

基于生态系统服务权衡与协同分析的自然保护地交叉重叠问题区划解决策略

Zoning Strategy for Overlapping Problem of Nature Reserves Based on Trade-off and Synergy Analysis of Ecosystem Services

岳邦瑞^{1,2*} 姚龙杰¹ 朱宗斌¹ 潘卫涛¹
YUE Bangrui^{1,2*} YAO Longjie¹ ZHU Zongbin¹ PAN Weitao¹

(1.西安建筑科技大学建筑学院, 西安 710055; 2.西安建筑科技大学西部绿色建筑国家重点实验室, 西安 710055)
(1. School of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi, China, 710055; 2. State Key Laboratory of Western Green Building, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi, China, 710055)

文章编号: 1000-0283(2022)12-0011-08
DOI: 10. 12193 /j. laing. 2022. 12. 0011. 002
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2022-09-26
修回日期: 2022-10-12

摘 要

构建自然保护地体系是实现中国生态文明建设的重要举措,但处在自然保护地体系内部的风景区与自然保护区,当前普遍存在二者在空间上的交叉重叠问题,而且在技术上尚未形成统一、有效的解决方法。通过分析风景名胜区与自然保护区的理论认知、现状技术实践差异,明确资源价值差异是导致交叉重叠问题的根本原因,提出以生态系统服务为统一价值语境与实现服务效率最大化为目标的分析框架,结合生态系统服务权衡与协同关系分类调整交叉冲突区域的技术路线。以山西省级晋祠——天龙山风景名胜区与自然保护区为例,采用生态系统服务价值法评估区域文化服务与支持服务,通过Geoda模型分析两类服务与用地格局之间的相关性以及服务间权衡与协同关系;结合风景名胜区相关规范要求展开风景资源评估、生态敏感性评价与流域单元完整性分析,根据结果初步确定交叉区域的调整意向与分区优化建议,最终结合行政边界、三区三线、退耕还林边界、文物保护边界和矿业开发边界等范围线协调确定风景名胜区边界范围。区划方案以生态系统服务效率最优为目标,解决了既往自然保护地交叉重叠导致的保用冲突问题,可为自然保护地交叉重叠整合优化提供参考。

关键词

生态系统服务权衡与协同; 风景名胜区; 自然保护区; 交叉重叠区域; 空间区划

Abstract

Constructing a nature reserve system is important to realize China's ecological civilization. However, scenic spots and nature reserves within the nature reserves system generally have the problem of overlapping in space, and there is no unified and effective solution in technology. By analyzing the differences in theoretical cognition and current technical practice between scenic spots and nature reserves, it is clear that the difference in resource value is the root cause of the overlapping problem. An analytical framework is proposed to unify the value context of ecosystem services and maximize service efficiency. The technical route of cross-conflict areas is adjusted by combining ecosystem service trade-offs and collaborative relationship classification. Taking Jin-ci-Tianlongshan Scenic Spot and Nature Reserve in Shanxi Province as an example, the ecosystem service value method was used to evaluate regional cultural services and support services. The Geoda model was used to analyze the correlation between the two types of services and land use patterns and the trade-offs and synergies between services. Combined with the relevant specifications of scenic spots, the evaluation of scenic resources, the evaluation of ecological sensitivity, and the analysis of the integrity of watershed units are carried out. Then, according to the above-mentioned results of weighing collaborative zoning, the intersection area's adjustment intention and zoning optimization suggestions are preliminarily determined. Finally, the boundary range of scenic spots is determined by combining the administrative boundary, the three areas and three lines, the boundary of returning farmland to forest, the boundary of cultural relics protection, and the boundary of mining development. The zoning scheme aims at the optimal efficiency of ecosystem services and solves the problem of conservation conflicts caused by overlapping natural protected areas. This study can provide a reference for integrating and optimizing overlapping natural protected areas.

Keywords

trade-off synergy of ecosystem services; scenic area; nature reserve; cross-overlapping area; spatial division

岳邦瑞

1973年生/男/陕西西安人/博士/教授、博士生导师/研究方向为西北脆弱生态区景观生态规划理论与方法、西部乡土景观生态智慧、大秦岭生态保护

姚龙杰

1997年生/男/福建宁德人/在读硕士研究生/研究方向为地景规划与生态修复

朱宗斌

1996年生/男/甘肃白银人/在读硕士研究生/研究方向为地景规划与生态修复

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: bangruiyue@126.com

基金项目:

国家自然科学基金项目“秦岭北麓环境敏感区生态风险评估及空间管控”(编号: 51578437);宁夏回族自治区重点研发计划重大(重点)项目“宁夏农宅设计人居环境研究”(编号: 2019BBF02014)

1 现实问题——风景名胜区与自然保护区交叉重叠矛盾

构建以国家公园为主体的自然保护地体系，是实现生态文明建设的重要途径^[1]。由于中国自然保护地缺乏系统的整体性规划，受限于部门主导的因素影响，产生自然保护地定位模糊、边界重叠、区划不合理等问题，亟待通过自然保护地体系整合优化工作予以解决^[2-3]。风景名胜区作为自然保护地体系的独特类型^[4]，其与自然保护区交叉重叠的现实问题在当下尤为突出。疏良仁等^[5]认为交叉重叠率高达85%的南岳衡山风景名胜区与自然保护区，若按照既有规范中生态保护强度等级优先原则，将取消风景名胜区，调整归并为自然保护区，但作为五岳“国山”之一的衡山承载着深厚的文化遗产价值，单纯作为自然资源进行保护，其文化特色和人文资源难以传承发展；又如青岛崂山风景名胜区与自然保护区交叉重叠问题使得自然保护核心区内存在大量建设开发项目，对自然保护区的生态系统质量产生极大影响，特定生物资源的保护面临威胁^[6]。

