

基于生态系统服务供需评价的昆明市盘龙江滨水空间景观优化研究*

Landscape Optimization of Panlong River Waterfront Space Based on Evaluation of Supply and Demand of Ecosystem Services

魏雯 薛佳明

WEI Wen, XUE Jia-ming

摘要: 滨水空间是城市中重要的公共开放空间, 建设良好的滨水生态环境是重塑城市生态景观的重要途径。以昆明市的母亲河盘龙江为研究对象, 基于生态系统服务供需理论, 通过实地调研和文献梳理, 构建滨水空间生态系统服务供需评价体系; 采用田野调查和问卷调查采集供需数据, 结合雷达图将各河段的供需评价结果进行对比拟合分析。结果表明: 盘龙江所有河段在调节服务方面的供给均大于需求; 支持服务中的维持生物多样性维度有提升空间; 文化服务需要提升, 尤其应重点关注历史文化遗产。基于供需匹配结果, 有针对性地提出完善滨水空间服务功能、开展滨水生态科普工作、重塑具有地域文化特色的滨水空间等策略。

关键词: 生态系统服务; 供需评价; 城市滨水空间; 景观优化; 盘龙江

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 1671-2641 (2023) 05-0042-07

收稿日期: 2022-10-24

修回日期: 2023-01-29

Abstract: Waterfront space is a significant public open space in city. To build a good waterfront ecological environment is an important way to reshape the urban ecological landscape. Taking Panjiang River, the mother river of Kunming, as the research object, based on the theory of supply and demand of ecosystem services, this paper constructs an evaluation system of supply and demand of ecosystem services in the waterfront space through field research and literature combing. At the same time, field surveys and questionnaires are used to collect supply and demand data, which were combined with radar charts to compare and fit the results of the supply and demand evaluations for each river section. The results show that the supply of all river sections of Panlong River is greater than the demand in terms of regulating services, while maintaining biodiversity in supporting services and cultural services need to be improved, with a particular focus on historical and cultural inheritance. Based on the results of matching supply and demand, targeted strategies are proposed to improve the service function of waterfront space, carry out waterfront ecological science popularization, and reshape the waterfront space with regional cultural characteristics.

Keywords: Ecosystem services; Supply and demand evaluation; Urban waterfront space; Landscape optimization; Panlong River

生态系统服务指人类从生态系统获得的所有惠益, 包括供给、调节、文化和支持4个类型^[1], 是人类社会生存和可持续发展的基础。生态系统服务供需理论关注服务供给与人类需求之间的匹配问题, 供需关系可以反映生态系统与人类社会的平衡状况^[2-3], 是生态系统服务研究领域的新热点。在研究内容上, 国外研究聚焦特定区域供需匹配情况、供需量化评估方法和供需关系影响决策制定的机制等^[4-5]; 国内则更关注指导景观格局优化、土地利用空间分区等实践应用^[6-7]。在研究对象选择上, 针对全球、区域、流域等大尺度对象的研究居多^[8-9], 针对小尺度的研究相对较少。

滨水空间是城市中重要的公共开放空间, 对于提升城市空间品质、展示城市风貌具有重要意义。城市滨水

空间由于其位置的特殊性, 承担着净化水体、保持土壤、提供游憩活动场地等多种生态系统服务^[10-11]。近年来, 已有学者尝试从供需匹配关系视角评估滨水空间的生态系统服务^[12], 并取得了一定成果。但在研究对象的选取方面, 多集中在东部经济发达或基础设施相对较好的地区^[13], 针对西南高原湖泊城市的河流的研究相对匮乏。

昆明市地处长江、珠江、红河三江水系的分水岭地带, 全市水域面积350 km², 有大小河流百余条。滇池流域分布有数十条河流, 这些河流从北、东、南三面呈向心状注入滇池, 其中流量最大的是盘龙江, 其是昆明市的母亲河。因此, 对盘龙江的持续治理是改善滇池水环境、重塑昆明春城景观风貌的重要工作。当前国内对盘龙江的研究主要集中在环境科学与工程^[14-16]、水利水电

*基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 51868028)

工程^[17-18]、建筑科学与工程^[19-20]3个方面,以生态系统服务供需关系为切入点,探讨滨水空间景观优化的研究较为缺乏。

近年来,为响应“十四五”提出的“推进美丽河湖保护与建设”的要求,云南省积极推进全省美丽河湖建设工作,制定了《云南省美丽河湖建设行动方案(2019—2023年)》《云南省美丽河湖评定指南(试行)》等一系列政策文件。盘龙江沿岸是典型的老城滨水空间,在大力推进“城市双修”、开展老城“存量更新”的时代背景下,具有较强的代表性和研究价值。本研究以盘龙江为研究对象,旨在通过实地调研和文献梳理,构建滨水空间生态系统服务供需评价体系,基于实际供给和居民需求情况探讨景观优化提升策略,为高原湖泊城市的滨水空间更新设计提供新的思路。

