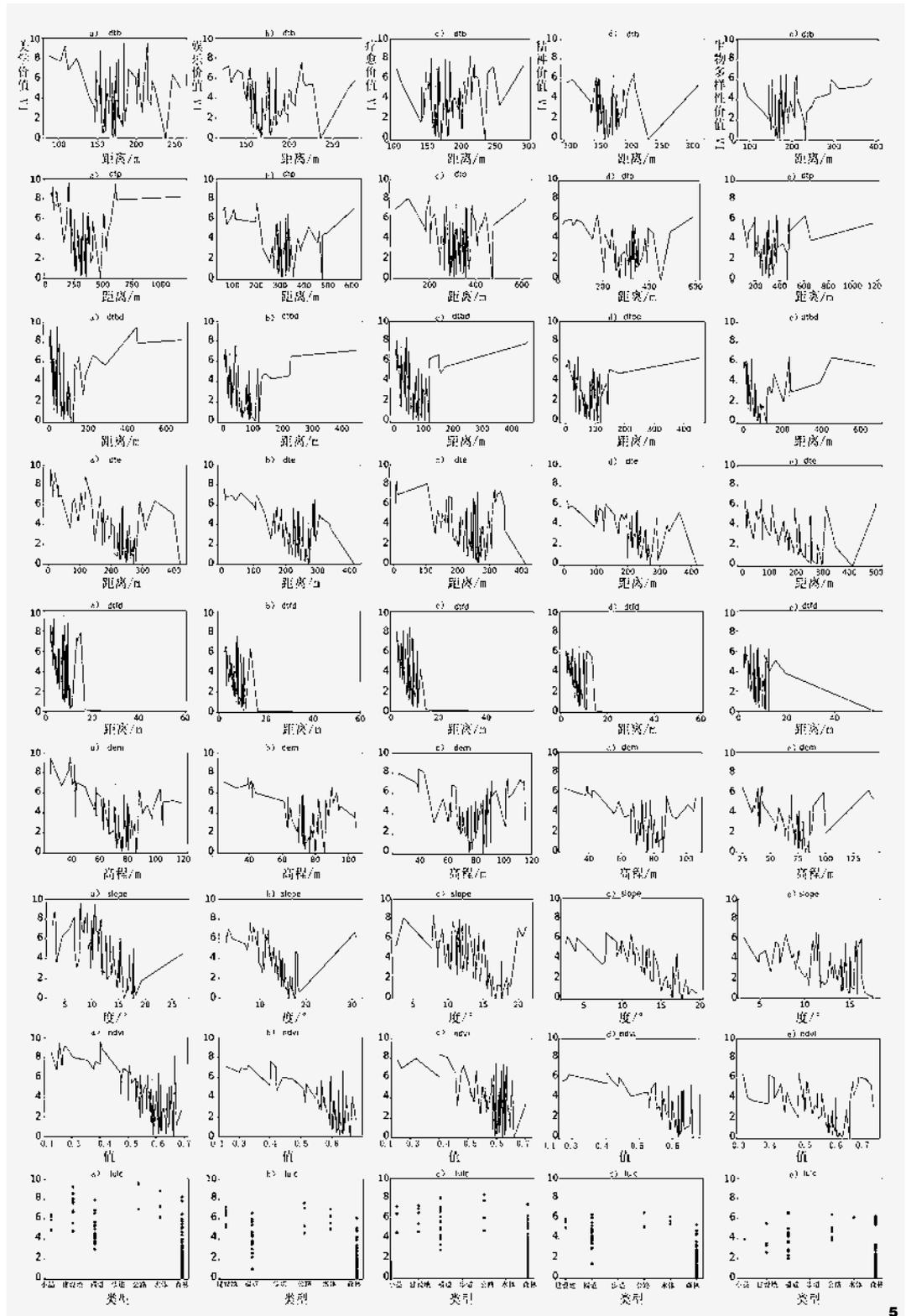


图5 各社会价值与环境变量关系图  
Fig. 5 Relationship between each value types and variables

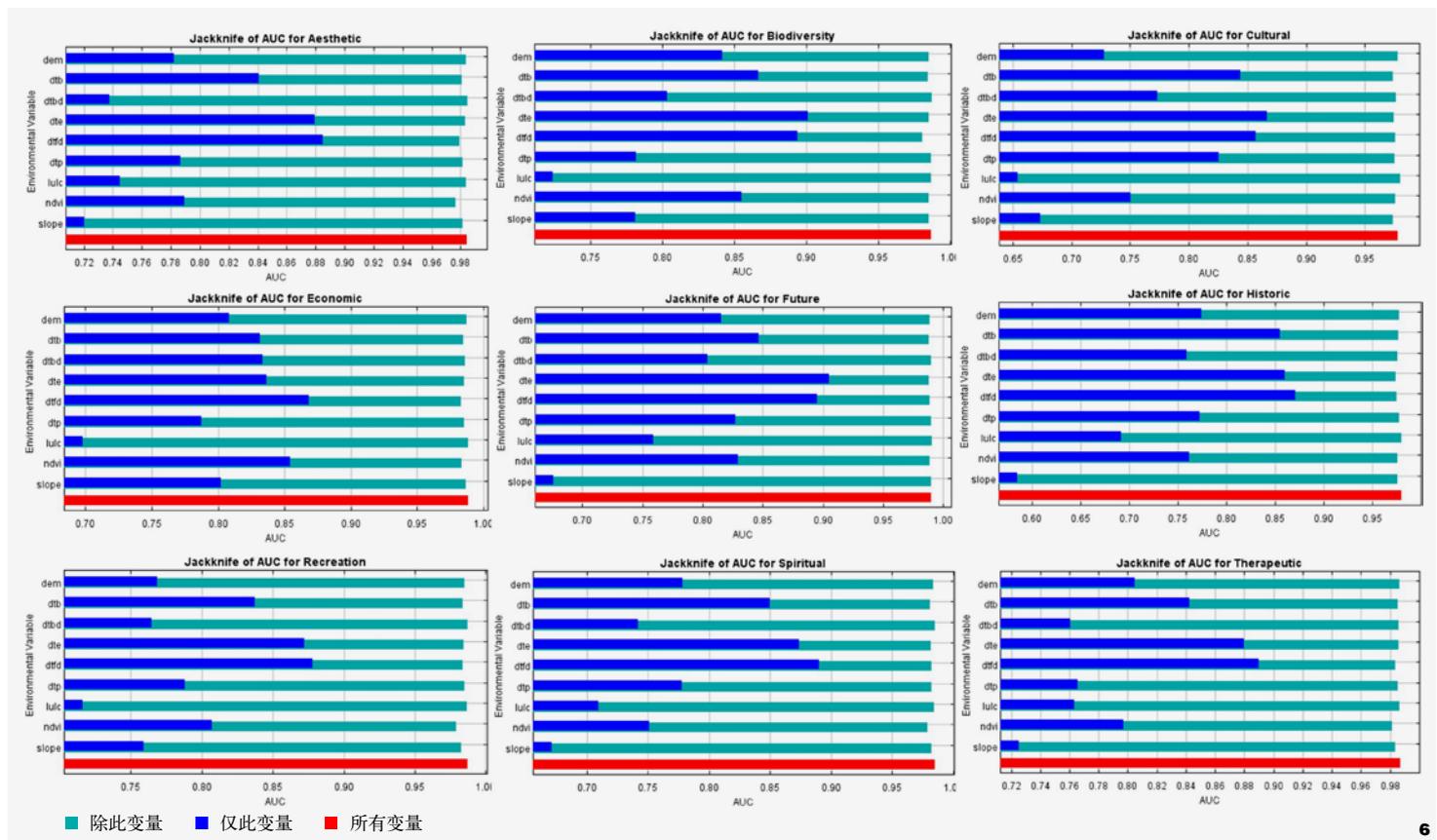


图6 环境变量刀切法检验图  
Fig. 6 Jackknife test plots for environmental variables

观景点等方式，发掘福道价值潜力，积极响应公众的价值需求，使福道展现出更多的文化价值、历史价值。

(2) 综合环境变量，合理进行资源配置，提供多样化景观。综合环境变量来看，可以利用高程与坡度的自然变换，运用中国古典园林中“借景”“框景”等手法，营造不同类型的景观空间。对于高程较高、坡度较大的路段，借助公众喜爱“登高望远”的游览心理，设置相应观景平台，营造开阔的俯瞰景观视野。对于NDVI值较高的区域，结合植被生长特点，用其优势打造小段“植物长廊”，突出福道“森林氧吧”“城市绿肺”的特色；或进一步通过乔、灌、草合理搭配营