在近期国家林业与草原局下发的风景名胜区调整优化规则政策文件中，提出以生态区位、保护对象、功能定位等因素综合评估为基础，保护强度等级、人文资源禀赋等特点为依据构建重叠处置规则，确定了重叠矛盾的整合优化初步预案，为解决包括风景名

胜区在内的各类自然保护地交叉重叠问题提供了政策依据，各地据此出台了相关技术操作指南。但在近期陕西省风景名胜区整合优化预案初步审查会议中，按照相关整合优化技术操作指南中的“重叠处理规则”（表1）对陕西省35个风景区开展审查后发现，凡涉及同级风景名胜区与自然保护区的交叉重叠问题普遍存在较大争议，且规划编制单位也无法提供明确的、令人信服的研究思路与技术方法。因此，如何调整优化风景名胜区与自然保护区的交叉重叠区域成为当前亟须研究解决的技术难题。

针对上述现实问题，文章试从风景名胜区与自然保护区边界重叠问题成因分析与解决策略等方面展开研究^[7-8]。在成因分析方面，通过分析导致风景名胜区与自然保护区的交叉重叠难以解决的多种因素，认为资源价值认知差异是关键影响因素；在解决策略方面，提出以生态系统服务为统一价值语境与实现服务效率最大化为目标的分析框架及技术路线，最后通过案例研究，探讨上述分析框架与技术路线的具体应用方案。

2 成因分析——风景名胜区与自然保护区资源价值认知的差异

从风景名胜区与自然保护区的概念内涵、目标导向、理论依据、划定成果等方面比较来看（表2），两类区域的资源价值认知存在

较大区别。风景名胜区的传统概念认知通常建立在1987年国务院公布的《风景名胜区暂行条例》定义的共识之上：具有观赏、文化或者科学价值，自然景观、人文景观比较集中，环境优美，可供人们游览或者进行科学、文化活动的区域，侧重于风景名胜资源的开发利用^[5:8-9]。当下风景名胜区已被纳入国土空间规划背景下的自然保护地体系中^[10]，突出强调其在生态系统服务中的文化服务价值^[11]。《自然保护区条例》指出自然保护区是具有代表性的自然生态系统、珍稀濒危野生动植物物种的天然集中分布、有特殊意义的自然遗迹等保护对象所在的陆地、水域或海域，依法划出一定面积予以特殊保护和管理的区域，强调特定生物资源的保护^[9]，在当前国土空间规划背景下突出强调对生物多样性等支持性服务价值的保护^[12]。文化—生物资源价值认知的差异使得两类区域展开边界划定技术实践时各有侧重，衍生的技术方法及适用性各不相同，使得评估结果不在同一体系且难以对比，因此产生了交叉重叠现象。

风景名胜区边界划定的技术方法主要包含景观资源评估法、空间因素协调法、综合指标分析法等，侧重于游憩审美等文化功能的评估；自然保护区边界划定采用物种分布模型法、景观适宜度评价法、景观安全格局法等确定保护地范围，关注保护地生物多样性、生态系统质量等生境功能的评价。二

表1 国家级、省级风景名胜区、自然保护区与自然公园重叠处理规则^①
Tab. 1 Rules for overlapping treatment of national and provincial scenic spots, nature reserves and natural parks

保护地类型 Type of protected area	国家级自然保护区 National nature reserve	国家级自然公园 National natural park	省级自然保护区 Provincial nature reserve	省级自然公园 Provincial nature park
国家级风景名胜区	评估	国家级风景名胜区	国家级风景名胜区	国家级风景名胜区
省级风景名胜区	国家级自然保护区	评估	评估	省级风景名胜区

① 国家级、省级风景名胜区、自然保护区与自然公园重叠处理规则表来源于陕西省林业与草原局《关于风景名胜区整合优化调整规则（2022.07）》。

表2 传统风景名胜区与自然保护区的理论认知差异^[2,13-20]
Tab. 2 Theoretical cognitive differences between traditional scenic spots and nature reserves^[2,13-20]

分类 Classification	风景名胜区 Scenic areas	自然保护区 Nature reserve
概念内涵	具有独特集中的自然人文景观,并可供游赏或开展科教文娱的环境区域	具有代表性的物种或有特殊意义的自然遗迹等保护对象所在的环境,依法予以特殊保护的区域
功能特点	景观视觉功能、自然文化资源开发与利用	生物多样性及特有资源保护
目标导向	综合资源保护、旅游发展和居民社会发展	生态系统整体性,生物多样性以及生态系统健康
理论依据	社会经济理论,涉及综合自然地理学、土地资源学、旅游学以及生态美学	种群生态学(岛屿生物地理学均衡理论、种—面积关系、戴蒙德法则),景观生态学(斑块—廊道—基质原理)
划定依据	景源价值及其生态环境完整性、历史文化与社会连续性、地域单元相对独立性、保护利用管理的必要性与可行性	生物多样性、物种资源稀有性、物种代表性、生态系统抗干扰性、栖息地面积适宜性、生态系统脆弱度和人类威胁影响程度
划定成果	核心景区、外围一般地带	管理边界、生成边界、生态边界
功能区划	生态保护区、自然景观保护区、史迹保护区、风景恢复区、风景游览区、发展控制区	核心区、缓冲区、实验区

表3 传统风景名胜区与自然保护区在边界划定中技术目标、方法差异^[15,19-20,28-30]
Tab. 3 Differences in technical objectives and methods of boundary delimitation between traditional scenic spots and nature reserves^[15,19-20,28-30]

