

基于PPGIS的山东省济南市泉城公园生态系统文化服务评估

Cultural Ecosystem Service Assessment of Quancheng Park in Jinan, Shandong Province Based on PPGIS

马健皓 郭其欣 郑龙文 宋 凤*
MA Jianhao GUO Qixin ZHENG Longwen SONG Feng*

(山东建筑大学建筑城规学院, 济南 250101)
(School of Architecture and Urban Planning, Shandong Jianzhu University, Jinan, Shandong, China, 250101)

文章编号: 1000-0283(2025)03-0083-07
DOI: 10. 12193 / j. laing. 2025. 03. 0083. 010
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2024-09-12
修回日期: 2024-12-24

摘 要
城市综合公园承载着多重文化服务功能,是公众生活和城市功能不可或缺的重要内容。量化评估生态系统文化服务(Cultural Ecosystem Services, CES)可以为优化城市综合公园配置、规划与管理提供有效途径。以济南泉城公园为例,使用问卷与半结构化访谈结合公众参与式地理信息系统收集研究数据,通过核密度分析、相关性分析和多种空间生态指数分析定量评估泉城公园CES价值空间分布特征。结果表明:济南泉城公园各CES类型间具有相关性,公园自身特色与同类型CES价值具有对应性;公园游憩服务价值空间分布较广,涵盖园区大部分区域,在公园休闲娱乐功能突出的西南区域比较集中;多样性价值较高区主要分布在文化服务种类多的公园东部;稀有度价值较高区域分布在单一文化功能稀缺的公园中心区域;通过空间生态指数综合分析,能够更准确划分城市综合公园CES优先改造提升和管理区域。由此可知,基于PPGIS量化评估CES可为城市更新背景下城市综合公园的改造提升等建设管理提供重要依据。

关键词
城市综合公园;生态系统文化服务;公众参与式地理信息系统;济南

Abstract
Urban comprehensive parks carry multiple cultural services and are indispensable to public life and urban functions. Quantitative evaluation of cultural ecosystem services (CES) can provide an effective way to optimize the configuration, planning and management of integrated urban comprehensive parks. Taking Jinan Quancheng Park as an example, we used questionnaires and semi-structured interviews combined with Public participatory geographic information system (PPGIS) to collect research data, and quantitatively assessed the spatial distribution characteristics of ecosystem cultural services values in the park through kernel density analysis, correlation analysis, and multiple spatial eco-index analysis. The results show that: Jinan Quancheng Park has correlation among CES types, and there is correspondence between the park's own characteristics and the value of the same type of CES. The spatial distribution of the park's recreational service value is broader, covering most of the park's area, and it is more concentrated in the southwestern area of the park where the park's recreational function is prominent. The area of higher value of diversity is mainly located in the eastern part of the park where the variety of cultural services is high. The area of higher value of rarity is located in the the center area of the park where single cultural functions are scarce. Through the comprehensive analysis of spatial ecological index, the ecosystem cultural services priority areas for urban comprehensive parks can be more accurately classified for upgrading and management. It can be seen that the quantitative ecosystem cultural service assessment based on the public participatory geographic information system can provide an important basis for the construction and management of urban comprehensive parks in the context of urban renewal.

Keywords
urban comprehensive park; cultural ecosystem services; public participatory geographic information system; Jinan

马健皓
1999年生/男/山东济南人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林规划设计

郭其欣
2003年生/女/山东肥城人/在读本科生/研究方向为风景园林规划设计

宋 凤
1976年生/女/山东招远人/博士/副教授/研究方向为风景园林规划设计、风景园林历史与理论、地域景观与生态实践智慧

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: 12976@sdjzu.edu.cn

基金项目:
教育部人文社会科学研究一般项目“大运河传统地域景观基因数据库构建与保护发展策略研究——以山东段为例”(编号: 21YJCZH172);
山东省社科规划项目一般项目“生态智慧引导的山东沿运城镇传统地景空间社会—生态韧性机制研究”(编号: P20220415144412234)

快速城市化进程加重了城市生态系统服务压力，面向人类福祉的生态系统文化服务（Cultural Ecosystem Services, CES）研究亟待展开^[1]。CES被解释为人们从生态系统中通过精神满足、认知能力发展、娱乐和美学体验等获得的非物质收益，具有无形性、主观性和非消耗性^[2]，目前相关研究多集中在价值评估、影响因素和供需关系方面。对于生态系统文化服务价值的考量，常采用货币价值评估和非货币价值评估两种方法：货币价值评估方法评估耗时长、差异性大，不能体现空间信息，难以将CES应用于实际的规划和管理；非货币价值评估能从多种角度诠释CES的多重价值，而且利益相关者的参与使其更加科学化，包括问卷调查法^[3-4]、公众参与地理信息系统（Public Participation Geographic Information System, PPGIS）^[5-8]、SoVES模型法^[9-10]、社交媒体数据调查法^[11-12]等。PPGIS作为一种切实可行的公众参与方法，能够准确地提供空间信息，快速评价CES价值并识别优先空间规划与管理的区域，其在国外多被应用于环境效益评价^[6]、生态系统文化服务评估^[7]等与公众利益息息相关的领域，国内多被应用于区域尺度城市保护地优先保护区域的划分及规划管理^[6]、县域尺度空间生态系统文化服务评估^[8]等。

