

DOI: 10.20103/j.stxb.202308091716

骆畅, 王方民, 李高高, 杨朝现. 山地多中心城市公园绿地生态系统文化服务供需匹配特征. 生态学报, 2024, 44(13): 5816-5827.

Luo C, Wang F M, Li G G, Yang C X. Identifying supply-demand spatial matches of cultural ecosystem services provided by urban parks in polycentric mountainous cities. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(13): 5816-5827.

山地多中心城市公园绿地生态系统文化服务供需匹配特征

骆 畅^{1,*}, 王方民², 李高高³, 杨朝现³

1 西南大学园艺园林学院, 重庆 400715

2 重庆市地理信息与遥感应用中心, 重庆 401147

3 西南大学资源环境学院, 重庆 400715

摘要:城市公园绿地为居民提供了重要的生态系统文化服务,在促进居民身心健康和提高社会福祉方面发挥着关键作用。以典型山地城市重庆中心城区为例,构建供需匹配评估体系,利用多源数据量化供给与需求,识别供需平衡与协调发展关系。结果表明:①重庆市中心城区城市公园绿地生态系统文化服务供需具有显著空间异质性,供给呈北高南低、分散布局的格局,需求呈中心高、外围低的格局;②生态系统文化服务供需失衡特征显著,其中 52.38%的组团文化服务供给滞后,33.33%的组团属于供给超前状态;供需耦合协调指数平均值为 0.50,协调发展程度空间分布呈“中心高、外围低”格局;③综合分析供需均衡与耦合协调结果发现,由于供给超前导致了外围城市组团的失调发展,而城市中心区域组团在供给滞后状态下维持了中等水平协调发展程度。总体来看,重庆市中心城区各组团存在不同程度的公园绿地生态系统文化服务供需错配,基于评估提出针对性的城市公园绿地优化策略,可为公园绿地的合理配置与规划提供重要支持。

关键词:城市公园绿地;生态系统文化服务;山地城市;供需平衡;协调发展

Identifying supply-demand spatial matches of cultural ecosystem services provided by urban parks in polycentric mountainous cities

LUO Chang^{1,*}, WANG Fangmin², LI Gaogao³, YANG Chaoxian³

1 College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China

2 Chongqing Geographic Information and Remote Sensing Application Center, Chongqing 401147, China

3 College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Urban parks provide residents with significant cultural ecosystem services (CES) and play a key role in promoting their physical and mental health, contributing to human well-being. With the rapid urbanization in China, many cities have been generally facing the challenges of uneven distribution of urban parks and mismatches of supply and demand in built-up areas. Mountainous cities have unique natural environments that are different from those in plain cities. With the highly dense population, mountainous cities are facing more severe pressure of intense land use, and complex terrain, which may lead to a serious imbalance in the supply and demand of urban parks. This study aims to identify the supply-demand spatial matches and mismatches of cultural ecosystem services (CES) provided by urban parks in polycentric mountainous cities. To do so, we constructed a supply-demand matching assessment framework by taking the central city of Chongqing, a typical mountainous city, as an example. It provided a new approach by utilizing a multi-dimensional indicator system to

基金项目:国家自然科学基金面上项目(42171257)

收稿日期:2023-08-09; 网络出版日期:2024-04-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: llc555118@swu.edu.cn

analyze the CES supply-demand balance and coordination relationship of urban parks based on multi-source data. The result shows that: ① The supply and demand of cultural ecosystem services in urban parks in Chongqing has a significant spatial heterogeneity. The pattern of CES supply is distributed a high in the north and a low in the south, while the high demand is concentrated in the urban centers. Compared to the demand, the CES supply showed a more decentralized pattern. ② The results showed a significant spatial imbalance between the supply and demand of urban parks, with 52.38% of the clusters having an insufficient supply of cultural services, and 33.33% of the clusters in the condition of over-supply. The coupling coordinated degree between CES supply and demand demonstrated a gradual decline from the center to the periphery, with an average value of 0.50; ③ Based on the assessment of supply-demand balance and coupling coordination, our findings demonstrated that the uncoordinated development in peripheral urban clusters was mainly caused by the oversupply, while the central cluster maintained a moderate level of coordinated development with insufficient supply. Overall, most of the urban clusters in the central area of Chongqing have a certain degree of mismatch between the CES supply and demand of urban parks. Therefore, this study proposed targeted urban green space planning and management strategies based on the CES supply-demand assessment. The results can provide suggestions for rational allocation and management of urban parks for decision-making, supporting urban green space planning and management in mountainous cities.

Key Words: urban parks; cultural ecosystem services; mountainous cities; supply-demand balance; coupling coordination

近年全球新冠疫情的大流行激发了大众对健康生活方式的高度关注,高密度城市地区的居民更加向往具有充分自然接触机会的居住环境^[1]。作为城市地区中重要的绿色空间,城市公园绿地在促进居民福祉和身心健康方面发挥着关键作用^[2-3]。城市公园绿地在为人类社会提供调节与支持服务的同时^[4-5],还提供了重要的生态系统文化服务^[6-7]。生态系统文化服务(cultural ecosystem services, CES)是指人类从生态系统中获得精神满足、认知能力发展、审美体验、娱乐等非物质收益^[8-10]。在城市“社会-经济-自然”复合生态系统中,城市公园绿地与居民日常生活紧密联系,对促进居民身心健康、提升社会福祉、改善居民生活品质具有重要作用^[11-12]。作为与城市居民联系最紧密的生态空间类型,城市公园通常是提供生态系统文化服务的主要载体,能够提供给复合的多类 CES,例如既提供美学价值又提供娱乐价值^[3, 8]。然而,随着我国快速的城镇化进程,城市地区普遍面临建成区内公园绿地分布不均、供需错配等问题^[13-15]。近年来,生态系统服务供需关系研究成果日益增长,但主要集中在生态系统服务总体价值的供需评估与制图^[16-18]、不同尺度的供需时空特征与驱动机制^[19-20]、基于供需关系的国土空间管理^[21]等方面。目前,对于 CES 供需匹配的研究较多聚焦于文化服务的现状供给水平评估^[22-23],虽然部分研究基于供需视角对城市公园绿地的公平性进行探讨,但指标选择仍然主要集中在表征公园绿地现状供给水平的可达性、密度(数量)、空间分布等方面^[24-28]。在研究方法上,由于 CES 具有非物质性与依赖主观感知等特质,不同研究中的评估方法差异较大。在前期研究中,条件价值法、旅行成本法、支付意愿法等货币化价值评估方法被大量应用^[29-31]。然而,以往的货币化价值法在可能准确难以表征类型丰富的 CES 价值。近年来,大量研究综合考虑主观偏好表达与客观空间映射,采用了非货币化的 CES 量化方法,例如,利用公众参与制图(PPGIS)、多源城市空间数据分析、社交媒体文本与图像分析等^[32-35]。总的来看,城市公园绿地 CES 的评估体系尚未形成统一,系统性探讨城市公园绿地的 CES 供需匹配评估体系,有利于拓展生态系统文化服务的研究深度。