分类 Classification	技术目标 Technological target	技术方法 Computing technique			
		类型 Type	内容 Content	优点 Merit	缺点 Defect
风景名胜区	风景资源评估、开发与利用	景观资源评估法	评估风景资源综合价值确定景源等级,通过空间辐射评估景源引力及边界范围	为把握风景名胜区景源价值提供参考	不同等级景源的辐射范围难以确定,缺乏考虑周边自然环境特征
		空间因素协调法	基于不同的地貌、水域和道路等要素偏移分析得到风景名胜区边界范围	操作性强,便于保护景观视域	未能与风景名胜区景源价值构成直接联系,无法突出名胜区资源的特性
		综合指标分析法	分析资源保护、人为开发等方面对景源的影响,叠加分析并结合土地利用现状及地形线确定边界范围	评估结果与划定范围较为准确	针对景源敏感性、适宜性评估赋权仍需合理考量
自然保护区	生物资源分析、维持与保护	物种分布模型法	结合特定物种生境破碎度、巢域面积等指标确定区域范围	评估与模拟分析结果合理	数据要求较高,需获得特定生物资源的栖息数据
		景观适宜度评价法	针对特定物种栖息、觅食等过程识别适宜性生境因子,通过空间分析叠加得到区域范围	针对特定物种的适宜性分析结果较为准确	缺少人类干扰因素与时间动态的影响评估
		景观安全格局法	识别适宜特定物种的栖息生境,结合生物过程设定阻力面,构建安全格局并划定保护区域范围	考虑区域生物流过程,评估结果准确	权重赋值的科学性,客观分析生物过程的阻力因素

者边界划定实践中的技术目标与方法适用性存在较大差异(表3),在解决风景名胜区与自然保护区交叉重叠问题的相关研究中,部分学者通过分析地理集中指数^[21]、核密度指数^[22]等方法评估区域范围的自然保护地重叠程度,结合生态系统完整性分析^[23]、风景名胜资源评估^[24]和生态敏感性评价^[25]方法初步探索重叠问题的解决方案,虽取得一定成效,但仍未从统一资源价值认知语境的角度展开探讨。

自然保护地体系设立的目标已由特定物种资源保护拓展至区域生物多样性与生态福祉的提升^[11,26],因此在整合优化自然保护区与风景名胜区重叠交叉问题时,可将两类区域资源价值引向生态系统服务功能的统一语境,