城市综合公园，是城市公共开放空间的重要组成，是城市绿地系统的核心内容，具有完善的游憩和配套管理服务设施，以满足公众游憩、文化、娱乐等需求为主；是城市公园系统中功能最完备、使用频次最高、与居民户外休闲生活最为密切^[13]的公园类型，能提供众多与人类福祉^[14]相关的生态系统文化服务价值^[15]；是国家城市更新行动^[16]推动城市空间结构优化和品质提升的重要抓手。在绿色、开放、共享背景下，针对快速城市化产生的绿地破碎化程度高和人居环境品质不足等问题，《济南市城市更新专项规划（2021—2035）》提出健全公共开放空间体系，提升城市空间环境品质，进行城市综合公园存量更新。

目前对城市综合公园改造提升多从学者、专家、管理者等专业人士的角度考量，居民、游客等公众需求常被忽略。本研究以济南的泉城公园为对象，通过线下发放问卷与半结构式访谈结合PPGIS获取CES价值标识点，对公众感知到的CES价值进行参与式制图，根据公众标识的CES价值点进行空间分析，引入生态学中丰度、多样性、稀有度相关概念进行CES评估，为公众参与城市综合公园存量更新提质、空间结构调整等提供新的途径。

1 研究对象概况

泉城公园是济南最早的城市综合公园，地处济南市中心城区核心位置——历下区中部，属于经十路南侧千佛山与英雄山之间的过渡地

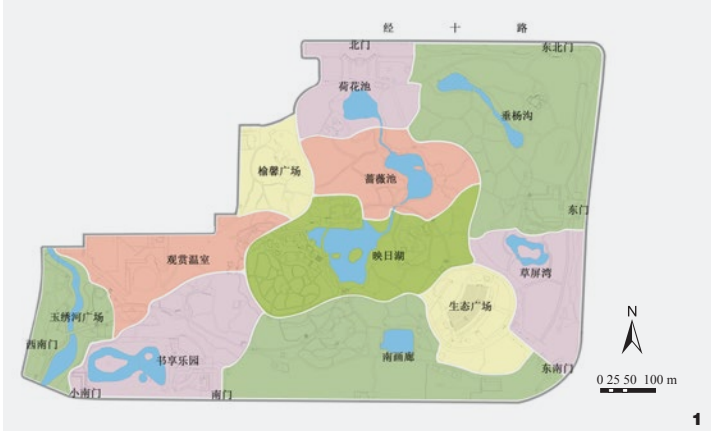


图1 泉城公园景观区域划分
Fig. 1 Quancheng Park landscape zoning

带，占地面积约46.7 hm²。公园空间结构采用集锦式的园林布局手法，路网层级分明，内环路连接各出入口和主要活动场地，“S”形生态栈桥贯穿东西，为游览全园提供良好的观赏视野和游览路径。根据景区分布、景观空间类型以及现有园路可将泉城公园大致分为11个景观区域：荷花池、蔷薇池、映日湖、垂杨沟、草屏湾、书享乐园、观赏温室、玉绣河广场、榆馨广场、南画廊和生态广场（图1）。

泉城公园发展过程反映了中国城市化进程中城市空间的拓展、公众需求的变化、公园性质的转变以及内容的调整，可以总结为4个阶段。第一个阶段，20世纪70年代前，场地位于济南市南郊浅山区，性质不详。第二个阶段，20世纪70年代的南郊果园，伴随着城市向南拓展，场地隶属于城市南缘的济南市南郊宾馆。第三个阶段，1981—1995年，济南南城的植物园时期：1981年在全国植物园建设热潮下，南郊果园改为济南植物园，为区域植物种类资源的培育和科普研究奠定了基础；1986年进行提质改造，成为济南南部城区重要组成，是市区内最大的专类公园；1995年成为国家首批向社会免费开放的城市公共绿地，在将植物园的科学研究、科普教育功能与公众休闲需求有机结合方面发挥示范作用。第4个阶段，2004年之后，济南中心城的城市综合公园时期：2004年，应城市发展和全民健身需求，济南植物园东迁章丘区，原园调整性质为城市综合公园，成为济南中心城规模最大的综合性公园；2014年响应国家政策增加了防灾避险功能。

泉城公园能够提供的生态系统服务主要为调节服务和文化服务，前身为植物园的它承载着重要的调节城市小气候作用，随着公众需求、公园性质和内容的变化，公园承载的文化服务也愈发重要。由此可以