我国山地面积约占到全国陆地面积的 2/3,山地城市数量众多、分布广泛^[36]。山地城市具有不同于平原地区的独特自然环境条件。在人口不断向城市集聚的压力下,面临更严峻的用地紧张、地形复杂、绿地分布不均等问题^[37]。首先,山体阻隔和河流下切形成的高低起伏地貌,决定了山地城市大多采用“多中心、多组团”格局^[38],导致了城市公园绿地往往分布于各组团周边山体。而在人口集聚的城市中心区,尤其是发展较早的老城区,绿地数量与规模都相对紧缺,城市公园绿地的 CES 供给和需求之间存在差距^[39]。其次,各城市组团内的人口密度、用地条件、发展时序、建设情况都具有较大差异,CES 需求程度也差异较大。而由于自然山体

的阻隔,大量规模较大、地势平坦的城市新区公园绿地建设也难以有效缓解中心组团绿地供应短缺的问题^[40]。目前,相关研究主要从供给层面对山地城市绿地的游憩服务功能方面展开丰富研究,但由于各类文化服务之间难以精确量划分界限,例如,城市公园绿地提供游憩服务的同时也提供了的审美体验和精神价值。因此,构建城市公园绿地 CES 的供需评估体系,是进一步精细化评估与管理山地城市绿地资源的前提^[41]。本文以典型山地城市重庆市中心城区为例,聚焦人类社会活动聚集的城市建成区范围,选取多层次客观环境指标和社会经济指标,利用多源数据量化山地多中心城市公园绿地 CES 供需水平,采用非货币定量方法识别 CES 供需匹配关系,以期为重庆市中心城区的城市公园绿地资源保护与可持续利用提供支持。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

重庆市位于长江上游,是我国典型的西部山地城市,地貌以丘陵、山地为主,坡地面积较大。主城区内河谷、坡地、山脊交错分布,地势由西北向东南倾斜,缙云山、中梁山、铜锣山、明月山自北向南形成平行岭谷,嘉陵江和长江由西向东在此交汇。城区内地形复杂多样,有近一半的城市建成区分布在坡度 25% 以上的坡地上^[41-42]。受到自然山体河流的阻隔,重庆市中心城区保持了清晰的“多中心、多组团”城市空间结构。本文依据《重庆市城乡总体规划(2007—2020)》选取重庆市中心城区建成区作为研究区,将重庆市中心城区划分为 21 个组团,是重庆市中心城区人口、经济、社会发展的集中区域(图 1)。

《2021 年城市建设统计年鉴》数据显示,重庆市人均公园绿地面积较高(16.67m^2)^[43]。然而,通过遥感影像图解译、网络地图 POI 和 AOI 数据,结合实地调研与人工识别发现,在重庆中心城区组团范围内的人均公园绿地面积不足 $10\text{m}^2/\text{人}$,远低于全国平均水平($14.87\text{m}^2/\text{人}$)。同时,中心城区各组团公园绿地数量与规模均有明显差异,地势平坦、设施完善的城市新区公园绿地数量与面积显著高于人口集聚、发展较早的老城区;各城市组团内的人口密度、用地条件、建设情况都具有较大差异。整体来看,重庆中心城区组团存在城市公园绿地分布不均、人均面积不足的问题。

1.2 数据来源

研究中使用的数据主要包括多源空间矢量数据以及社会经济数据:(1)土地利用现状数据来源于全球 10m 地表覆盖数据(<http://www.globallandcover.com/>);(2)人口数据来源于重庆市中心城区各区第七次人口普查公报;(3)POI 数据:通过高德地图 API 获取,共获得中心城区全类别 POI 共 793577 个;(4)居住小区数据源自安居客网站(<https://chongqing.anjuke.com/>),包括经济适用房、普通住宅、公租房、别墅等四种类型,公租房小区信息来源于重庆市公共租赁住房管理局网站;(5)路网数据源自开放街道地图网站(<https://www.openstreetmap.org/>)。

2 研究方法

本文根据前期研究基础与山地城市特征,构建了山地多中心城市公园绿地文化服务供需匹配评估体系;

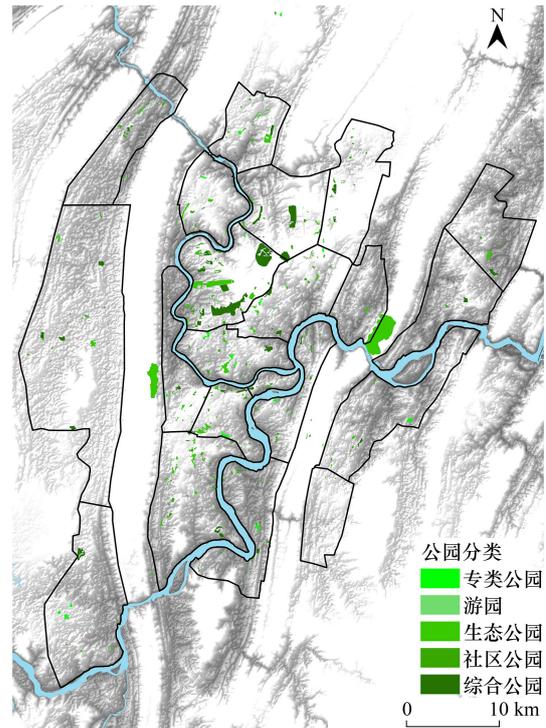


图 1 研究范围

Fig.1 Study area

采用离差标准化对 CES 供给与需求指标数据进行标准化处理,并采用耦合协调模型分析 CES 供需关系,划分供需平衡类型与供需协调发展等级,通过 ArcGIS 工具在各组团单元进行空间表达。主要分为以下 3 个步骤:(1)从供给数量、供给质量、供给效率与空间配置四个维度,量化城市公园绿地 CES 供给水平;(2)从社会需求与物质需求两个维度,量化公园绿地需求水平;(3)采用供需差值法分析供需平衡,采用耦合协调模型分析供需协调发展程度。

