

引用格式:朱亚茹,高峻,邢振华,等.基于参与式制图方法的景观服务评估与空间结构研究[J].地球信息科学学报,2020,22(5):1106-1119. [Zhu Y R, Gao J, Bing Z H, et al. Using participatory mapping to assess landscape services in Jiuzhaigou National Reserve[J]. Journal of Geo-information Science, 2020,22(5):1106-1119.] DOI:10.12082/dqxkx.2020.190447

基于参与式制图方法的景观服务评估与空间结构研究

朱亚茹¹,高峻^{1*},邢振华²,张中浩¹,付晶¹

1. 上海师范大学地理与环境科学学院, 上海 200234; 2. 上海商学院酒店管理学院, 上海 200235

Using Participatory Mapping to Assess Landscape Services in Jiuzhaigou National Reserve

ZHU Yaru, GAO Jun^{*}, BING Zhenhua, ZHANG Zhonghao, FU Jing

1. School of Environmental and Geographical Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China

2. School of Hotel Management, Shanghai Business School, Shanghai 200235, China

Abstract: Landscape ecology is the scientific basis of sustainable landscape development. Participatory mapping based on stakeholders is effective to establish the landscape service category system and quantitative indicators. The evaluation of landscape services primarily focused on the complex and dynamic relationships between human and environment. Landscape service is a special type of ecosystem services. It emphasizes the landscape functions and spatial characteristics that are being used by human, as well as ecosystem service shifts from simple ecological protection to integrated landscape architecture. This paper aimed to evaluate the potential of using local stakeholders as key informants in the spatial assessment of landscape service indicators. In our study, we took Jiuzhaigou Nature Reserve as an example to introduce the “landscape services” and mapping of all the landscape service indicators based on local stakeholders. A total of 17 different material, and non-material cultural landscape service indicators were established and mapped separately on an aerial image using local stakeholders in semi-structured interviews. These landscape service indicators were presented and analyzed spatially for better understanding of landscape-level service structure, pattern and relationship. Assessing the wide variety of landscape services, e.g. livestock, medicinal resources and dwelling, requires a wide range of data sources for their identification. In total, we obtained 737 landscape service points with participatory mapping in analysis. Our results show that local involvement and participatory mapping enhanced the assessment of landscape services. Spiritual belief, religious activities and residents' village buildings had a high synergistic relationship. Jiuzhaigou scenic spot service had positive spatial correlation, and the observed values in the unit shared a same trend. The local autocorrelation indicated a significant local spatial agglomeration phenomenon at the Jiuzhaigou landscape service point, and the "high-high" clusters of landscape services were mainly distributed at the entrance. While the “low-low” clusters of landscape services are mainly distributed in areas such as forests, which was far away from human habitation and activity areas. Many material landscape service indicators were spatially separated and scattered in the study area. And the well-being of locals also

收稿日期:2019-08-15;修回日期:2020-12-23.

基金项目:科技部国家重点研发计划(2017YFC0506404)。 [**Foundation item:** The National Key Research and Development Program of China, No.2017YFC0506404.]

作者简介:朱亚茹(1987—),女,江苏扬州人,博士生,研究方向为景观可持续发展与环境管理。E-mail: ruru1987713@163.com

*通讯作者:高峻(1962—),男,上海人,教授,博导,主要从事,景观生态学、国家公园与可持续发展等研究。

E-mail: gaojun@shnu.edu.cn

depended on the non-material services, e.g., public places of social interaction and cultural traditions. These benefits from nature demonstrated spatial clustering and coexistence, and were close to settlements where the highest intensity and diversity were found. Based on our results, the integration of participatory mapping methods in landscape service assessment is crucial for collaborative, bottom-up landscape management. It is also essential to capture the non-utilitarian value of landscape and to assess its social and cultural landscape services, which are less evaluated in many studies.