看出, 泉城公园伴随着城镇化的推进, 经历了城市近郊游憩地发展成为城市核心地段综合公园的蜕变, 在中国城市综合公园体系内具有代表性和示范性。在生态保护与人居环境高质量发展的背景下, 城市综合公园面临着新一轮的改造提升, 本研究以济南的泉城公园为对象, 通过公众参与, 对其CES价值进行评估, 可为城市综合公园改造提升提供实施路径和重要参考。

2 研究步骤与方法

首先参照CES现有相关研究和预调研, 确定泉城公园CES指标并进行PPGIS标签的制作; 其次通过公众参与式制图结合问卷与半结构化访谈进行数据收集, 得到受访者的社会学特征及标识出的CES价值点的空间信息; 最后进行数据处理, 得出泉城公园不同CES类型间的相关性、CES空间分布特征及CES丰度、多样性、稀有度三种生态指数。

2.1 指标确定与标签制作

根据千年生态系统评估(MA)中对文化服务内容的解释, 在Hernández-Morcillo和Cheng等^[17-19]文化服务研究的基础上, 本研究对济南泉城公园文化服务指标进行预测。以此为参照依据, 于2024年3月初展开预调研, 观察泉城公园现状并分三次对30位受访者进行访谈。将访谈信息对比发现: (1) 受访者能够描述出对应文化服务在公园彩色平面上的大致地理位置, 这说明公众参与式制图法具有可行性; (2) PPGIS获取空间信息有较高的准确性和有效性, 选择能够通过PPGIS来获取数据的文化服务指标; (3) 泉城公园空间承载的功能与MA中有6项指标基本符合^[2], 适用于泉城公园生态系统文化服务评估。将预调研筛选出的文化服务评估指标与专家和公

众进行交流, 综合泉城公园承载功能和活动空间与CES的对应关系, 选择美学、教育、灵感、社会关系、地方感和游憩6种文化服务作为济南泉城公园生态系统文化服务评估指标。考虑到公众对CES了解程度的差异性, 将最终构建的文化服务评估指标转化为适用于公众选择且清晰易懂的PPGIS标签(表1)。

2.2 数据来源

通过PPGIS结合问卷与半结构化访谈调查以下内容: (1) 受访者属性特征, 包括性别、年龄、职业、受教育程度、来园目的、平时来园交通方式、路途时间等; (2) 受访者文化服务制图信息, 即提供公园彩色平面图, 受访者根据自身感知状况确定相对应的PPGIS标签, 并标出所在标识点的大致地理位置。

春分前后, 最适合人们赏花踏春, 此时的泉城公园百花齐放, 是公众来园最聚集的时段之一, 因此调查在2024年3月15-24日的7:00-17:00进行, 在济南泉城公园对游客、居民以及管理者随机发放纸质公园彩色平面图、问卷并采取半结构化访谈。为确保受访者给出的标识点科学有效, 筛选在泉城公园游览过三次以上且对公园有一定了解的受访者, 引导受访者了解调查目的、CES类型及相对应的PPGIS标签后开始正式调研, 时间控制

在15 min左右, 要求受访者用签字笔在提供的纸质地图上根据PPGIS标签以序号形式进行标记, 每种CES类型对应的PPGIS标签标识点标记数量控制在1~5个, 同时记录受访者口头表述的感受程度及影响因素。在泉城公园发放问卷与制图150份, 获取有效数据107份, 问卷有效率达到71.3%, 并获得PPGIS标识点共1 905个。

2.3 研究方法

(1) 对PPGIS结合问卷和半结构化访谈获取到的107份有效数据的属性特征进行人口学分析, 通过SPSS 27.0软件计算泉城公园不同生态系统文化服务间的Spearman相关性指数, 比较分析CES权衡协同相互作用关系。

(2) 扫描受访者标记有效的纸质版地图, 筛选出1 905个有效文化服务标识点, 将对应点的地理坐标信息输入ArcGIS平台, 划分研究区域为25 m×25 m的栅格单元格, 统计每个单元格对应每种CES标识点总数, 使用ArcGIS的核密度分析^[19]工具, 设置搜索半径25 m, 对泉城公园生态系统文化服务空间分布特征进行空间可视化分析, 计算见公式(1)。

$$f(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{h^2} k\left(\frac{s-c_i}{h}\right) \tag{1}$$