2.1 CES 供需水平量化

本文采用熵权法计算 CES 供给与需求指标权重^[44],并综合评估各个组团供给与需求指数。

$$u_2 = \sum_i^n X_i W_i \quad (1)$$

式中, u_2 为 CES 供给/需求指数, X_i 为指标数值, W_i 为指标权重。

2.2 CES 供需匹配类型与耦合协调指数

本文以城市组团为研究单元,供需平衡参考相关研究案例采用供需差值法,通过标准化后的供给与需求指数直接差值反映供需均衡状况^[45]。当供给指数大于需求指数时,为供给超前型;当供给指数等于需求指数时为供需平衡型;当供给指数小于需求指数时,为供给滞后型。供需匹配采用耦合协调模型分析供需协调发展关系,耦合协调模型通常用于衡量两个或多个变量之间相互影响与协调一致性关系,在生态系统服务供需研究中常用于评估供给与需求空间分布的一致程度,识别生态系统服务供需匹配关系^[44-46]。本文将城市公园绿地 CES 的供给与需求作为两个交互作用的系统,耦合协调模型计算公式:

$$C = n \left\{ \frac{\{u_1 \times u_2 \times u_3 \cdots u_n\}^{\frac{1}{k}}}{\prod [u_i + u_j]^k} \right\} = \frac{2 \sqrt{u_1 u_2}}{u_1 + u_2} \quad (2)$$

$$T = \alpha u_1 + \beta u_2 \quad (3)$$

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

式中, u 为供给与需求指数, C 为供需耦合度, T 为协调指数,且 $T \in [0, 1]$; α, β 为待定系数,本文假设公园供给侧与居民需求侧同等重要,因此 α, β 均取值 0.5; D 为供需耦合协调度,且 $D \in [0, 1]$, D 越大表明供需耦合协调度越高,参考相关文献将 D 值划分为 10 个 CES 供需耦合协调等级^[47],并进一步划分耦合协调发展类型^[44, 48](表 1)。

表 1 耦合协调等级和类型划分

Table 1 Coupling coordination classification

协调发展类型 Coordination type	协调程度 Coordination level	耦合协调指数 Coordination degree	协调发展类型 Coordination type	协调程度 Coordination level	耦合协调指数 Coordination degree
协调发展 Coordinated development	优质协调	0.9—1.0	失调发展 Uncoordinated development	轻度失调	0.3—0.4
	良好协调	0.8—0.9		中度失调	0.2—0.3
	中级协调	0.7—0.8		严重失调	0.1—0.2
	初级协调	0.6—0.7		极度失调	0.0—0.1
过渡发展 Transformation development	勉强协调	0.5—0.6			
	濒临失调	0.4—0.5			

2.3 CES 供需指标体系

2.3.1 CES 供给测算

基于《城市绿地分类标准》(CJJ/T85—2017)与《重庆市城市园林绿化条例》对公园绿地范围进行划定,总共包含 453 个公园绿地。根据已有研究基础与对山地多中心城市公园 CES 供需的理解,本文主要选取了供给数量、供给质量、供给效率及空间配置四个维度,构建城市公园绿地 CES 供给水平测算体系:(1)供给数量表征公园绿地供给的绝对数量,主要指公园绿地面积、人均公园绿地面积等两个指标。(2)供给质量反映各

个公园绿地的服务能力差异,选取在相关研究中普遍认可对公园使用具有重要影响的公园水景占比和公园植被覆盖两个具体指标^[47, 49]。(3)供给效率主要体现在居民获取 CES 的便捷程度,以绝对时间值衡量供给效率,选取 15min 公园服务覆盖率、15min 公园服务重叠率两个指标,服务重叠率在在一定程度上代表居民在步行 15min 内获得公园服务的机会指数。(4)空间配置主要反映公园绿地分布与人口分布是否匹配,选取人均公园绿地区位熵与人均公园绿地服务区位熵来衡量(表 2)。各指标权重通过熵权法获得,结果见表 2、表 3。

表 2 城市公园绿地文化服务供给评价指标体系

Table 2 Indicators of mapping the supply of CES

类别 Type	一级指标 First level	二级指标 Secondary level	指标描述 Description	指标方向 Direction	权重 Weight
供给 Supply	供给数量	公园绿地面积	组团内部公园绿地总面积。	+	0.147
		人均公园绿地面积	组团内部平均人均公园绿地面积。	+	0.188
	供给质量	公园水景占比	组团内所有公园内水体面积占比	+	0.275
		公园植被覆盖	组团内公园 NDVI 指数均值	+	0.066
	供给效率	15min 公园服务覆盖率	公园 15min 步行范围内居住区的占比。	+	0.070
		15min 公园服务重叠率	公园 15min 步行范围内重复覆盖的居住区占比。	+	0.033
	空间配置	人均公园绿地区位熵	组团内公园绿地面积与组团人口之比/研究区内公园绿地总面积与总人口之比。	+	0.188
		人均公园绿地服务区位熵	组团公园绿地 15min 步行范围内居住小区的占比/研究区公园绿 15min 步行范围内居住小区的占比。	+	0.033

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

其中,公园绿地供给效率通过测算公园绿地与居住区的通行距离,从空间上评估公园绿地的供给效率水平。本研究基于网络分析模型,通过测算居住小区到公园绿地的时间可达性衡量供给效率,即可达性越高则代表供给效率越好。参考《城市居住区规划设计标准》(GB50180—2018)中 15min 生活圈定义,将公园绿地服务覆盖率定义为步行 15min 范围内能获得公园服务的居住小区占比;服务重叠率为步行 15min 范围内能获得多个公园服务的居住小区占比。

$$p = \frac{\text{Count}_{i15}}{\text{Count}_i} \quad (5)$$

$$pl = \frac{\text{Count}_{i15r}}{\text{Count}_{i15}} \quad (6)$$

式中, Count_{i15} 表示步行 15min 范围内能获得公园服务的居住小区数量, Count_i 表示居住小区总数量, Count_{i15r} 表示步行 15min 范围内能重复获得公园服务的居住小区数量。

同时,公园绿地 CES 供给的空间配置采用常用于衡量区域要素空间分布的区位熵指标进行计算。本文选取人均公园绿地区位熵与人均公园绿地服务区位熵指标反映空间配置,具体计算公式如下:

$$L_g = \frac{S_i / P_i}{S / P} \quad (7)$$

$$L_p = \frac{c_{ij} / c_i}{c_j / c} \quad (8)$$

式中, L_g 为人均公园绿地区位熵, S_i 为组团 i 的公园绿地面积, P_i 为组团 i 的人口, S 为研究区公园绿地总面积, P 为研究区总人口。 L_g 大于 1, 表明该组团内人均享有公园绿地水平高于研究区总体人均水平;反之,则低于总体人均水平。 L_p 为人均公园绿地服务区位熵, c_{ij} 为组团 i 内处于公园绿地服务区的居住小区数量, c_i 为组团 i 内居住小区的总数量, c_j 为研究区内处于公园绿地服务区内的居住小区数量, c 为研究区内居住小区总数量。 L_p 大于 1, 表明该组团内单个居住小区享有公园绿地资源高于研究区总体水平;反之,则低于总体水平。