1 研究区概况

盘龙江全长108 km,位于昆明市境内段长26.5 km,其由北至南纵穿整个主城区,也是昆明市五华区、盘龙区、西山区、官渡区4个城区的分界线(图1)。研究选取盘龙江昆澜街(农科北路桥)至滇池入湖口段进行研究,全长23.5 km,研究范围包括河流两侧与滨河路之间的区域,面积257.5 hm²(图2)。

为便于开展研究,将河流分为北段、中段和南段3部分。通过实地调研,根据道路对河流的分割以及现状景观特征,将河流划分为21个河段评价单元,由北向南依次

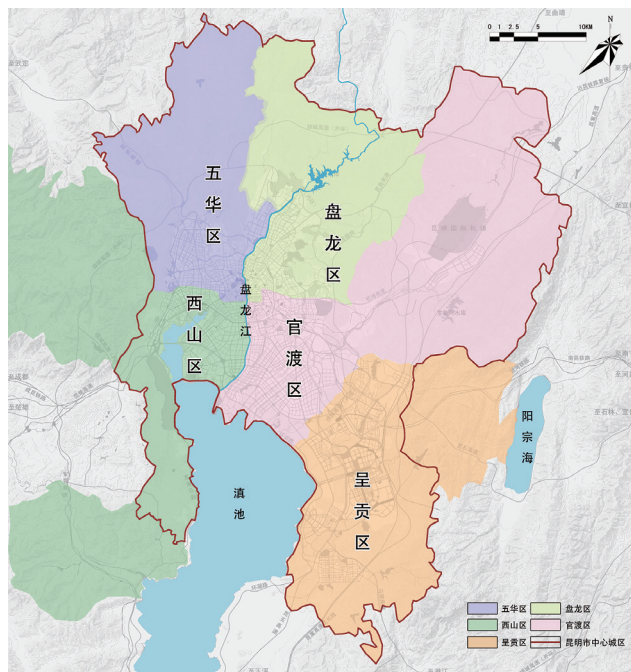


图1 盘龙江区位

进行编号(如东岸北段1号河段编号为EN-1),对滨水空间生态系统服务进行量化评价。

2 研究方法

通过文献梳理和对盘龙江滨水空间的现状调研,筛选出适用于评价生态系统服务供需关系的指标,构建生态系统服务供需评价体系;供给水平根据评价标准进行赋值,需求水平通过问卷调查打分,并采用主成分分析法确定评价指标的权重;用雷达图将各段的供需评价结果进行对比拟合分析^[21],根据匹配结果探讨景观优化提升策略(图3)。