式中, $f(s)$ 代表空间某一位置 S 处的核密

表1 文化服务指标及PPGIS标签
Tab. 1 Cultural services indicators and PPGIS labeling

文化服务指标 Cultural service indicator	PPGIS 标签 PPGIS labeling
具有美学价值	①风景怡人 (的场所)
提供自然教育	②进行科普教育 (的场所)
能够启发创作	③激发人们创作灵感 (的场所)
增强社会联系	④与朋友交谈、见面 (的场所)
连接地方情感	⑤产生连接感、归属感 (的场所)
承载各类游憩活动	⑥散步通行、慢跑 (的场所), ⑦静坐、冥想、阅读 (的场所), ⑧儿童游乐 (的场所), ⑨健身、打球打拳 (的场所), ⑩唱歌跳舞、玩乐器 (的场所), ⑪写生、打牌下棋 (的场所), ⑫野餐、露营 (的场所), ⑬观演活动 (的场所)

度计算函数； h 为两点之间距离衰减阈值； n 为距离 S 的距离小于或等于 h 的位置点的个数； k 函数则表示空间的权重函数。这一公式的几何意义是密度值在每个核心要素 c_i 处最大，并且在远离 c_i 的过程中不断降低，直至与 c_i 的距离达到阈值 h 时核密度值降为0。

(3) 利用泉城公园CES价值标识点的空间信息计算济南泉城公园CES价值的丰度指数、多样性指数和稀有度指数，综合空间数据分析可量化评估泉城公园CES价值，具体计算见公式(2)–(5)^[20-22]。

$$A_p[x, y]_m = \sum_{j=P} B[x, y]_j \quad (2)$$

$$D_p[X, Y]_m = -\sum P[x, y]_m \ln P[x, y]_m \quad (3)$$

$$Q[x, y]_m = A_p[x, y]_m / \overline{A_p[x, y]_m} \quad (4)$$

$$R_G[x, y] = \frac{\sum_{m \in M} Q[x, y]_m}{|M|} \quad (5)$$

式中， A 为丰度指数， P 为文化服务标识点， $[x, y]$ 为每个单元标识点所在研究区域内坐标， m 为所有文化服务类型， j 为单位空间内标识点的数量， B 为单位区域， D 为多样性指数， Q 为在 $[x, y]$ 特定区域文化服务 m 的综合价值量， R 为稀有度指数， M 为所有相关的文化服务类型， $|M|$ 为文化服务类型的总数。

文中丰度指数表示在泉城公园不同景观区域所有受访者标识的生态系统文化服务价值点的总和，受访者标识的文化价值点数量越多，区域丰度指数越高；多样性指数用来表示泉城公园不同景观区域生态系统文化服务多样性指数值，利用香农—维纳多样性指数计算，CES种类越多的区域，其多样性指数值越大；稀有度指数表示在特定区域生态系统文化服务平均价值与整个景观区域所有CES价值的比值，区域中很少出现的生态系统文化服务种类越多，其稀有度越高。

3 结果与分析

3.1 泉城公园CES使用者的属性特征

受访者中性别比例上，男性(占51.4%)略多于女性(占48.6%)。年龄结构上，以65岁及以上老年人居多，占56.1%，人群活动以唱歌跳舞为主；其次为25~64岁人群，占比26.2%，人群活动以携带孩子家庭出游为主。受教育程度上，受访者的受教育水平相对较高，大中专及以上人群占比62.6%。职业类型呈现多样化，涵盖周边事业单位公务员、企业员工和高校在读学生。居住范围上，居住在历下区的当地居民所占比例最大(40.2%)。结果显示，不同人群的游园目的不同，观赏美景、休闲游憩为主要来园目的，其中青少年以观景、游乐为主，老年人更偏向于健身锻炼、唱歌跳舞等休闲游憩活动。

3.2 CES价值的空间分布特征及其相关分析

对6种生态系统文化服务价值进行核密度分析(图2)。研究发现，游憩是所有CES价值中所占频率最高的文化服务类型，其次为社会关系、美学和教育三类文化服务。灵感和地方感两类文化服务所占频率相对较低。由表2可以看出，不同CES价值在空间上存在显著性相关，除教育与地方感之间没有显著关联性，其他各个文化服务之间均有关

联性。其中美学与教育的相关系数最高，呈显著正相关($R^2=0.517$)，其次灵感与社会关系($R^2=0.361$)。

通过专家打分法得出6种文化服务占比权重，分别为游憩(23%)、美学(19%)、教育(18%)、社会关系(15%)、地方感(14%)和灵感(11%)。在ArcGIS栅格计算器中输入6种文化服务的空间数据，各文化服务权重相加得到泉城公园CES价值的空间分布(图3)，可以看出泉城公园CES价值主要集中在荷花池区、映日湖区。

不同CES类型的空间分布随景观区域、游憩活动的不同而不同。在6种文化服务类型中，教育服务分布较广，涵盖了公园内大部分的功能区域，其次是社会关系和游憩服务。生态系统文化服务价值随景观区域不同而变化(表3)。文化服务中，映日湖区分布着全园最高频率的美学(27.1%)、灵感(19.6%)、社会关系(29.6%)和地方感(28.4%)文化服务价值；教育主要分布在荷花池区(32.7%)、垂杨沟区(12.4%)和观赏温室(12.4%)；书享乐园区是游憩文化服务价值分布频率最高的区域(25.9%)。蔷薇池区、垂杨沟区和南画廊区也分布着较高频率的文化服务，而草屏湾区、玉绣河广场区、榆馨广场区和生态广场区分布的文化服务相对较少。