2.3.2 CES 需求测算

CES 需求测算体系根据相关研究框架,从社会需求与物质需求两个维度^[27,50],选取 6 个具体需求指标。(1)在社会需求维度,除人口密度与人口活动强度两个基础指标外,充分考虑主要使用公园的青少年儿童和老年人群体,引入 60 岁以上人口密度和 18 岁以下人口密度两个需求指标。(2)物质需求包括生态用地占比以及开发建设强度等两个指标(表 3)。

表 3 城市公园绿地文化服务需求评价指标体系

Table 3 Indicators of mapping the demand for CES

类别 Type	一级指标 First level	二级指标 Secondary level	指标描述 Description	指标方向 Direction	权重 Weight
需求 Demand	社会需求	人口密度	组团内部的人口密度。	+	0.162
		60 岁以上人口密度	组团内部 60 岁以上人口密度。	+	0.147
		18 岁以下人口密度	组团内部 18 岁以下人口密度。	+	0.165
	物质需求	人口活动强度	以组团内部的 POI 密度衡量,密度越大,人口活动强度越大。	+	0.143
		开发建设强度	以组团内部的建设用地占比衡量,代表城市建设程度越高,公园绿地等开敞空间的需求越大。	+	0.192
		生态用地占比	以组团林地、草地、灌木地、湿地、水体等生态功能显著的用地面积占比衡量。	-	0.192

其中,人口密度指标利用土地利用现状数据对人口进行细粒化,参考相关研究对建设用地赋予权重(每个乡镇单位建设用地上的人口密度)^[51],统计各组团建设用地面积得到各组团人口数量;相较于传统研究中仅以常住人口人均指标确定,引入主要使用公园的 60 岁以上与 18 岁以下特殊群体人口分布,能够在空间中更客观、全面地表征需求空间分布情况;生态用地占比指标为负向指标,当区域内部林地、草地、湿地、水体等生态用地与公园绿地具有相似作用的地类越多,居民对公园绿地的需求越小,因此该项指标为负向指标。

3 结果与分析

3.1 城市公园绿地 CES 供给水平

城市公园绿地文化服务供给的空间分布如图 2 所示。总体来看,重庆市中心城区公园绿地 CES 供给呈现北高南低、分散布局的空间格局。其中,位于城市核心区北侧的礼嘉组团是近十年间城市发展重点区域,供给水平显著高于其他区域;中等以上水平,发展较早的城市观音桥、大杨石、南坪、大渡口、北碚等组团,核心区北侧的龙兴、唐家沱等组团也提供了较高的 CES 供给;中等以下供给水平的城市组团呈现分散分布格局;位于铜锣山山脉东侧的大部分组团供给水平整体偏低,尤其是鱼嘴组团。

从具体指标来看,各单项供给指标空间分布存在显著差异(图 2)。在供给数量维度,公园绿地面积指标呈中心高外围低的分布特征,而人均公园绿地面积指标呈北高南低的分布特征。其中,礼嘉组团在公园绿地总面积与人均公园绿地面积指标上均具有显著优势,而城市中心老城区组团虽然具有中等水平的总体公园绿地面积,但由于人口密度最高,其人均公园绿地面积指标最低;从供给质量来看,大多分团团的公园植被覆盖与水景占比指标呈现相反的分布;在供给效率维度,中心城区组团的公园服务覆盖率与重叠率指标普遍高于周边城区组团;在空间配置维度,各组团人均公园绿地区位熵与人均公园绿地服务区位熵指标之间呈相反空间分布,说明其人均享有绿地资源数量与可以获得的公园绿地服务效率相反。

3.2 城市公园绿地 CES 需求水平

重庆市中心城区公园绿地 CES 需求空间分布如图 3 所示,呈中心高、四周低的分布特征,CES 需求在两江交汇的城市中心组团高度集中,并从中心向外围梯度递减。其中,由于人口稠密、城市开发建设成熟,最中心的渝中、观音桥和大杨石组团需求指数最高,达到 0.62 以上;其次是围绕中心组团的沙坪坝、人和、大渡口、