2.1 供给评价

城市滨水空间主要提供调节(调节洪涝、净化水

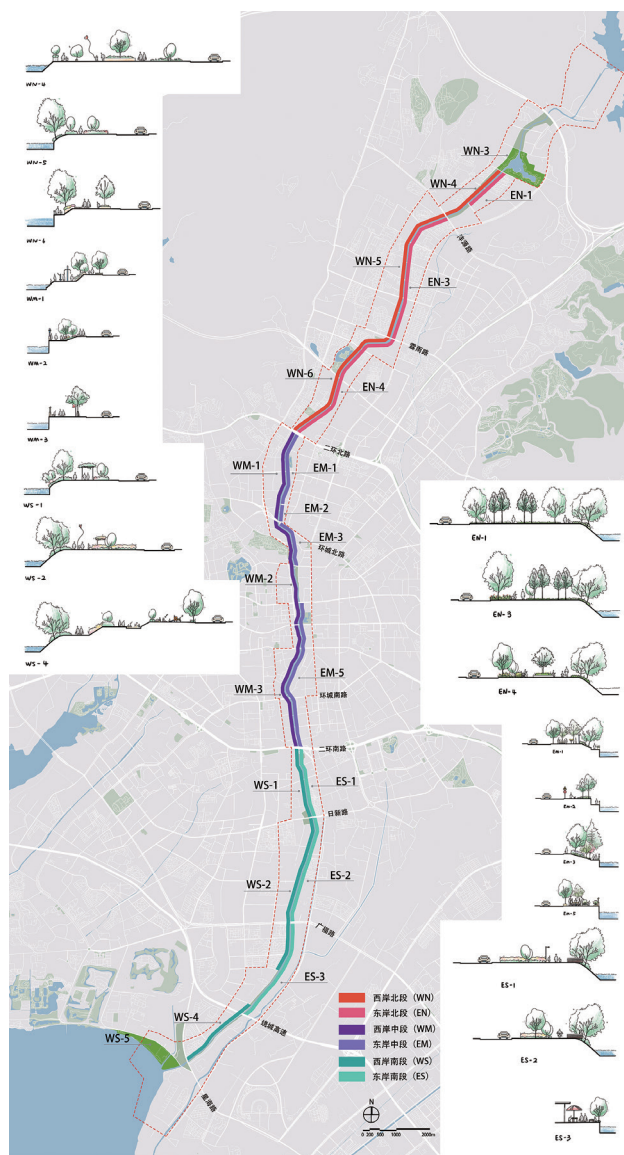


图2 研究范围

体)、支持(保持土壤、提供生物栖息地)和文化(提供文化科研和休闲游憩空间)三大类型的生态系统服务^[3,22]。通过文献梳理^[12-13],结合实地调研和咨询专家,确定采用定量与定性相结合的方法评估盘龙江滨水空间生态系统服务供给水平。供给测度指标体系包括调节服务、支持服务和文化服务三大类型,对应8个维度和18个指标(表1)。

供给数据通过田野调查获得。调查于2021年4月和7月开展,基于指标体系,结合场地现状分段详细记录并打分,后期通过整理资料和现场照片对数据进行复核。在实地调查中发现WS-3、EN-2、EM-4河段处于施工围挡状态,无法对其进行供给水平赋值,因此研究对此三段暂不做评估。

2.2 需求评价

生态系统服务需求指人类对生态系统生产的产品与服务的消费和使用情况^[2],其受到不同人群的价值审美偏好、受教育程度以及经济条件等难以空间化因素的影响^[23]。在参考相关研究^[7-8, 12-13]的基础上,结合盘龙江现状和公众对生态系统服务的认知,对照供给测度筛选出的指标,构建需求测度指标体系(表2)。

通过在研究单元内开展线下问卷调查,获取周边居民对不同河段的景观需求信息。采用李克特(Likert)五分等级量表,请被调查者对每个河段各指标的需求度(“非常需要”5分,“需要”4分,“一般”3分,“不需要”2分,“完全不需要”1分)进行选择。问卷于2021年7月11—20日发放,共发放580份,回收548份,问卷有效率为94.48%。发放问卷时未在WN-1、WN-2河段收到有效数据,无法得到该两处的需求水平结果,因此研究对WN-1、WN-2暂不做评估。

主成分分析法(PCA)是计算因子权重的常用方法^[24]。研究使用SPSS 26.0对问卷数据进行处理,以主成分的方差贡献率为权重,计算指标在各主成分线性组合中的系数,再计算各