表2 生态系统文化服务斯皮尔曼等级相关分析
Tab. 2 Spearman rank correlation analysis for cultural ecosystem services

	美学 Aesthetic	教育 Education	灵感 Inspiration	社会关系 Social relation	地方感 Sense of place	游憩 Recreation
美学	1.000					
教育	0.517**	1.000				
灵感	0.357**	0.288**	1.000			
社会关系	0.250**	0.234*	0.361**	1.000		
地方感	0.313**	0.061	0.292**	0.286**	1.000	
游憩	0.272**	0.198*	0.252**	0.248*	0.265**	1.000

注：**表示 $p<0.01$ ，*表示 $p<0.05$ ， p 值越小，显著性相关越强。

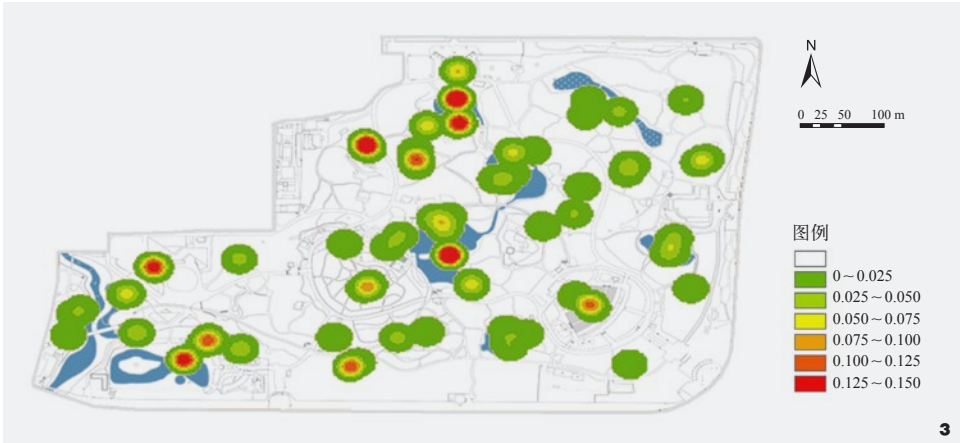
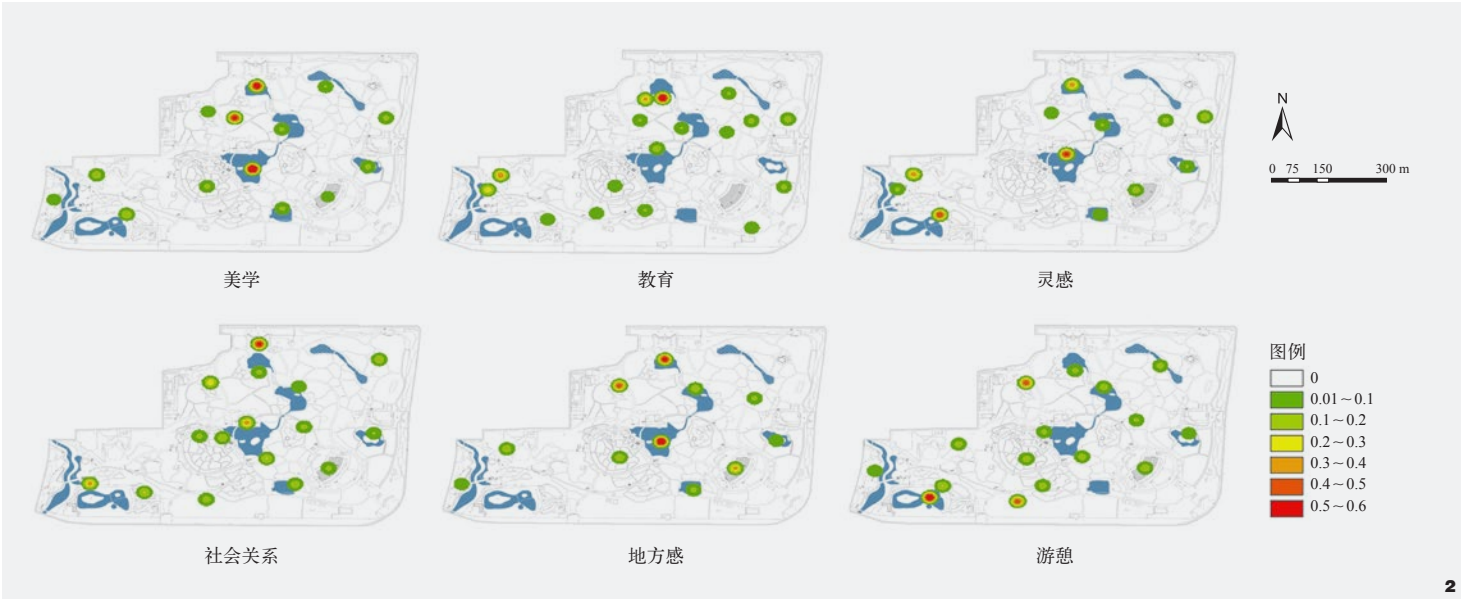