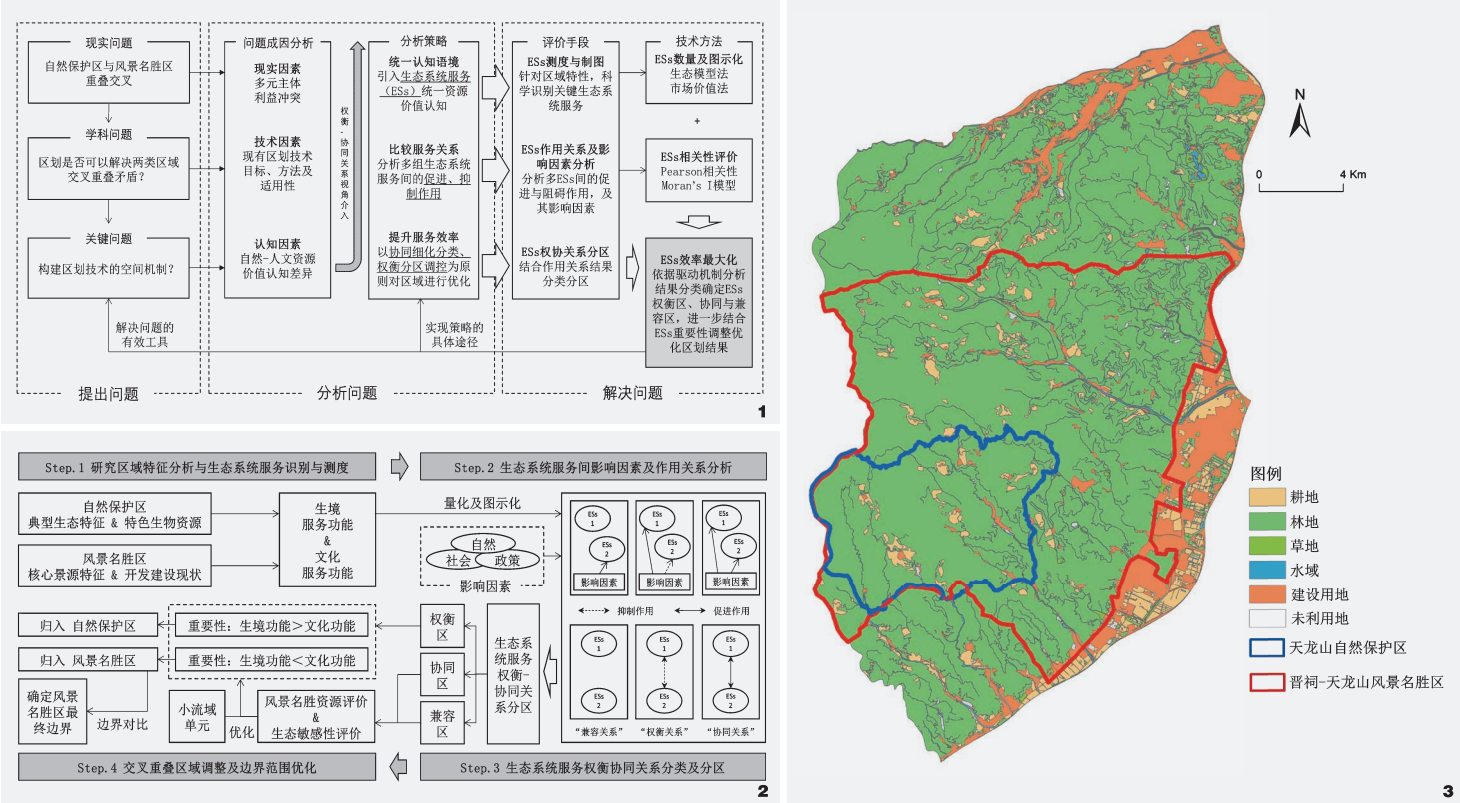


图1 自然保护区与风景名胜区交叉重叠问题整合优化的分析框架
Fig. 1 Integrated optimization analysis framework of overlapping problem between nature reserves and scenic spots

图2 基于生态系统服务权衡与协同分析的综合优化技术路线
Fig. 2 Integrated optimization technical route based on the perspective of ecosystem service trade-off synergy

图3 晋祠—天龙山自然保护区与风景名胜区范围及土地利用现状图^①
Fig. 3 Jinci - Tianlong Mountain Nature Reserve and Scenic Area and land use status map

将风景名胜区的风景文化游赏价值与自然保护区的生物多样性价值转化为文化服务功能与支持服务功能，通过比较两类服务作用关系及影响因素，分区分类调整优化自然保护区与风景名胜区的交叉重叠区域^[27]。

3 解决策略——基于生态系统服务权衡协同视角的分析框架与技术路线

自然保护区与风景名胜区交叉重叠问题的成因来源于资源价值的认知差异，通过引入生态系统服务功能 (Ecosystem service, ESs)

为自然保护区与风景名胜区的资源价值认知提供统一语境，为缓解资源保用价值冲突的目标提供依据。其具体策略在于分析ESs间促进/阻碍的作用关系及影响因素的驱动机制，将各类ESs间的作用按权衡、协同与兼容三类关系进行分类与分区。构建自然保护区与风景名胜区边界调整优化的分析框架 (图1)，厘清“资源价值认知差异”问题与“ESs利用效率最大化”目标间的联系与ESs权衡协同关系分析及分类分区等具体操作间的逻辑关系。

以生态系统服务及权衡协同关系为理论基础，以测度生态系统服务功能与服务间作用关系为技术核心，将生态系统服务效率最大化设为最终目标，对自然保护区与风景名胜区交叉重叠矛盾整合优化的技术路线包含如下4个部分 (图2)：

(1) 研究区域特征分析与生态系统服务识别与测度。通过查阅相关资料、已有文献，展开专家及利益相关者的调研访谈等方法，以自然保护区的典型生态特征、特色生物资源与风景名胜区核心景源特征、开发建

① 本文使用的晋祠—天龙山风景名胜区边界为2015年该区域规划的备案版边界。

设现状作为确定区域生态系统服务功能的依据,并结合生态模型法、市场价值法与公众参与法等进行功能量化与图示化^[31]。

(2) 生态系统服务间影响因素及作用关系分析。结合研究区域实际选取影响ESs的自然条件、社会经济及政策约束等影响因素,结合Pearson系数、Moran's I模型等方法分析影响ESs增加的驱动因素,以及不同ESs间促进或阻碍的作用关系^[32]。

(3) 生态系统服务权衡协同关系分类及分区。基于上述多生态系统服务间作用关系及影响因素的驱动机制分析,按兼容、权衡与协同关系分类分区得到生态系统服务权衡—协同关系区划结果^[33]。

(4) 交叉重叠区域调整及边界范围优化。结合生态系统服务权衡—协同关系分区结果,引入生态敏感性评价、风景名胜资源评估等方法细化不同区域的主导功能等级,进一步比较生境服务功能与文化服务功能间的相对重要性确定资源分区调整方案^[34]。最后结合相关规范要求比对协调各类管控线的交叉区,最终划定风景名胜区的边界范围。

4 晋祠一天龙山风景名胜区案例研究

4.1 研究区域特征分析与生态系统服务识别与测度

晋祠一天龙山省级风景名胜区位于山西省太原市晋源区近郊,地形以低山浅丘为主,西高东低,高程范围为800~1 856 m,主要涉及风峪沟和柳子沟流域,均属于汾河

的支流水系。风景名胜区设立于1987年,初设面积约180 km²。区内自然和人文景观资源丰富,部分区域为天然的高山林区,植被覆盖率达90%以上,生态效益显著;包含22处文物保护单位(6处国家级、9处市级、7处区级)及其他人文景观资源,文化价值突出。现有天龙山省级自然保护区与晋祠一天龙山省级风景名胜区交叉重叠问题尚未得到有效解决(图3)。