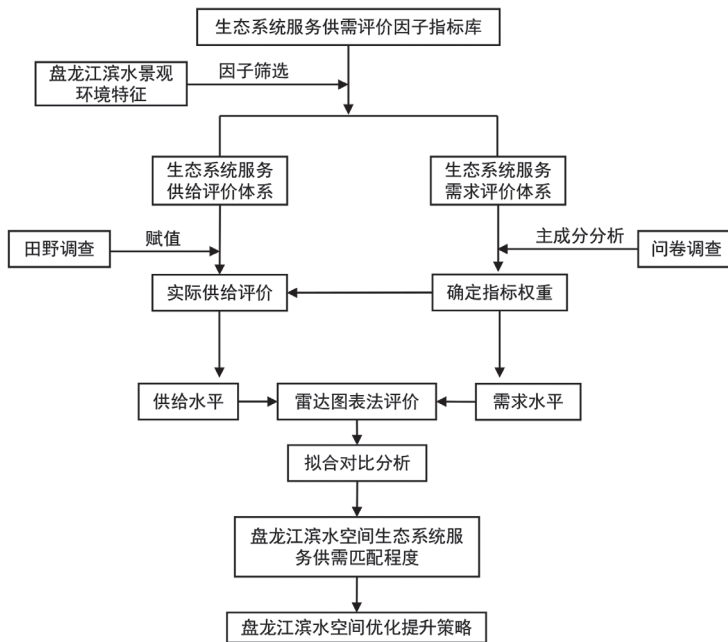


图3 研究技术路径

表1 城市滨水空间生态系统服务供给测度指标

类型	维度	指标	标准	赋值
调节型A	水质净化A1	护岸孔隙结构A11	鹅卵石驳岸或泥岸	5
			沙滩或石砌驳岸或木栈道	3
			混凝土或其他刚性护岸	1
		污染物输入A12	无污染物输入	5
			雨季雨污溢流	3
			有污染物输入	1
	雨洪管理A2	不透水铺装比例A21	$A21 \leq 10\%$	5
			$10\% \leq A21 < 35\%$	4
			$35\% \leq A21 < 50\%$	3
		滨水植物缓冲带宽度A22	$50\% \leq A21 < 75\%$	2
			$75\% \leq A21 \leq 100\%$	1
			$A22 \geq 6\text{ m}$	5
小气候调节A3	乔木覆盖率A31	$3\text{ m} \leq A22 < 6\text{ m}$	3	
		$A22 < 3\text{ m}$	1	
		$A31 \geq 80\%$	5	
	植物空间结构A32	$30\% \leq A31 < 80\%$	3	
		$A31 < 30\%$	1	
		乔灌木	5	
植物空间结构A32	乔灌木	5		
	乔草	4		
	灌草	2		
植物空间结构A32	单一乔木	3		
	无植被	1		

表1 城市滨水空间生态系统服务供给测度指标(续)

类型	维度	指标	标准	赋值
支持型B	支持生物多样性B1	乔木种类数B11	> 5种	5
			3~5种	3
			1~2种	1
	支持生物多样性B1	灌木种类数B12	> 5种	5
			3~5种	3
			1~2种	1
	支持生物多样性B1	草本种类数B13	> 5种	5
			3~5种	3
			1~2种	1
提供机会教育C1	有无标识系统C11	有	5	
		无	1	
	有无环境教育系统C12	有	5	
		无	1	
提供城市美感C2	水景可见度C21	全部可见	5	
		部分可见	3	
		不可见	1	
提供城市美感C2	景观小品分布C22	雕塑及景观小品丰富	5	
		仅在局部设置雕塑及景观小品	3	
		无雕塑及景观小品	1	
文化型C	亲水设施分布C23	亲水设施丰富	5	
		部分区域设置亲水设施	3	
	历史文化遗产C3	历史古迹或古树名木的保存状况C31	无亲水设施	1
			有且保存较完好	5
提供游憩机会C4	游憩活动类型数C41	有且已部分损毁	3	
		无	1	
		> 5种	5	
	提供游憩机会C4	游憩场地分布C42	3~5种	3
			1~2种	1
			游憩场地充足	5
			部分区域设游憩场地	3
提供游憩机会C4	游憩设施分布C43	无游憩场地	1	
		服务设施充足	5	
		部分区域设服务设施	3	
		无游憩设施	1	

指标的初始权重,最后将指标权重归一化。本研究的克隆巴赫信度系数为0.85,说明数据可靠。采用KMO和Bartlett检验法对数据进行效度分析,得出KMO值大于0.8, P 值小于0.01,表明数据适合进行主成分分析。通过计算得到指标权重(表2)。

3 结果与分析

3.1 生态系统服务供给特征

盘龙江滨水空间生态系统服务供给水平评价结果(图4)表明:1)在调节服务中,水质净化和雨洪管理方面分别有58%和38%的河段处于较

低及以下水平,供给水平较高及以上的河段较少,小气候调节方面有48%的河段处于中等供给水平;2)在支持服务中,生物多样性方面有47%的河段处于较低及以下的供给水平,同时有48%的河段处于较高及以上的供给水平,各河段差异较大;3)在文化服务中,提高城市美感方面有62%的河段提供了较高及以上的供给水平,提供游憩机会方面有48%河段供给水平良好,历史文化遗产和提供教育机会方面供给水平整体较低,分别有71%和62%的河段处于低供给水平。

3.2 生态系统服务需求特征

整体而言,在盘龙江滨水空间各河段各评价维度的需求水平得分中,有36.9%处于2.6~3.5,比较均质,表明大部分居民对生态系统服务的需求处于中等水平,打分较为谨慎。因此,需求水平应结合供给端评价结果进行对比拟合分析,并从整体需求度和满意度综合考量。

3.3 供需匹配特征分析

将供需评价结果进行拟合对比(表3,图5),用供需比表示匹配情况,比值越接近1表示匹配度越高,反之则越低。使用origin2018绘图分析软件,将供需评价结果以雷达图表示(图6)。雷达图是一种表达多变量对比分析的方法,图形面积的变化可以直观地反映评价内容的综合状态^[25],有助于进行多个指标的对比拟合分析。

盘龙江有15个河段的生态系统服务供大于求,6个河段供小于求,说明盘龙江滨水空间生态系统服务基本满足需求。其中,WM-1、WS-2和WS-1的供需比值最大,表明生态系统服务供给水平较高。在供小于求的6个河段中,有5个位于东岸,表明西岸的生态系统服务供给总体优于东岸。