图2 6种生态系统文化服务价值的核密度分布
Fig. 2 Spatial distribution of kernel densities six cultural ecosystem services

图3 生态系统文化服务价值空间分布
Fig. 3 Spatial distribution of the value of cultural ecosystem services

3.3 泉城公园CES价值的空间生态指数特征

由表4可以看出，泉城公园文化服务丰度指数较高的区域主要位于中心偏北的区域，以映日湖区、荷花池区为主，其丰度值分别为30.77和29.06。与丰度指数相比，文化服务多样性价值较高的区域分布更广，主要分布在生态广场区，以及滨水的草坪湾区、映日湖区和荷花池区，多样性值在0.03 ~ 1.22。映日湖区和荷花池区的稀有度较高，最大值分

别为2.56和1.73。

4 讨论

4.1 CES类型的相关性

本研究发现，泉城公园的游憩、社会关系、美学和教育4种文化服务占比相对较高，较容易被公众感知，且相互之间关联性较强。其中游憩服务占比最高，最容易被公众感知，但研究发现美学服务与教育服务之

间的关联性最强且空间分布高度重叠，这与Arslan等^[23]的研究并不完全一致，可能是跟泉城公园自身突出的科普教育特色有关。

公众感知到泉城公园地方感文化服务价值最低，这与以往的研究^[6]结论一致。在泉城公园中地方感与美学、灵感、社会关系和游憩服务都具有较为显著的相关性，这可能是泉城公园的地域文化特色突出且容易被公众感知的体现，也表明城市综合公园的地方感服务不仅可以提升公众认同感和归属感，也能促进景观空间更新提升、激发人们的新想法、加强人们沟通交流和观赏游览。

本研究还发现泉城公园的教育服务与地方感服务之间相关性不强，推测公众在风景怡人、便于沟通交谈和激发人们灵感的场所更能产生对公园本身的连接感和归属感。

4.2 公园特点与CES价值的对应关系

城市综合公园相较于其他的公园绿地类型，园区规模更大，具备的空间和功能更完整丰富，具有更高的经济价值、环境价值和

表3 不同景观区域中的生态系统文化服务价值
Tab. 3 Cultural ecosystem services values in different landscape areas

景观区域 Landscape area	生态系统文化服务 Cultural ecosystem services					
	美学 /%	教育 /%	灵感 /%	社会关系 /%	地方感 /%	游憩 /%
荷花池区	20.2	32.7	13.1	20.6	19.1	3.7
蔷薇池区	21.2	9.8	7.3	2.7	5.6	4.3
映日湖区	27.1	7.6	19.6	29.6	28.4	15.9
垂杨沟区	7.4	12.4	11.3	5.6	4.3	4.1
草屏湾区	4.0	4.1	3.9	3.2	3.0	2.6
书享乐园区	5.8	2.9	18.5	6.2	0.0	25.9
观赏温室	5.2	12.4	13.1	0.0	5.6	4.3
玉绣河广场区	1.8	8.9	4.4	10.0	3.0	2.6
榆馨广场区	2.1	0.0	0.0	8.3	15.5	13.8
南画廊区	3.7	6.3	3.3	10.0	4.3	17.9
生态广场区	1.5	2.9	5.5	3.8	11.2	4.9

表4 生态系统文化服务价值在不同景观区域中的空间生态指数
Tab. 4 Spatial ecological indicators of cultural ecosystem services values in different landscape areas

景观区域 Landscape area	文化服务丰度 CES abundance			文化服务多样性 CES diversity			文化服务稀有度 CES rarity		
	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值
荷花池区	10.47	0.00	29.06	0.03	0.00	1.08	1.20	0.00	1.73
蔷薇池区	2.27	0.00	5.58	0.02	0.00	0.71	0.24	0.00	0.46
映日湖区	14.49	0.00	30.77	0.03	0.00	1.09	0.89	0.00	2.56
垂杨沟区	1.71	0.00	2.87	0.01	0.00	1.12	0.17	0.00	0.23
草屏湾区	0.38	0.00	0.83	0.04	0.00	1.12	0.07	0.00	0.08
书享乐园区	3.79	0.00	6.88	0.02	0.00	0.63	0.58	0.00	1.15
观赏温室	1.61	0.00	5.99	0.02	0.00	1.05	0.25	0.00	0.33
玉绣河广场	0.84	0.00	1.75	0.02	0.00	0.71	0.16	0.00	0.29
榆馨广场	2.22	0.00	3.67	0.01	0.00	0.40	0.39	0.00	0.55
南画廊区	1.97	0.00	5.04	0.01	0.00	0.70	0.22	0.00	0.42
生态广场	0.76	0.00	3.37	0.03	0.00	1.22	0.11	0.00	0.14