基于精细化、图视化及可操作性的原则,本研究采用国土调查用地类型矢量数据,结合生态系统服务价值(Ecosystem service value, ESV)评估研究区生态系统服务功能。生态系统服务价值总量计算根据谢高地等^[35]制定的中国陆地生态系统服务价值当量结合研究区的实际情况进行修正(表4),生态系统服务价值当量修正系数参考汾河流域相关研究设定^[36],综合计算得到研究区各生态系统服务价值总量(图4)。计算见公式(1)(2)。

$$E_x = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^x \frac{m_n p_n q_n}{M}; VC_{xy} = e_{xy} VC_o \quad (1)$$

$$ESV = \sum_{x=1}^2 \sum_{y=1}^6 (A_x \times VC_{xy}) \quad (2)$$

式中, E_x 为生产服务功能经济价值(元/hm²); n 为作物种类,研究区的主要作物有小麦、玉米和马铃薯; p_n 为 n 种作物平均市场价格(元/t),2020年研究区小麦、玉米与马铃薯的平均价格分别为242元/kg、221元/kg和243元/kg; q_n 为作物产量(t/hm²),2020年研究区小麦、玉米与马铃薯的产量分别为5 766.67 kg/hm²、3 457.44 kg/hm²、3 430.25 kg/hm²;

m_n 为作物面积,2020年研究区小麦、玉米和马铃薯的面积分别为60 hm²、46 320 hm²、15 410 hm²; M 为 x 种作物的总面积(hm²),为61 790 hm²。 VC_{xy} 为生态服务功能的系数(元/hm²); x 为生态系统类型; y 为生态服务功能。 ESV 表示研究区服务功能总价值(元); A_x 为地类 x 的面积(hm²)。

由结果可知,研究区标准当量因子价值为1 117.18元/hm²,生态系统服务总价值较高等级区主要分布在天龙山省级自然保护区、白家山等天然林区,较低等级区主要分布在东侧建设开发地带,其空间分布范围与城镇扩展趋势一致。

4.2 生态系统服务间影响因素与作用关系分析

空间自相关模型分为全局空间自相关和局部空间自相关,能够描述要素空间位置的关联程度^[37]。本文利用双变量空间分析模型,通过全局自相关系数(Moran I指数)反映研究区不同生态系统服务及影响因素间的整体空间关联和差异状况。土地利用格局作为影响生态系统服务的重要因素,本研究结合生态系统服务价值评估结果与研究区用地类型格局分布,输入Geoda模型得到两类服务与用地格局的相关性(图5-a,图5-b)。

4.3 生态系统服务权衡协同关系分类及分区

引入局部自相关分析法,结合相关性评估结果进一步细化不同服务在内部空间上的

表4 研究区生态系统服务价值(单位:元/hm²)
Tab. 4 Ecosystem service value of study area

ESs一级类型 ESs primary type	ESs二级类型 ESs secondary type	耕地 Cultivated land	林地 Forest land	草地 Grass land	水域 Water	建设用地 Built-up land	未利用地 Unused land
支持服务	生物多样性保护	793.20	3 642.01	1 217.73	2 781.78	379.84	379.84
文化服务	文化娱乐	11.17	1 429.99	44.69	4 848.56	11.17	11.17

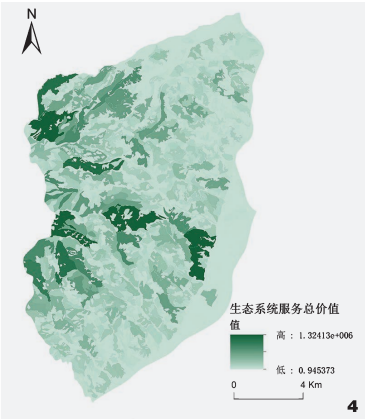


图4 研究区生态系统服务价值评估
Fig. 4 Valuation of ecosystem services in study area

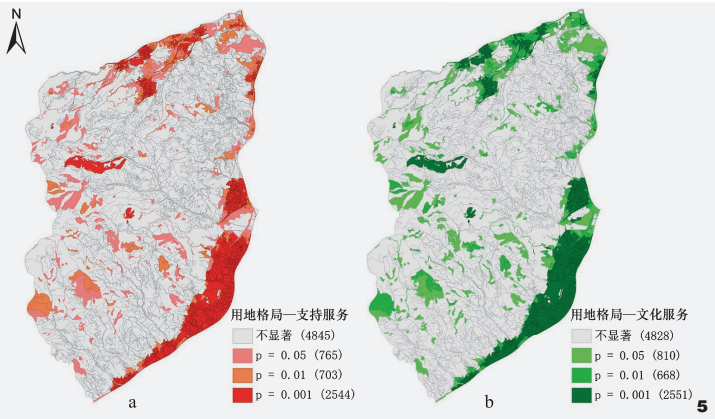


图5 两类服务与土地利用格局之间的相关性
Fig. 5 Correlations between services and land use patterns

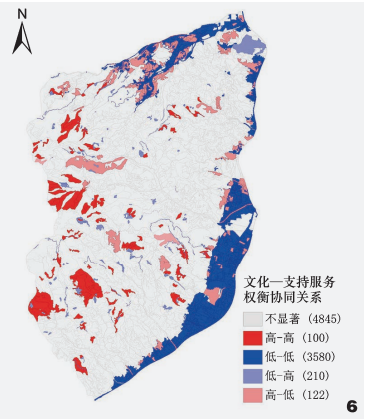


图6 文化服务—支持服务权衡协同关系及分区
Fig. 6 Cultural service - support service trade-off synergy and partition

权衡协同关系分异特征。使用Geoda模型空间关联局部指标 (LISA) 反映研究区各部分之间的空间关联程度^[39]，双变量空间自相关分析中，高高聚集、低低聚集关系分别表示协同关系与兼容关系，低高聚集、高低聚集关系表示权衡关系。由图6可知，支持服务与文化服务的权衡协同关系空间分布较为显著，高高聚集（协同区）主要分布在天龙山省级自然保护区、白家山等区域，该区域森林覆盖度高、生态本底质量较好；低低聚集区主要分布在东侧建设用地区域。权衡关系中，高低聚集与低高聚集区域较为分散，其中文化功能高于生态的高低聚集区主要分布在太山景区、蒙山景区等地；文化功能低于生态功能的低高聚集区分布于西山长风城