1)在调节服务方面,所有河段的调节服务供给均大于需求,说明盘龙江整体在水质净化、雨洪管理和小气候调节3个维度供需匹配程度

较高。这得益于近年来昆明市对盘龙江治理工作的重视。随着“十二五”期间的“牛栏江-滇池补水工程”和一系列管理条例的实施，河流水质已从劣V类提升至稳定的Ⅲ类，水质良好。

2) 在支持服务方面，有47.61%的河段供给小于需求，表明滨水空间在维持动植物多样性方面还有较大的提升空间。调研发现部分滨水空间的植物景观构成相对单一，植物配置未能体现“春城”的特色，四蕊朴 *Celtis tetrandra*、山茶 *Camellia japonica* 作为昆明的市树、市花，使用频率较低。调研中了解到部分居民认为对滨水空间而言，动物多样性是可有可无的因素，说明市民对生物多样性的认知还存在局限性，生态科普工作仍需加强。

3) 在文化服务方面，有42.86%的河段供给小于需求，尤其是历史文化遗产方面，仅有28.57%的河段供给满足需求，说明今后应重点关注对历史文化的挖掘与展示。提供游憩机会是居民最关注的指标之一。整体来看盘龙江滨水空间现状提供的游憩场地较为充足，仅有14.29%的河段供小于求，但游憩场地的类型相对单一，大多为边缘放置座椅的小广场。在今后的景观提升工作中，可多从开展游憩活动的角度将现有的场地进行改造，激发滨水空间的活力^[26]。

4 基于供需匹配结果的景观优化策略

根据供需评价匹配结果，可以将盘龙江滨水空间分为供小于求、供需基本匹配和供大于求3种类型。对于供小于求的河段，需要提高重视程度，优先建设。供需匹配度较好的河段呈现出多项服务供给水平较高，但仍有短板，应根据评价结果，找准问题进行景观更新。供大于求的河段已经提供了较好的滨水绿地、休憩广场、游憩设施等服务，大部分指标都呈现较高的供给水平，整体较为理

想，后续可以结合不同维度评价结果进行优化提升。具体策略如下：

1) 进一步完善滨水空间服务功能，营造丰富的游憩活动空间。在供给小于需求的滨水空间中，存在着没有人车分流、摩托车较多、缺少休憩空间且植物配置相对单一等问题。今后应进一步明确滨水空间的功能，通过设计或管理手段进行人车分流，并营造丰富多样的停留空间，以满足居民日常游憩、康体健身等需求。调查

发现，在河流上游，部分居民住宅紧邻盘龙江，滨河空间环境复杂，存在沿河停靠机动车、菜市场摆摊等现象，今后应从水质净化、雨洪管理和小气候调节3个维度入手，加强排查和管理，在有限的空间内增加植物缓冲带宽度等。

2) 结合滨水空间生态建设，开展生态科普和自然环境教育工作。昆明市素有“春城”的美誉，气候温和，物种丰富。但从评价结果看来，

表2 城市滨水空间生态系统服务需求测度指标

类型	权重	维度	指标	权重
调节型A	0.37	水质净化A1	水质净化A11	0.08
			增加雨水设施A21	0.09
		雨洪管理A2	提高河道行洪能力A22	0.10
			小气候调节A3	调节小气候A31
支持型B	0.18	支持生物多样性B1	提高植物丰富度B11	0.10
			提高动物丰富度B12	0.08
		提供教育机会C1	增加标识系统C11	0.09
文化型C	0.45	提供城市美感C2	水景设施丰富度C21	0.09
		历史文化遗产C3	保护历史古迹或古树名木C31	0.07
			提供游憩机会C4	增加游憩场地C41
		增加游憩设施C42	0.10	