社会价值。城市综合公园的空间和功能类型上基本趋同，但因其独有的公园特色，公园所蕴含的文化和定位又有所差异。本研究发现，泉城公园CES中游憩和美学价值尤为突出，分别占比为18.2%和17.1%，这与Ridding等^[24]对英国利威尔郡

南部CES价值评价的研究相一致；泉城公园前身为植物园，尽管经改造成为现在的市级城市综合公园，仍留有对植物的科普教育特色，其教育价值占比为16.5%，与游憩和美学价值占比接近，说明城市综合公园自身特色与同类型CES价值相对应。

4.3 多种空间指标评估CES价值的运用

结合生态学中丰度、多样性和稀有度相关概念，运用PPGIS收集处理城市综合公园CES价值标识点的空间信息，利用SPSS 27.0和Past 4.16等统计软件计算得出城市综合公园CES的丰度指数、多样性指数和稀有度指数。研究表明，这些基于生态学理论得出的适用于计算CES的多种空间生态指数能够更加科学、准确地量化评估城市综合公园CES价值，能够更加精确反映CES价值的空间分布。以往的研究发现^[25]仅用CES价值丰度作为评估标准不够全面，相对的利用丰度、多样性、稀有度多种空间生态指数来评估城市综合公园CES价值更加具有准确性和全面性，且更适用于基于生态系统文化服务价值进行城市综合公园对应的优化提升和管理。

4.4 CES研究的不足

将PPGIS应用于城市综合公园CES价值评估的研究需要投入大量的人力、物力与财力资源，很难达到足够的公众参与广度。在之后的研究中可以结合大数据、社交媒体等弥补投入过多的问题，且具有一定的可参考性，公众参与的同时也能够保证研究的时效性。以具有典型性与示范性的单一城市综合公园还不足够得出准确的向同类城市综合公园推广的经验和观点，应选择多个案例地比较分析得出更加具体准确的适用于同类型城市综合公园的改造提升方法。

5 结论

本研究以济南泉城公园为例，通过PPGIS与问卷、半结构式访谈相结合的方法，探讨不同文化服务价值分布特征与景观区域的关系，并将获取到的泉城公园非货币价值和空间信息转化为生态学中的丰度指数、多样性

指数和稀有度指数，基于这些空间生态指数对济南城市综合公园定量评估。得出主要结论为：（1）城市综合公园能够为公众提供丰富的生态系统文化服务，从文化子服务类型来看，泉城公园公众感知生态系统文化服务的强度由高到低为游憩>社会关系>美学>教育>地方感>灵感。（2）公众感知济南泉城公园生态系统文化服务在不同的景观区域中有显著的差异性。从整体方面，济南泉城公园的文化服务热点区主要分布在映日湖区和荷花池区，其他景观区域的文化服务相对分散。（3）根据济南泉城公园生态系统文化服务丰度、多样性、稀有度等空间生态指数综合分析可知，映日湖区和荷花池区是园区内丰度指数和稀有度指数较高的景观区域，其中映日湖区的丰度指数和稀有度指数最高，其值分别为30.77和2.56。多样性指数较高的景观区域是草坪湾区和生态广场，这与园区现有景观列表结合现状道路所划分的景观区域相关联，多样性指数最高的是生态广场区，其值为1.22。（4）从各个文化子服务间权衡与协同关系看，美学服务与其他文化服务存在显著正相关，其中美学服务与灵感服务的相关性最强（ $R^2=0.410$ ）。教育服务与地方感服务之间没有相关性，其他各个文化服务之间都有高度相关性。

利用PPGIS对城市综合公园CES价值评估，使公众参与空间化、定量化，对城市综合公园改造提升起着重要作用。通过多种空间生态指标分析，丰度指数高的区域CES价值量高且公众聚集；多样性指数高的区域CES种类丰富，能够提供公众多种文化服务；稀有度指数高的区域因其提供的文化服务稀缺需保护利用，因此对城市综合公园丰度、多样性、稀有度高的区域需优先进行提升改造。今后，可利用大数据、社交媒体等网络平台结合

PPGIS，提升收集空间数据的时效性，对多个综合公园CES评估比较分析，为同类综合公园提供更多可推广的经验和方法。

注：文中图表均由作者绘制。

参考文献

[1] 谭铃千,郝培尧. 高密度城市面向人类福祉的生态系统文化服务研究进展[J]. 中国园林, 2024, 40(4): 36-42.