李家沱和南坪组团;距离城市中心较远的西彭、蔡家、界石组团的 CES 需求最低。

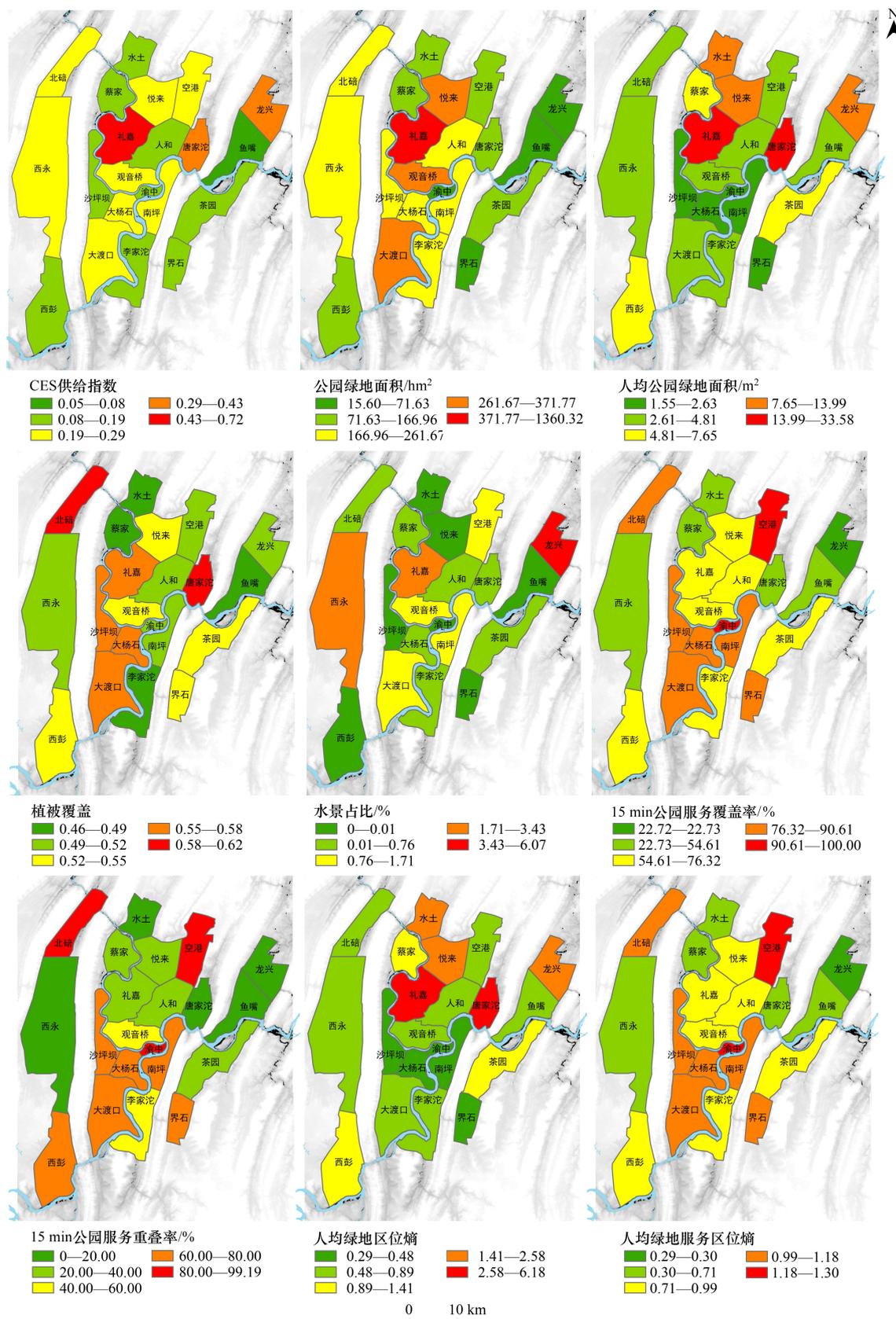


图2 重庆市中心城区公园绿地文化服务供给分布

Fig.2 The cultural ecosystem services (CES) supply of urban parks in Chongqing's core urban area

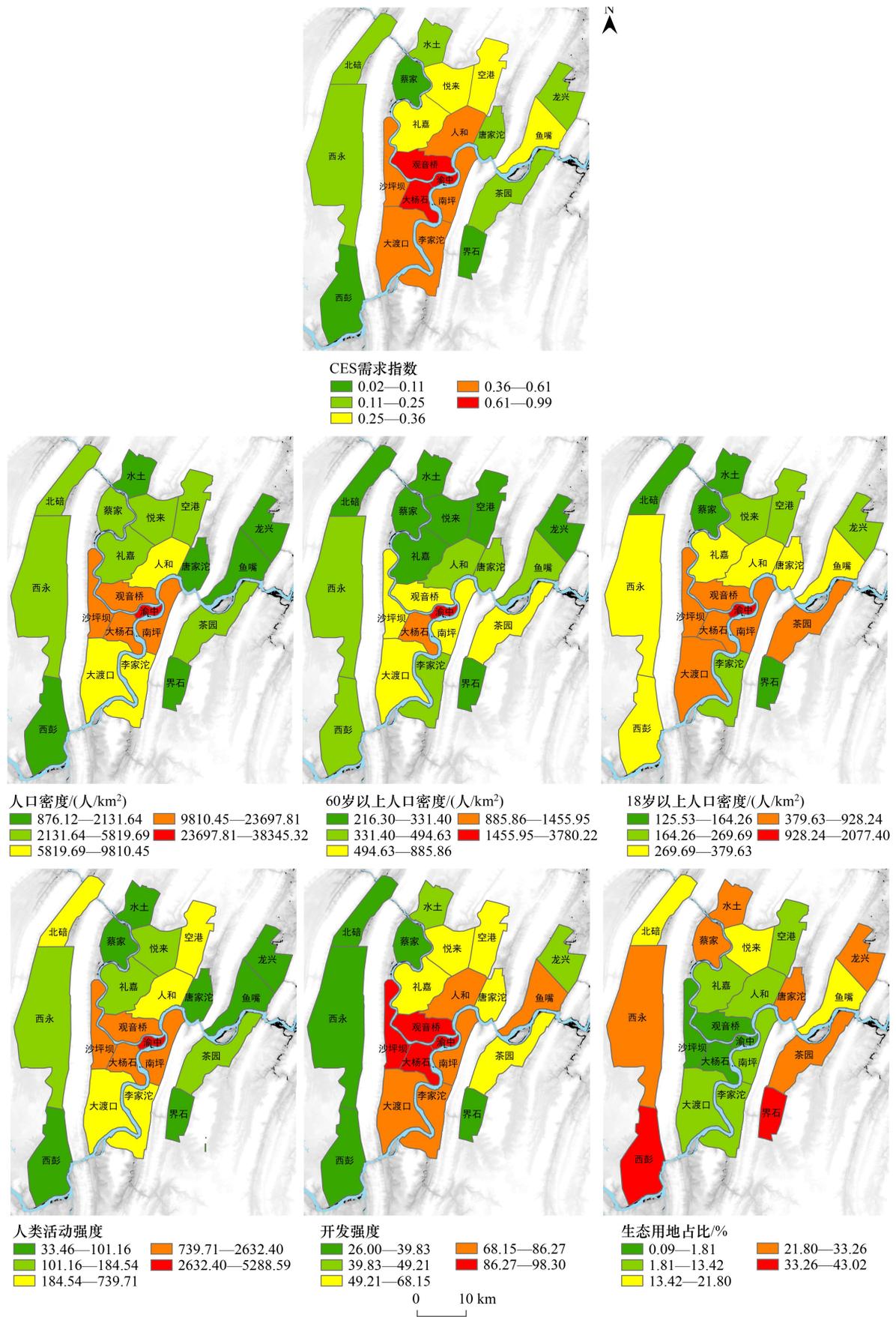


图3 重庆市中心城区公园绿地文化服务需求分布

Fig.3 The CES demand of urban parks in Chongqing's core urban area

相较于 CES 供给空间分布,各单项需求指标空间分布具有相对一致性,基本保持中心高、四周低的分布特征(图 3)。从具体指标来看,人口密度最高的组团位于城市中心区域,其中,渝中组团的人口密度最高,相对偏远的城区周边组团人口密度较小,其中龙兴组团每平方公里不足千人;相较于总体人口密度,特殊人群密度分布特征具有较显著差异。60 岁以上人口在渝中、大杨石等中心区域组团的更加集中,而 18 岁以下儿童与青少年群体的人口密度分布更加分散;人口活动强度与总体人口密度相符,而开发建设强度与 18 岁以下人口分布情况更接近;作为负向指标的生态用地占比与总体需求呈相反分布,呈“四周高、中心低”的空间格局。