郊森林公园等处。

4.4 交叉重叠区域调整及边界范围优化

基于权衡协同关系分区结果，引入《风景名胜区总体规划标准 (GB/T50298-2018)》的生态敏感性分析、风景名胜资源评价及辐射范围分析的技术评估方法补充完善调整方案。生态敏感性分析参考已有研究^[39]与研究区实际情况，选择坡度、高程、植被覆盖指数、土地利用类型、水域缓冲距离等因子，采用层次分析法和专家打分法确定各个评价因子的权重（表5），叠加分析得到综合生态敏感性结果。景源辐射范围分析基于研究区人文景源特色，以满足自然景观资源与人文景观资源价值评估，兼顾景区生态环境水平

与开发条件为原则，根据规范确定风景名胜资源等级。按照特级景源外围400 m、一级景源外围300 m、二级景源外围200 m、三级景源外围150 m、四级景源外围100 m的缓冲距离，使用Arcgis10.5的缓冲区分析工具确定最终景源辐射范围。

由生态敏感性分析结果可知，区域总体生态敏感性高，总的分布规律为东部和西北部城市建成区和农业耕地区域生态敏感性较低，北部、中部山区和水域敏感性较高。风景名胜资源评价结果表明，现状景源共31处，其中人文景观资源较为丰富，共24处，5处国家级文物保护单位；自然景观7处，主要以潭池和洞府景观为主（图7）。交叉区域调整参考生态系统服务权衡协同分区结果，

表5 生态敏感性因子及权重设置
Tab. 5 Ecological sensitivity factors and weight setting

评价因子 Evaluation factor	低敏感 Lower sensitivity	较低敏感 Low sensitivity	中敏感 Medium sensitive	较高敏感 High sensitivity	高敏感 Hypersensitivity	权重值 Weight value
高程/m	<900	[900, 1 100)	[1 100, 1 300)	[1 300, 1 450)	≥1 450	0.05
坡度/°	[0, 6)	[6, 12)	[12, 18)	[18, 25)	≥25	0.10
植被覆盖度	[0, 0.2)	[0.2, 0.3)	[0.3, 0.4)	[0.4, 0.6)	≥0.6	0.20
土地利用类型	工矿用地	建设用地	耕地	草地、园地	水域、林地	0.35
水域缓冲距离/m	>1 000	(400, 1 000]	(200, 400]	(50, 200]	≤50	0.30

依据生态敏感性与风景资源评估，选取小流域作为维持生态系统完整性的基本单元，根据《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》和《中华人民共和国自然保护区条例》，将天龙山核心自然保护区核心区调出，调出三级景源与自然保护实验区交叉重叠部分纳入风景名胜区，分类分区调整交叉重叠区域(图8)。

风景名胜区最终边界范围确定是基于西山基本地形地貌、生态区划特点，依据国土空间土地利用相关规定，按照市县级行政边界、三区三线、退耕还林边界、流域单元边界、文物保护边界和矿业开发边界协调区域范围，自东、南、西、北4个顺序调整。东边界：本次边界调整出部分村镇空间和农业空间，根据景源评价结果纳入部分文化景源区域；25° 坡度线以上全部纳入；比对三线，将生态红线全部纳入；比对晋祠保护规划及服务区范围，全部纳入。南边界：调出与天龙山自然保护区交叉区域；保留天龙山核心文化景源区范围；按照流域单元完整性优化边界范围。西边界：以西山示范区的区划西边界为准，并按流域单元完整性优化边界范围。北边界：以维持“风峪沟、柳子沙沟”流域生态系统的完整性为准。基于上述操作细则，确定风景名胜区最终边界范围。

5 结论与讨论

研究探讨了自然保护地体系下风景名胜区与自然保护区的理论认知、现状技术实践差异，明确资源价值认知差异是导致交叉重叠问题的根本原因，提出以生态系统服务为统一价值语境与实现服务效率最大化为目标的分析框架，结合生态系统服务权衡与协同关系分类调整交叉冲突区域的技术路线。以山西省级晋祠—天龙山风景名胜区为例，基