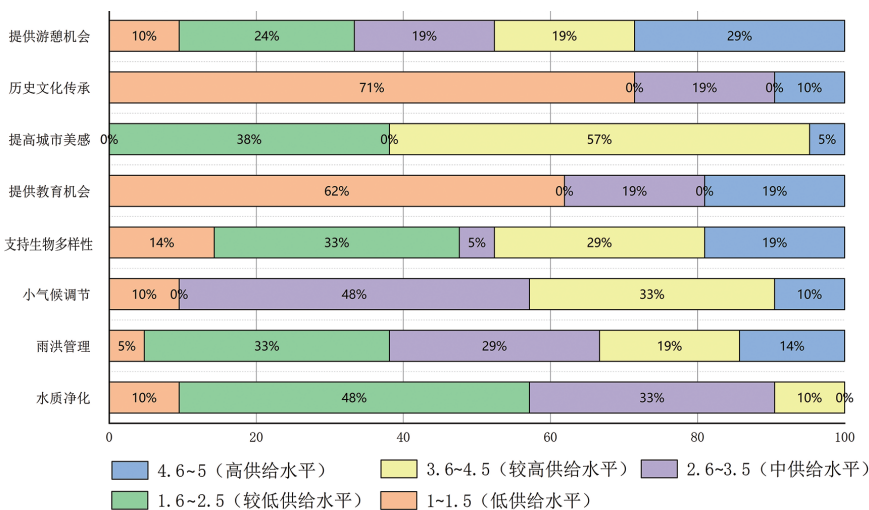


图4 盘龙江滨水空间生态系统服务供给水平

表3 供需匹配评价结果

河段	供给评价结果				需求评价结果				供需比
	调节	支持	文化	合计	调节	支持	文化	合计	
WN-3	3.15	0.66	4.80	8.61	2.54	0.43	3.95	6.93	1.24
WN-4	4.26	0.78	3.30	8.34	3.08	0.63	4.21	7.92	1.05
WN-5	4.44	0.42	4.50	9.36	3.18	0.63	4.08	7.89	1.19
WN-6	3.15	0.66	7.50	11.31	3.52	0.62	5.88	10.02	1.13
WM-1	3.33	0.18	7.20	10.71	2.10	0.36	3.44	5.90	1.82
WM-2	3.33	0.54	5.70	9.57	2.19	0.38	3.63	6.21	1.54
WM-3	1.48	0.18	3.60	5.26	2.10	0.39	3.92	6.41	0.82
WS-1	5.18	0.78	4.95	10.91	2.58	0.47	3.74	6.79	1.61
WS-2	4.26	0.90	7.20	12.36	2.71	0.50	4.17	7.38	1.67
WS-4	3.52	0.90	5.10	9.52	2.61	0.55	3.94	7.10	1.34
WS-5	4.26	0.78	3.90	8.94	2.35	0.41	3.68	6.45	1.39
EN-1	3.89	0.42	3.30	7.61	2.55	0.45	3.81	6.82	1.12
EN-3	4.26	0.66	2.70	7.62	2.53	0.45	3.47	6.46	1.18
EN-4	1.08	0.45	12.11	13.64	1.03	0.29	7.33	8.65	1.58
EM-1	0.96	0.15	8.95	10.06	1.07	0.28	9.44	10.79	0.93
EM-2	0.90	0.09	5.79	6.78	0.96	0.22	7.28	8.46	0.80
EM-3	0.96	0.15	6.32	7.43	0.89	0.28	6.62	7.79	0.95
EM-5	0.90	0.21	8.95	10.06	0.72	0.25	7.01	7.97	1.26
ES-1	1.50	0.45	11.59	13.54	1.03	0.29	9.02	10.35	1.31
ES-2	1.02	0.21	5.27	6.50	0.92	0.24	7.46	8.62	0.75
ES-3	0.48	0.15	3.69	4.32	0.88	0.23	8.30	9.40	0.46

盘龙河滨水空间在支持生物多样性方面有较大提升空间。滨水空间是陆地生态系统与水生生态系统的桥梁，在后续的景观更新改造中应关注生境营造，提升生物多样性水平。同时，应加强生态科普和自然环境教育工作，通过开展水陆生态系统健康、动植物认知等宣讲活动，将生态科普和自然教育融入滨水空间，引导居民在开展日常游憩活动的同时了解相关知识，并主动参与到生境营造和景观建设中。

3) 打造地域特色文化，重塑水城共生的城市形象。盘龙江是昆明市的母亲河，昆明市1200多年的建城史因其而兴。然而从评价结果看，盘龙河滨水空间在历史文化遗产方面处于明显劣势。因此，该方面将作为今后景观优化的主要方向。应深入挖掘周边场地的历史文化，并将其融