3.3 公园绿地 CES 供需平衡与耦合协调分析

从供需平衡关系结果来看,重庆市中心城区公园绿地 CES 供需失衡现象显著(图 4)。其中,超过 52.38% 的组团由于 CES 供给滞后导致供需失衡,而 33.33% 的组团属于供给超前类型。在研究区域中,供给滞后类型主要位于中南部与东部区域,而供给超前组团主要位于城区北侧与西侧组团,仅有位于北侧区域的少部分组团基本达到供需平衡状态。

从供需协调发展关系来看,重庆市中心城区公园绿地 CES 供需耦合协调度范围在 0.25—0.71 之间,平均值为 0.50,总体表现为勉强协调。其中,57.14% 的组团 CES 供需协调关系处于勉强协调和濒临失调的过渡发展阶段;23.8% 的组团属于协调发展类型,主要集中在中级协调与初级协调程度;仅有 19% 组团属于失调发展类型,集中在中度与轻度失调程度。供需耦合协调发展呈“中心高、外围低”的空间分布(图 5)。

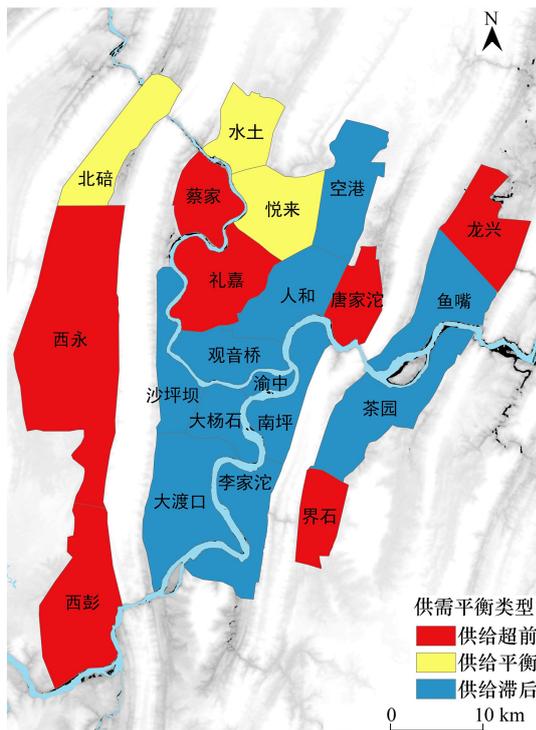


图 4 供需平衡关系分布图

Fig.4 Spatial pattern of CES supply-demand balance in Chongqing's core urban area

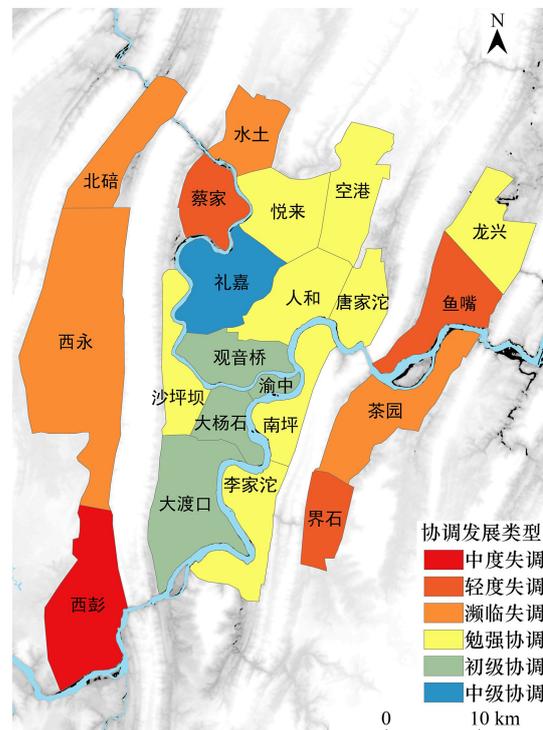


图 5 协调发展关系分布图

Fig.5 Spatial pattern of coordination relationship between supply and demand in Chongqing's core urban area

综合重庆市中心城区各组团公园绿地 CES 供需平衡与协调发展分析结果,可以发现在供需协调关系分析中,虽然大部分组团处于过渡发展与协调发展状态,但其中多数组团均存在供给不足情况;而失调发展类型中,大多数组团的 CES 供给超前(表 4)。在协调发展的组团中,仅有礼嘉组团 CES 供给超前并具有最高的协调发展度,其他组团均为供给滞后类型;在过渡发展的组团中,供给滞后类型仍然占比最大并分布于更靠近城市中心的位置;相反,失调发展的组团主要为供给超前类型,并主要分布于城市外围区域,仅有鱼嘴组团为供

给滞后导致的失调发展类型(图 6)。

表 4 城市公园绿地文化服务供需匹配关系

Table 4 Coordination relationship between CES supply and demand of urban parks

供需协调发展关系 Supply-demand coordination	供需平衡关系 Supply-demand balance	组团名称 Clusters	组团数量 Number	占比/% Ratio
协调发展	供给超前	礼嘉	1	4.76
Coordinated development	供给滞后	大杨石组团、观音桥组团、渝中组团、大渡口组团	4	19.05
过渡发展	供给超前	唐家沱、西永、龙兴	3	14.29
Transformation development	供给平衡	水土、悦来、北碚	3	14.29
	供给滞后	空港、李家沱、人和、茶园、南坪、沙坪坝	6	28.57
失调发展	供给超前	蔡家、界石、西彭	3	14.29
Uncoordinated development	供给滞后	鱼嘴	1	4.76

4 讨论

本文以典型山地多中心城市区域重庆市中心城区为例,构建城市公园绿地文化服务供需评价指标体系,探讨研究区城市公园绿地 CES 供需平衡与供需耦合协调关系。结果显示,与以往相关研究案例相似,研究区域内各组团普遍存在不同程度的供需不平衡或失调情况^[45, 47, 50]。城市公园绿地 CES 供需平衡反映供给与需求在量上的一致性,而供需协调发展表明二者在发展趋势上的一致性^[45—46]。在研究区域中,供需不平衡问题主要反映在中心老城区组团 CES 的供给不足与外围组团的供给超前,而供需失调矛盾主要集中在少数远离核心区域的外围组团,反映了研究区域城市公园绿地 CES 的供需空间错配。近年来,随着“成渝双城”的发展战略确立,重庆市中心城区的开发建设重点区域向西侧和北侧发展,在研究区域北部和西部的城市组团,公园绿地建设从数量、规模与类型上具有明显优势;供需协调主要矛盾体现在研究区域南部和东部的外围组团,尤其是被主要山脉阻隔的西侧组团供需失调显著。这也表明了山地城市自然地形地貌与城市开发建设时序可能是供需关系的重要影响因素。