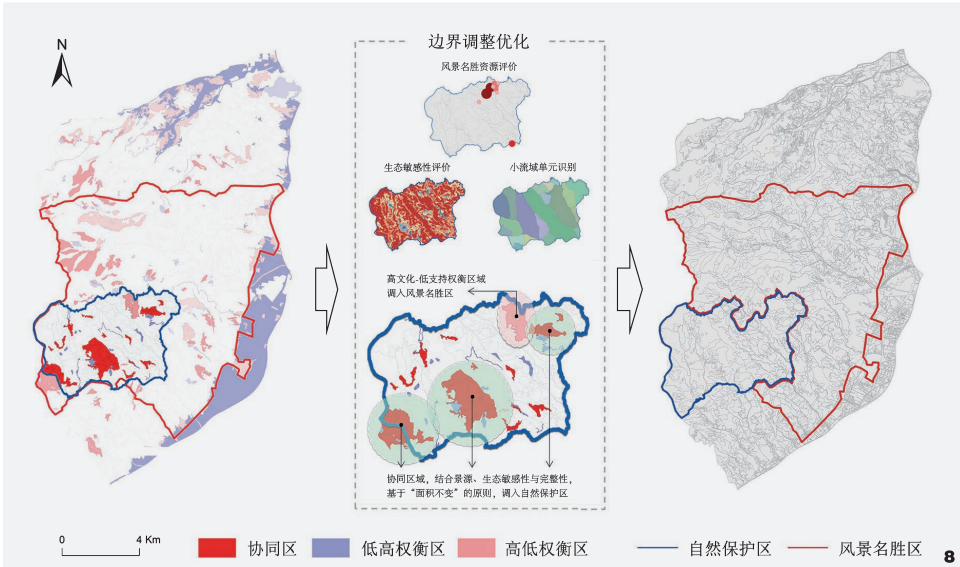
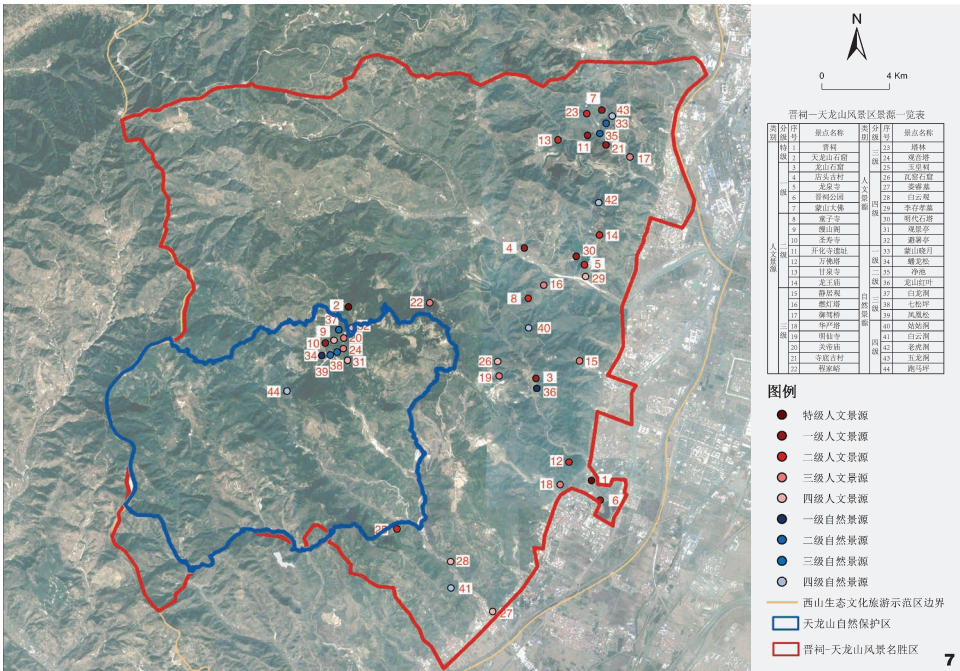


图7 风景名胜区各等级景源点空间分布图
Fig. 7 Spatial distribution map of scenic spots at all levels

图8 基于生态系统服务权衡与协同关系的交叉区域调整优化
Fig. 8 Cross-regional adjustment optimization based on trade-offs and synergies of ecosystem services

于生态系统服务价值评价、多服务权衡协同关系分析及区划，结合相关规范要求的流域单元完整性、风景名胜资源评价与生态敏感性评价结果，分类调整风景名胜区与自然保护区交叉重叠区域。进一步根据城镇开发边

界和文物保护边界等政策管控线，优化确定风景名胜区的最终范围。

基于生态系统服务权衡—协同视角展开的自然保护地交叉重叠矛盾优化是本文的创新之处，该方法可为不同自然保护地资源

价值认知提供统一语境，并结合不同服务的权衡与协同关系分类调整交叉重叠区域。在后续研究中，可考虑拓展以下两个方面：（1）区域关键生态系统服务识别可进一步精准化。生态系统服务功能可持续供给作为构建自然保护地体系的福祉目标之一，其能够有效链接生态—社会的系统性需求，并为后续规划提供目标设定依据。本文结合了区域风景名胜资源评价结果补充了生态系统文化服务价值评估的不足，在后续研究中应科学考虑区域实际，补充生态模型法、实地调研法等相关方法，进一步科学准确识别区域关键生态系统服务。（2）生态系统服务权衡协同最优效率方案的确定。在下一步研究中，需结合 OWA（Order Weight Average）方法充分考虑文化服务与支持服务间的权衡作用，结合算法结果得到多类情景下的保用功能分区，进一步基于 FLUS、CLUE-S 等土地利用变化模型模拟多类决策情景下的用地发展格局，通过比较多方案的生态系统服务总价值测算结果并确定最优方案。（3）生态系统服务权衡协同关系分区的进一步深化。依据权衡关系及其分区结果能够为交叉重叠矛盾提供解决方案，但协同区域的调整方案仍需结合场地调研精准深化，可通过分析不同服务协同关系的相互作用机制，并依据研究区多主体（政府、市场及当地居民等）的社会调研，了解不同景观资源的实际使用倾向，合理调整协同区的交叉矛盾。

注：文中图表均为作者自绘。

致谢：

感谢本团队兰泽青、王敬儒、钱芝弘、王蓓、费凡、丁禹元等博士对本论文思路、观点和数据分析所给予的建议与帮助。

参考文献

[1] 李春良. 深入贯彻落实习近平生态文明思想建立具有中国特色的自然保护地体系[J]. 旗帜, 2019(08): 37-38.

[2] 吴承照, 刘广宁. 管理目标与国家自然保护地分类系统[J]. 风景园林, 2017(07): 16-22.

[3] 唐芳林, 吕雪蕾, 蔡芳, 等. 自然保护地整合优化方案思考[J]. 风景园林, 2020, 27(03): 8-13.

[4] 中国风景园林学会. 建言 | 坚持中国特色, 优化完善自然保护地体系——风景名胜区与自然保护地会议建言[EB/OL]. https://mp.weixin.qq.com/s/13vOljMStleyuFK7DFU_uw. 2018-12-25.