[2] REID W V, MOONEY H A, CROPPER A, et al. Ecosystems and Human Well-being-Synthesis: A Report of the Millennium Ecosystem Assessment[M]. Washington, D.C.: Island Press, 2005.

[3] 王鹏,李乐,李楠,等. 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[J]. 生态学报, 2024(10): 10-14.

[4] SONG L, WU M, WU Y, et al. Research on the Evaluation of Cultural Ecosystem Services in Zhengzhou Urban Parks Based on Public Perceptions[J]. Sustainability, 2023, 15(15): 11964.

[5] CANEDOLI C, BULLOCK C, COLLIER M J, et al. Public Participatory Mapping of Cultural Ecosystem Services: Citizen Perception and Park Management in the Parco Nord of Milan (Italy)[J]. Sustainability, 2017, 9(6): 891.

[6] 彭婉婷,刘文倩,蔡文博,等. 基于参与式制图的城市保护地生态系统文化服务价值评价——以上海共青森林公园为例[J]. 应用生态学报, 2019, 30(02): 439-448.

[7] 赵雨晴,游巍斌,林雪儿,等. 游客和居民视角下武夷山市生态系统文化服务感知比较研究[J]. 生态学报, 2022, 42(10): 4011-4022.

[8] HUANG R, LIU Y, LIANG S, et al. Social Value of Urban Green Space Based on Visitors' Perceptions: The Case of the Summer Palace, Beijing, China[J]. Forests, 2023, 14(11): 2192.

[9] 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[J]. 生态学报, 2018, 38(10): 3682-3691.

[10] ANCONA Z H, BAGSTAD K J, LE L, et al. Spatial Social Value Distributions for Multiple User Groups in a Coastal National Park[J]. Ocean & Coastal Management, 2022, 222: 106126.

[11] 左妍蕾,常军,刘伟. 游客视角下城市公园生态系统文化服务评估——以济南大明湖公园为例[J]. 桂林理工大学学报, 2024, 44(03): 549-560.

[12] DAYMOND T, ANDREW M E, KOBRYN H T. Crowdsourcing Social Values Data: Flickr and Public

Participation GIS Provide Different Perspectives of Ecosystem Services in a Remote Coastal Region[J]. Ecosystem Services, 2023, 64: 101566.

[13] DADE M C, MITCHELL M G E, BROWN G, et al. The Effects of Urban Greenspace Characteristics and Socio-demographics Vary Among Cultural Ecosystem Services[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2020, 49: 126641.

[14] BENNETT E M, CRAMER W, BEGOSSI A, et al. Linking Biodiversity, Ecosystem Services, and Human Well-being: Three Challenges for Designing Research for Sustainability[J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2015, 14: 76-85.

[15] HANIF A, SHIRAZI S A, MAJID A. Role of Community for Improvement of Ecosystem Services in Urban Parks[J]. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 2020, 57(6): 1591-1596.

[16] 北京市人民政府. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[EB/OL]. (2021-03-13)[2024-08-27]. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202103/t20210313_2306780.html

[17] HERNÁNDEZ-MORCILLO M, PLIENINGER T, BIELING C. An Empirical Review of Cultural Ecosystem Service Indicators[J]. Ecological Indicators, 2013, 29: 434-444.

[18] CHENG X, VAN D S, LI L, et al. Evaluation of Cultural Ecosystem Services: A Review of Methods[J]. Ecosystem Services, 2019, 37: 100925.

[19] 禹文豪,艾廷华. 核密度估计法支持下的网络空间POI点可视化与分析[J]. 测绘学报, 2015, 44(01): 82-90.

[20] RAYMOND C M, BRYAN B A, MACDONALD D H, et al. Mapping Community Values for Natural Capital and Ecosystem Services[J]. Ecological Economics, 2009, 68(5): 1301-1315.

[21] SHANNON C E. A Mathematical Theory of Communication[J]. Bell Systems Technical Journal, 1948, 27(4): 623-656.

[22] MAGURRAN A E. Measuring Biological Diversity[J]. Current Biology, 2021, 31(19): 1174-1177.

[23] ARSLAN E S, ÖRÜCÜ Ö K. MaxEnt Modelling of the Potential Distribution Areas of Cultural Ecosystem Services Using Social Media Data and GIS[J]. Environment, Development and Sustainability, 2021, 23(2): 2655-2667.

[24] RIDDING L E, REDHEAD J W, OLIVER T H, et al. The Importance of Landscape Characteristics for the Delivery of Cultural Ecosystem Services[J]. Journal of Environmental Management, 2018, 206: 1145-1154.

[25] PURVIS A, HECTOR A. Getting the Measure of Biodiversity[J]. Nature, 2000, 405(6783): 212-219.