造丰富意境，结合植物的造型、气味以及季相变化等特性，进一步提高其价值感知。利用水体对福道的影响，围绕水体设计多样化的娱乐空间，依据公众的亲水性，设计亲水栈道，增加公众与水体的连接性，提升其娱乐价值。根据不同年龄段的游览人群设置相应的景观空间，如增加儿童游玩空间及设施；通过植物等营造不同开敞程度的空间类型以满足不同利益相关者需求；通过距离变量的影响，增设步道出入口以便老年人等弱势群体的便捷出入。通过以上手段，打造多样化景观空间，促进人与人、人群与人群、人与空间的交流互动，维护景观环境公平性，进而突出福道的社会价值。

(3) 优化配套设施，提升游客服务。通过刀切法检验可知，DTE与DTF贡献最大，表明随着距离福道与出入口距离的增加，公众所感知到的社会价值越少；现场调研与访谈结果表明，福道在人性化设施、商业服务等方面依然存在不足。因此，在对福道进行优化管理时，可以从以下几点出发：进一步增加福道出入口节点，或对原有的出入口节点进行改造升级，如一号出入口选址在象山隧道附近，若有条件可以打通与东部两大公园——西湖公园、左海公园的连接，加深福道与西湖公园、左海公园的串联性。健全人性化配套设施，在福道沿线增设休闲座椅等供游览者休憩的设施；完善商业服务点与周

边配套设施, 增设山林茶室的公共垃圾桶数量, 及时检查自动售货机的配货管理。加强山体自然防护, 因福州多雨季和大风天气, 部分较为裸露的山体容易出现滑坡、水土流失等情况。利用自然植物、防护支架、防护网等自然与人工手段, 在灾害来临时, 最大限度地减小对周边步道环境的伤害及后续维护管理成本, 提升福道区域的自然灾害承载力, 进一步保护公众的生命财产安全。

#### 4.3 展望

本文通过社交媒体等网络评论数据获取公众对福道的感知, 使其研究在社会价值类型的选取上更具有科学性。此外, 本文采用SoMES模型探索城市森林步道这一带有复杂社会属性的生态系统服务社会价值, 增加以城市森林步道为主体的研究内容, 进一步扩充城市森林步道的研究方向。整体来说, SoMES模型对于城市森林步道景观空间生态系统服务社会价值的评估具有很好的性能, 评估结果可靠, 但后续仍存在进一步研究的空间。

(1) 研究区域内的土地利用与土地覆盖类型和植被覆盖的时空格局演变可能导致生态系统服务社会价值的变化, 未来可以进一步研究探讨其生态系统服务社会价值的时空变化, 从而丰富相关研究内容。

(2) 本文以福建福州福道为研究对象, 验证了SoMES模型对于城市森林步道社会价值评估的良好性能。由于福道贯穿交织森林、山地、公园等多种生态系统, 其“低影响开发”理念与独特的架空式结构, 使其生态系统与社会效益值得探究。在未来可结合本文的模型模拟结果, 运用SoMES模型的价值转移模块, 对与福道较为相似的其他城市森林步道, 如南昌磨盘山公园森林步道、厦门山海健康步道等, 进行转移预测, 对其生