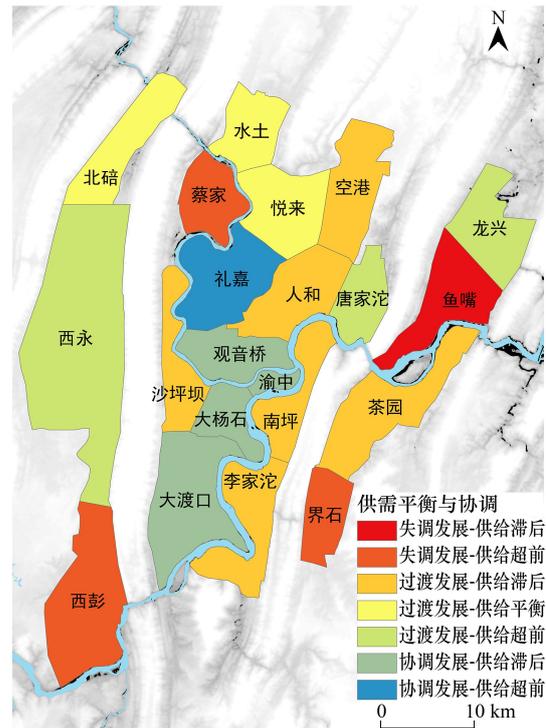


图 6 供需平衡与协调关系分布图

Fig.6 Spatial pattern of CES supply-demand balance and coordination

根据研究区各城市组团供需平衡与协调发展的综合特征,能够针对性地提出城市公园绿地资源的合理利用与规划策略。对于用地紧张的城市中心老城区组团,难以通过新增公园从供给上改善供需关系,就需要充分考虑如何通过城市中心外移、提高新城区组团吸引力,从需求端进行有效调控;对于公园绿地供给条件更好的城市周边组团,应当重点关注合理的产业布局与用地规划,同时提高组团之间的连通性、提升公园绿地的共享效率,尤其关注被自然山脉阻隔的外围组团。本研究选取城市建成区范围,以组团为单位讨论公园绿地的 CES 供需匹配关系,相较于以往更大尺度的研究范围,能够更精准反映建成区内公园绿地资源的分配与布局情况,对于城市管理者考虑不同发展阶段城区的差异化城市公园建设与布局具有重要参考。

由于生态系统文化服务的非物质性、主观性、复杂性与动态性等特征,供需水平量化的指标选取仍然是研究中的难点。本文探索性地构建了城市公园绿地 CES 供需评价指标体系,但受限于数据获取来源,选取的供需水平量化指标可能仍然难以全面覆盖供需体系的各方面因素。例如,在考虑不同群体的需求时,主要聚焦城市居民,忽略了游客群体需求。在后续研究中有必要结合大数据和传统调研方法,进一步拓展研究分析的精度与深度。

5 结论

本文以典型山地城市重庆市中心城区为例,构建城市公园绿地文化服务供需评价指标体系与研究框架,基于多源数据在城市建成区范围内分析了城市公园绿地 CES 供需平衡与协调发展程度,在已有研究基础上进一步探索了城市公园绿地 CES 供需匹配的量化评估途径与方法,并得出以下主要结论:

(1) 受山地城市自然地理环境和城市开发建设时序的影响,重庆市中心城区城市公园绿地 CES 供给与需求空间分异现象较为显著,供给呈北高南低、分散布局的格局,需求表现为城市中心向外围递减的趋势。

(2) 总体供给分布与其单项指标之间差异显著,尤其在供给数量、供给质量、空间配置维度内部各指标呈相反分布;相较于供给空间分布,总体需求分布与其各单项需求指标分布之间更具有相似性。

(3) 研究区域内大部分组团存在供需不平衡,北侧与西侧组团公园绿地供给超前,而中南部与东部组团面临供给不足问题;供需协调关系呈现由中心向外围逐渐失调发展的空间分布特征,供需失调矛盾主要集中在外围郊区组团。

(4) 综合供需平衡与协调发展分析结果,针对不同的供需匹配特征,分别从供给端与需求端提出相应优化策略,可为不同区域城市组团的公园绿地布局优化提供重要参考。

参考文献 (References):

- [1] Labib S M, Lindley S, Huck J J. Spatial dimensions of the influence of urban green-blue spaces on human health: a systematic review. *Environmental Research*, 2020, 180: 108869.
- [2] Schirpke U, Meisch C, Marsoner T, Tappeiner U. Revealing spatial and temporal patterns of outdoor recreation in the European Alps and their surroundings. *Ecosystem Services*, 2018, 31: 336-350.
- [3] Chiesura A. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 68(1): 129-138.
- [4] Browning M H E M, Rigolon A, McAnirlin O, Yoon H. Where greenspace matters most: a systematic review of urbanicity, greenspace, and physical health. *Landscape and Urban Planning*, 2022, 217: 104233.
- [5] Holland I, DeVille N V, Browning M H E M, Buehler R M, Hart J E, Hipp J A, Mitchell R, Rakow D A, Schiff J E, White M P, Yin J, James P. Measuring nature contact: a narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(8): 4092.
- [6] Taylor L, Leckey E H, Lead P J, Hochuli D F. What visitors want from urban parks: diversity, utility, serendipity. *Frontiers in Environmental Science*, 2020, 8: 595620.
- [7] Bertram C, Rehdanz K. Preferences for cultural urban ecosystem services: comparing attitudes, perception, and use. *Ecosystem Services*, 2015, 12: 187-199.
- [8] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, 2005.
- [9] Daily G C. *Nature's services*. Island Press, Washington, DC, 1997.
- [10] 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.
- [11] Bratman G N, Anderson C B, Berman M G, Cochran B, de Vries S, Flanders J, Folke C, Frumkin H, Gross J J, Hartig T, Kahn P H Jr, Kuo M, Lawler J J, Levin P S, Lindahl T, Meyer-Lindenberg A, Mitchell R, Ouyang Z Y, Roe J, Scarlett L, Smith J R, van den Bosch M, Wheeler B W, White M P, Zheng H, Daily G C. Nature and mental health: an ecosystem service perspective. *Science Advances*, 2019, 5(7): eaax0903.
- [12] 肖华斌, 何心雨, 王玥, 王洁宁, 姜芊孜. 城市绿地与居民健康福祉相关性研究进展——基于生态系统服务供需匹配视角. *生态学报*, 2021, 41(12): 5045-5053.
- [13] Lyu F N, Zhang L. Using multi-source big data to understand the factors affecting urban park use in Wuhan. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2019, 43: 126367.
- [14] Žlender V, Ward Thompson C. Accessibility and use of peri-urban green space for inner-city dwellers: a comparative study. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 165: 193-205.
- [15] 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.
- [16] Cheng X, Long R Y, Chen H, Li Q W. Coupling coordination degree and spatial dynamic evolution of a regional green competitiveness system—a case study from China. *Ecological Indicators*, 2019, 104: 489-500.