[5] 疏良仁, 黄利, 咎丽娟. 论我国风景名胜区在自然保护地体系中的重要地位与基础作用[J]. 城乡规划, 2020(01): 119-124.

[6] 刘艳艳, 董慧慧, 张乐乐, 等. 山东省风景名胜整合优化初探[J]. 山东林业科技, 2022, 52(03): 107-112.

[7] 金英. 刍议新形势下我国风景名胜整合优化实施策略[J]. 规划师, 2021, 37(18): 78-83.

[8] 徐晓君, 胡兵, 邓成. 然保护地整合优化中存在的问题及对策[J]. 林业调查规划, 2022, 47(01): 112-115.

[9] 傅舒兰, 潘丁琳. 中国近代风景区制度的形成及其特征[J]. 风景园林, 2022, 29(04): 32-39.

[10] 赵智聪, 杨锐. 论国土空间规划中自然保护地规划之定位[J]. 中国园林, 2019, 35(08): 5-11.

[11] 廖凌云, 傅田琪, 吴涌平, 等. 基于生态系统服务评估的市域自然保护地体系优化: 以福州市为例[J]. 风景园林, 2022, 29(07): 80-85.

[12] 赵智聪, 钟乐, 杨锐. 试论生态文明新时代自然保护区之基础性地位[J]. 中国园林, 2020, 36(08): 6-13.

[13] 郑允文, 薛达元, 张更生. 我国自然保护区生态评价指标和评价标准[J]. 农村生态环境, 1994(03): 22-25.

[14] 黄宝荣, 马永欢, 黄凯, 等. 推动以国家公园为主体的自然保护地体系改革的思考[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(12): 1342-1351.

[15] 何思源, 苏杨, 闵庆文. 中国国家公园的边界、分区和土地利用管理——来自自然保护区和风景名胜区的启示[J]. 生态学报, 2019, 39(04): 1318-1329.

[16] ARRHENIUS O. Species and Area[J]. Journal of Ecology, 1921, 9(1): 95-99.

[17] PRESTON F W. The Mathematical Representation of Migration[J]. Ecology, 1966, 47(3): 375-392.

[18] FORMAN R, MICHEL G. Patches and Structural Components for A Landscape Ecology[J]. BioScience, 1981(10): 733-740.

[19] 胡一可, 杨锐. 风景名胜边界认知研究[J]. 中国园林, 2011, 27(06): 56-60.

[20] 余彦俊. 基于资源要素分析的风景名胜边界划定研究[D]. 重庆: 西南大学, 2014.

[21] 李永进, 汤玉喜, 黎蕾, 等. 湖南省自然保护地空间分

布特征及其重叠关系分析[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 7(12): 1540-1547.

[22] 唐晓岚, 马坤, 任宇杰. 长江中游流域国家级自然保护地交叉重叠特征及其优化整合研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2022, 46(03): 12-20.

[23] 金英, 周雄, 疏良仁. 国家级风景名胜区的整合归并与边界调整研究[J]. 规划师, 2019, 35(22): 50-55.

[24] 王凤武, 疏良仁, 周雄, 等. 国土空间规划体系下广西花山国家级风景名胜边界调整策略[J]. 规划师, 2019, 35(21): 65-70.

[25] 王国玉, 白伟岚. 风景名胜生态敏感性评价研究与实践进展[J]. 中国园林, 2019, 35(02): 87-91.

[26] 吕偲, 曾晴, 雷光春. 基于生态系统服务的保护地分类体系构建[J]. 中国园林, 2017, 33(08): 19-23.

[27] 岳邦瑞, 钱芝弘. 生态系统服务权衡与协同机制及其在景观规划中的应用[J]. 风景园林, 2022, 29(10): 20-25.

[28] 曹铭昌, 孙孝平, 乐志芳, 等. 基于MAXENT模型的丹顶鹤越冬生境变化分析: 以盐城保护区为例[J]. 生态与农村环境学报, 2016, 32(06): 964-970.

[29] 白文科, 张晋东, 杨霞, 等. 基于GIS的卧龙自然保护区大熊猫生境选择与利用[J]. 生态环境学报, 2017, 26(01): 73-80.

[30] 李纪宏, 刘雪华. 基于最小费用距离模型的自然保护区功能分区[J]. 自然资源学报, 2006(02): 217-224.

[31] 易丹, 肖善才, 韩逸, 等. 生态系统服务供给和需求研究评述及框架体系构建[J]. 应用生态学报, 2021, 32(11): 3942-3952.

[32] 彭建, 胡晓旭, 赵明月, 等. 生态系统服务权衡研究进展: 从认知到决策[J]. 地理学报, 2017, 72(6): 960-973.

[33] 艾昕, 兰亦阳, 郑曦. 基于生态系统服务协同增益的城市生态空间区划研究——以北京市生态涵养区为例[J]. 风景园林, 2020, 27(11): 82-89.

[34] 申佳可, 王云才. 景观生态网络规划: 由空间结构优先转向生态系统服务提升的生态空间体系构建[J]. 风景园林, 2020, 27(10): 37-42.

[35] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(08): 1243-1254.

[36] 林菲, 池泽龙, 杨伟, 等. 1980-2020年汾河流域生态系统服务价值的时空变化[J]. 水土保持通报, 2022, 42(02): 322-329.

[37] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(01): 116-134.

[38] 邵明, 李方正. 城市生态空间生态系统服务功能权衡协同及管控研究——以成都东部新城为例[J]. 风景园林, 2021, 28(07): 114-120.

[39] 李佳芯, 吴承照, 陶聪. 自然保护地人地关系空间耦合分析方法研究——以天目山自然保护区为例[J]. 中国园林, 2022, 38(05): 74-79.