态效益与生态系统服务社会价值进行进一步研究。 

注: 文中图表均由作者绘制。

#### 参考文献

- [1] 王明旭. 坚持生态优先引领绿色发展决策天地——保护南山国家公园生态系统的思考[J]. 林业与生态, 2022(11): 11-12.
- [2] LOOMES R, NEILL K O. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems[J]. *Pacific Conservation Biology*, 2000, 6(03): 274.
- [3] ROBERT C, DE G R, PAUL S, et al. Changes in the Global Value of Ecosystem Services[J]. *Global Environmental Change*, 2014, 26: 152-158.
- [4] 薛达元. 长白山自然保护区生物多样性非使用价值评估[J]. 中国环境科学, 2000, 20(2): 141-145.
- [5] 张乐勤, 荣慧芳. 条件价值法和机会成本法在小流域生态补偿标准估算中的应用——以安徽省秋浦河为例[J]. 水土保持通报, 2012, 32(04): 158-163.
- [6] 杨开忠, 白墨, 李莹, 等. 关于意愿调查价值评估法在我国环境领域应用的可行性探讨——以北京市居民支付意愿研究为例[J]. 地球科学进展, 2002(03): 420-425.
- [7] 成金华, 刘江宜. 生态系统服务价值评估研究进展[C]//“科学发展观与生态经济研究”——中国生态经济学会2004年学术年会论文集. 北京: 中国地质大学人文与经济学院, 2004: 7.
- [8] BROWN G, BRABYN L. The Extrapolation of Social Landscape Values to a National Level in New Zealand Using Landscape Character Classification[J]. *Applied Geography*, 2012, 35(1-2): 84-94.
- [9] SHERROUSE B C, SEMMENS D J, CLEMENT J M. An Application of Social Values for Ecosystem Services (SolVES) to Three National Forests in Colorado and Wyoming[J]. *Ecological Indicators*, 2014, 36: 68-79.
- [10] 王玉, 傅碧天, 吕永鹏, 等. 基于SolVES模型的生态系统服务社会价值评估——以吴淞炮台湾湿地森林公园为例[J]. 应用生态学报, 2016, 27(06): 1767-1774.
- [11] 马桥. 基于SolVES模型的湿地生态系统服务社会价值评估——以沪瀾湿地公园和洽川湿地为例[D]. 西安: 西北大学, 2018.
- [12] 马倩. 基于SolVES模型的城市综合公园生态系统服务社会价值研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2022.
- [13] 程丹阳, 李梦婷, 丁杨洋, 等. 基于生态系统服务社会价值的城市滨水空间评估——以黄浦江为例[J]. 上

海城市规划, 2018(05): 125-130.

- [14] 时光. 基于SolVES模型下岳麓山风景区生态系统服务社会价值评估[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2023.
- [15] 赵琪琪, 李晶, 刘婧雅, 等. 基于SolVES模型的关中—天水经济区生态系统文化服务评估[J]. 生态学报, 2018, 38(10): 3673-3681.
- [16] DUAN H, 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.
- [17] 林月彬, 刘健, 余坤勇, 等. 冠顶式步道景观环境感知评价研究——以福州“福道”为例[J]. 中国园林, 2019, 35(06): 72-77.
- [18] LOOK A, ARUP S. 福州“福道”森林步行道设计[J]. 景观设计学, 2018, 6(06): 67-73.
- [19] 柯彦, 林月彬, 林碧英, 等. 基于ArcGIS的“登山观城”眺望景观优化控制研究——以福州福道为例[J]. 中国园林, 2021, 37(12): 72-77.
- [20] LIE Z, LIN Y, DE MEULDER B, et al. Heterogeneous Landscapes of Urban Greenways in Shenzhen: Traffic Impact, Corridor Width and Land Use[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2020, 55: 126785.
- [21] 翟雪竹, 埃卡特·兰格. 运用社交媒体探索基于自然解决方案中的生态系统服务感知[J]. 景观设计学, 2020, 8(03): 58-77.
- [22] 张建国, 孟玮, 谢平林. 网络大数据视野下湿地型郊野公园形象投射与感知比较研究——以上海市青西郊野公园为例[J]. 自然保护地, 2022, 2(02): 103-114.
- [23] SAGIE H, MORRIS A, ROFÈ Y, et al. Cross-cultural Perceptions of Ecosystem Services: A Social Inquiry on Both Sides of the Israeli-Jordanian Border of the Southern Arava Valley Desert[J]. *Journal of Arid Environments*, 2013, 97: 38-48.
- [24] 高艳. 基于SolVES模型的秦岭山地森林公园生态系统服务社会价值评估[D]. 西安: 西北大学, 2018.
- [25] 张志成. 基于游客偏好的城市滨水空间生态系统服务社会价值评估及景观优化研究——以西安市沣河为例[D]. 西安: 西北大学, 2021.
- [26] GUAN D, RAN B, ZHOU L, et al. Assessing and Transferring Social Value of Ecosystem Services in Wetland Parks Based on SolVES Model[J]. *Ecological Indicators*, 2023, 157: 111300.
- [27] ZHANG H, GAO Y, HUA Y, et al. Assessing and Mapping Recreationists' Perceived Social Values for Ecosystem Services in the Qinling Mountains, China[J]. *Ecosystem Services*, 2019, 39: 101006.
- [28] ZHOU L, GUAN D, HUANG X, et al. Evaluation of the Cultural Ecosystem Services of Wetland Park[J]. *Ecological Indicators*, 2020, 114: 106286.