- [17] 刘伟, 张帆, 魏云浩, 赵芬. 珠三角城市群区域生态系统服务供需均衡关系. 生态学报, 2023, 43(11): 4461-4472.
- [18] 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.
- [19] 王晓峰, 尧文洁, 冯晓明, 贾子续, 张欣蓉, 马嘉豪, 周继涛, 涂又, 孙泽冲. 青藏高原生态系统服务供需变化及其驱动因素. 生态学报, 2023, 43(17): 6968-6982.
- [20] Li Z Z, Hu B A, Qin Y Y, Cheng X Q. Drivers of spatiotemporal disparities in the supply-demand budget of ecosystem services: a case study in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, China. *Frontiers in Environmental Science*, 2022, 10: 955876.
- [21] 孟凡迪, 周智, 张贵军, 焦翠丽, 阚瑶川, 赵丽. 基于生态系统服务供需与生态恢复力的国土空间生态修复分区——以京津冀为例. 中国生态农业学报: 中英文, 2023, 31(9): 1496-1510.
- [22] 简钰清, 徐琨璟, 王志芳, 黄志彬, 叶涛, 姜天姿, 程可欣. 生态系统游憩服务研究综述及未来展望. 北京大学学报: 自然科学版, 2023, 59(5): 884-896.
- [23] 曾瑜哲, 钟林生, 虞虎, 周彬. 生态系统游憩服务功能维度及其形成——以三江源国家公园为例. 生态学报, 2022, 42(14): 5653-5664.
- [24] Giles-Corti B, Broomhall M H, Knuiaman M, Collins C, Douglas K, Ng K, Lange A, Donovan R J. Increasing walking: how important is distance to, attractiveness, and size of public open space? *American Journal of Preventive Medicine*, 2005, 28(2 Suppl 2): 169-176.
- [25] Ala-Hulkko T, Kotavaara O, Alahuhta J, Helle P, Hjort J. Introducing accessibility analysis in mapping cultural ecosystem services. *Ecological Indicators*, 2016, 66: 416-427.
- [26] Chen Y, Yue W Z, La Rosa D. Which communities have better accessibility to green space? An investigation into environmental inequality using big data. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 204: 103919.
- [27] 王敏, 朱安娜, 汪洁琼, 卢天凤. 基于社会公平正义的城市公园绿地空间配置供需关系——以上海徐汇区为例. 生态学报, 2019, 39(19): 7035-7046.
- [28] 王甫园, 王开泳, 刘汉初. 珠三角城市群生态空间游憩服务供需匹配性评价与成因分析——基于改进的两步移动搜寻法. 生态学报, 2020, 40(11): 3622-3633.
- [29] 王喜刚, 王尔大. 基于修正旅行成本法的景区游憩价值评估模型——大连老虎滩海洋公园的实证分析. 资源科学, 2013, 35(8): 1693-1700.
- [30] 陈琳, 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 段晓男. 条件价值评估法在非市场价值评估中的应用. 生态学报, 2006, 26(2): 610-619.
- [31] 高琴, 敖长林, 陈红光, 佟锐. 基于居民生态认知的非使用价值支付意愿空间分异研究——以三江平原湿地为例. 生态学报, 2014, 34(7): 1851-1859.
- [32] Brown G, Fagerholm N. Empirical PPGIS/PGIS mapping of ecosystem services: a review and evaluation. *Ecosystem Services*, 2015, 13: 119-133.
- [33] Hale R L, Cook E M, Beltrán B J. Cultural ecosystem services provided by rivers across diverse social-ecological landscapes: a social media analysis. *Ecological Indicators*, 2019, 107: 105580.
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] 黄光宇. 山地城市学原理. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [37] 张云路, 徐拾佳, 韩若楠, 马嘉, 李雄. 基于山地特征的城市山地公园游憩服务能力评价与优化——以承德市为例. 中国园林, 2020, 36(12): 19-23.
- [38] Luo C, Li X Y. Assessment of ecosystem service supply, demand, and balance of urban green spaces in a typical mountainous city: a case study on Chongqing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(20): 11002.
- [39] Liu Y, Hu J, Yang W, Luo C. Effects of urban park environment on recreational jogging activity based on trajectory data: a case of Chongqing, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2022, 67: 127443.
- [40] 刘家琳, 张建新. 基于 SWMM 模型的山坡型公园子汇水区地表产流特征——以重庆地区为例. 中国园林, 2018, 34(6): 81-87.
- [41] Liu Y, Fan P L, Yue W Z, Huang J N, Li D, Tian Z S. Assessing polycentric urban development in mountainous cities: the case of Chongqing metropolitan area, China. *Sustainability*, 2019, 11(10): 2790.
- [42] 骆畅, 李相逸, 李淙钰. 基于生态系统服务价值评估的山地城市绿色空间规划策略——以重庆市主城区为例. 西南大学学报: 自然科学版, 2021, 43(5): 195-204.
- [43] 重庆市统计局. 重庆统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [44] 王春晓, 黄舒语, 邓孟婷, 魏伟. 供需耦合协调视角下高密度城市公园绿地公平性研究——以深圳龙华区为例. 中国园林, 2023, 39(1): 79-84.
- [45] 姜芊孜, 李金煜, 梁雪原, 肖华斌. 基于文献计量的绿色基础设施水生态系统服务供需评价研究进展. 生态学报, 2023, 43(4): 1738-1747.
- [46] 韩增林, 刘澄浩, 闫晓露, 李欣媛, 王学哲. 基于生态系统服务供需匹配与耦合协调的生态管理分区——以大连市为例. 生态学报, 2021, 41(22): 9064-9075.
- [47] 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.
- [48] 罗万云, 王福博, 戎铭倩. 国家重点生态功能区生态-经济-社会系统耦合协调的动态演化——以新疆阿勒泰地区为例. 生态学报, 2022, 42(12): 4729-4741.
- [49] 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.
- [50] 王忙忙, 王云才. 平衡还是匹配? 生态智慧引导下的公园绿地供需关系多情景分析与优化. 中国园林, 2021, 37(7): 37-42.
- [51] 刘云霞, 田甜, 顾嘉钰, 刘军民. 基于大数据的城市人口社会经济特征精细时空尺度估计——数据、方法与应用. 人口与经济, 2022(1): 42-57.