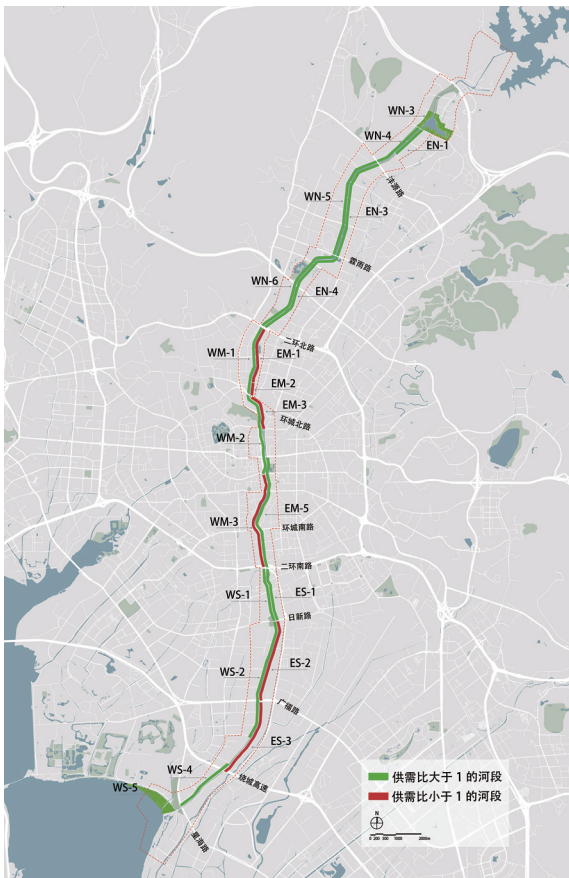


图5 盘龙江滨水空间生态系统服务供需比示意图

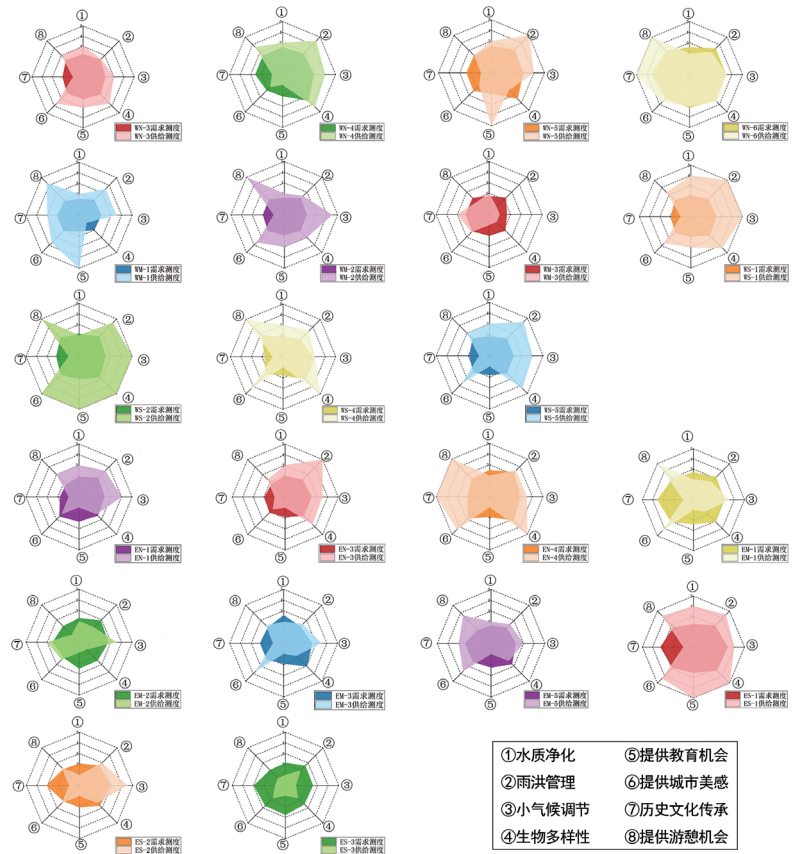


图6 盘龙江各段滨水空间生态系统服务供需匹配雷达图

入滨水空间的景观设计中,通过挖掘场所精神、提高水景可见度、增加景观小品设施、增加标识系统等,提高文化服务的供给水平,打造代表昆明城市风貌、展示市民美好生活场景的滨水空间。

5 结语

研究从生态系统服务供需理论出发,基于对盘龙江滨水空间的现状调研和文献梳理,筛选出适用于评价滨水空间生态系统服务供需关系的指标,采用主成分分析法确定指标权重,构建生态系统服务供需评价体系,并基于各河段的服务供需匹配状况,探讨滨水空间的景观优化策略,以期为生态系统服务导向下高原湖泊城市的滨水空间景观更新设计提供参考依据。同时,研究也提供了一种公众参与设计与决策的途径,为进一步落实以人民为中心的思想,促进城市高质量发展奠定基础。

但本研究也存在一定局限性,如调查问卷数据受到公众认知水平的影响,有一定主观性。今后可以结合社交媒体数据、兴趣点数据(POI)等,进一步完善评价体系,确保景观优化策略的客观性和全面性。

注:图1、图2、图5底图来源于规划云(guihuayun.com),其余均由作者自绘

参考文献:

- [1] 赵文武,刘月,冯强,等.人地系统耦合框架下的生态系统服务[J].地理科学进展,2018,37(1):139-151.
- [2] 马琳,刘浩,彭建,等.生态系统服务供给和需求研究进展[J].地理学报,2017,72(7):1277-1289.
- [3] ZEN M, CANDIAGO S, SCHIRPKE U, et al. Upscaling ecosystem service maps to administrative levels: Beyond scale mismatches[J]. Science of the Total Environment, 2019, 660: 1565-1575.
- [4] FUERTES A, OLIVEIRA N, CAELLAS I, et al. An economic overview of Populus spp. in Short Rotation Coppice systems under Mediterranean conditions: An assessment tool for decision-making[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021, 151: 111577.
- [5] LIU H, REMME R P, HAMEL P, et al. Supply and demand assessment of urban recreation service and its implication for greenspace planning-A case study on Guangzhou[J]. Landscape and Urban Planning, 2020, 203: 103898.
- [6] 胡其玉,陈松林.基于生态系统服务供需的厦漳泉地区生态网络空间优化[J].自然资源学报,2021,36(2):342-355.
- [7] 岳文泽,侯丽,夏皓轩,等.基于生态系统服务供需平衡的宁夏固原生态修复分区与优化策略[J].应用生态学报,2022,33(1):149-158.
- [8] BUKVAREVA E, ZAMOLODCHIKOV D, KRAEV G, et al. Supplied, demanded and consumed ecosystem services: Prospects for national assessment in Russia[J]. Ecological Indicators, 2017, 78(7):351-360.
- [9] WOLFF S, SCHULP C, KASTNER T, et al. Quantifying spatial variation in ecosystem services demand: a global mapping approach[J]. Ecological Economics, 2017, 136(6):14-29.
- [10] 汪洁琼,王敏,彭英,等.上海苏州河生态系统服务演变的历史分析与滨水文化提升策略[J].建筑与文化,2017(11):153-155.
- [11] CASTRO A J, VAUGHN C C, JULIAN J P, et al. Social demand for ecosystem services and implications for watershed management[J]. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 2016, 52(1):209-221.

- [12] 姜芋孜,王广兴,李金煜.基于生态系统服务供需评价的城市河流景观提升策略[J].中国城市林业,2021,19(2):73-79.
- [13] 汪洁琼,李心蕊,王敏.城市滨水空间生态系统服务供需匹配的空间智慧[J].风景园林,2019,26(6):47-52.
- [14] 王彬,董发勤,谌书,等.盘龙江水及沉积物中酚类EDCs的污染特征及源解析[J].安全与环境学报,2016,16(1):288-294.
- [15] 杨巧,李仕杰,朱润军,等.昆明市盘龙江流域水质的时空差异性分析[J].水电能源科学,2020,38(12):45-48.
- [16] 张宇,何苗.2014—2018年滇池盘龙江水水质变化特征[J].环境科学导刊,2020,39(1):1-4.
- [17] 崔松云,肖林,董盛明,等.昆明主城区现状条件下小洪水防洪调度方案研究[J].中国农村水利水电,2019(1):22-25,30.
- [18] 陈欣,顾世祥,浦承松,等.牛栏江-滇池补水工程入湖实施方案研究[J].中国农村水利水电,2012(11):24-26,30.
- [19] 刘佳驹,王宇泓,赵龙,等.基于景观评价的河道景观规划方法研究——以昆明市盘龙江为例[J].北京大学学报(自然科学版),2019,55(1):189-196.
- [20] 杨鹏,吴志宏.昆明盘龙江沿岸公园使用后评价(POE)研究——以金色大道至二环北路段为例[J].城市建筑,2020,17(34):185-188.
- [21] 纪然,丁金华.基于水生态系统服务供需关系的苏南乡村空间形态重构[J].规划师,2019(20):5-12.
- [22] 颜文涛,黄欣,王云才.绿色基础设施的洪水调节服务供需测度研究进展[J].生态学报,2019,39(4):1165-1177.
- [23] 汪洁琼,唐楚虹,成水平,等.温州三垟湿地生态系统服务综合效能评价[J].中国城市林业,2017,15(5):16-20.
- [24] 刘颂,章舒雯.风景园林学中常用的数学分析方法概览[J].风景园林,2014,21(2):137-142.
- [25] 栾春娟.新兴技术竞争优势的测度方法研究——基于四象限图示和雷达图示分析方法[J].科学与管理,2016,36(5):42-48.
- [26] 史宜,李婷婷,杨俊宴.基于手机信令数据的城市滨水空间活力研究:以苏州金鸡湖为例[J].风景园林,2021,28(1):31-38.

作者简介:

魏雯/1982年生/女/甘肃兰州人/博士/昆明理工大学建筑与城市规划学院(昆明650500)/副教授/研究方向为地景规划与生态修复

薛佳明/1996年生/女/陕西渭南人/硕士/广东省铁路规划设计研究院有限公司(广州510030)/助理工程师/专业方向为风景园林规划与设计