Key words: participatory mapping; participatory GIS; ecosystem services; landscape services; landscape service indicators; spatial pattern; Jiuzhaigou

***Corresponding author:** GAO Jun, E-mail: gaojun@shnu.edu.cn

摘要: 景观服务评估核心是人与环境之间复杂的动态关系,基于利益相关者的参与式制图方法是建立景观服务分类体系和量化指标的有效途径。本文采用参与式制图方法,以九寨沟自然保护区为例,根据景观服务分类研究成果,并结合九寨沟自然资源特点和景观服务使用者半结构式访谈数据,提出了适用于九寨沟的景观服务指标体系。本研究方法以管理局工作人员、居民和游客等服务使用者作为参与式调研对象,分别就其需求和景观服务感知程度进行半结构式访谈,并利用GIS技术将数据空间位置和功能属性结合,得到九寨沟有3大类景观服务和17个相关指标,以及737个景观服务点。通过研究结果可知,当地村落建筑与众多景观服务指标(包括观鸟场所、野营旅游、民俗与节庆等13个指标)具有极强的空间关联性。同时,景观服务使用者感知的景观价值在空间上属于聚集分布形式,主要围绕着开放生态旅游的3条沟谷分布,并向外围扩散。其中景观服务的“高一高”空间聚集区主要分布在沟口等与人类需求密切联系的区域,而景观服务的“低一低”空间聚集区则主要分布在原始森林等与人类居住、活动相距较远的区域。综上,基于参与式制图方法建立的景观服务分类和空间分析,发现九寨沟景观服务的空间位置与使用者紧密相关,其景观价值的空间结构特征是服务使用者与环境长期互动的结果,该结果可以用来引导并进一步优化九寨沟的功能分区规划。

关键词: 参与式制图;参与式GIS;生态系统服务;景观服务;景观服务指标;空间结构;九寨沟

1 引言

生态系统服务(Ecosystem Services)是人类从生态系统中获得的所有物质产品与服务^[1],涵盖有形服务(如粮食生产)和无形服务(如文化和社会价值)。其关注的核心是自然生态系统,主要是围绕地形、植被、土壤等自然背景,以及生物与生物、生物与环境相互作用的生物物理过程^[2]。生态系统服务研究的根本出发点是人类福祉,作为由不同类型生态系统组成的、具有重复性格局的异质性综合土地单元,景观是探索人类—自然耦合系统演变机理和过程的最佳视角^[3-6],因而,景观服务概念的提出能够完善生态系统服务的空间指标^[7]。Syrbe等^[8]和刘文平等^[9]的研究均指出,景观服务的概念强调了空间格局的重要性、各服务功能间的综合作用,以及服务使用者与提供者的空间位置关系。相比于生态系统服务,景观服务具备地方、利益相关者以及环境相互匹配的相关性和合理性,更容易被人类感知^[3]。

那怎么构建景观服务分类体系和量化指标内容呢?目前,国内关于景观服务的分类多是参照或者修订生态系统服务的分类体系而建立的,景观服

务指标的量化也多采用传统的价值评估法^[10-12]。通过参与式制图对景观服务进行分类与价值评估是目前国际上比较新的一种景观服务分类和量化方法^[13-14],该方法从服务使用者需求的角度,利用半结构式访谈和GIS技术确定研究区域内景观服务的类型和功能价值。参与式方法采用由下而上(bottom-up)的形式发现和解决问题,与服务使用者直接对话,而GIS制图方法可以让使用者直接在地图上指出景观服务的区域以及感知强度^[13]。美国和澳大利亚的几个案例研究^[15-17]也都是通过参与式制图等非经济价值方法,对国家森林公园规划中的某类景观功能与服务进行图绘标记和评估。

参与式制图方法利用参与式地理信息技术(PGIS),对服务使用者感知的景观功能与价值进行制图,分析其空间特征。该研究方法的理论基础是人与景观交互关系理论,人们为了自己的需求积极地改变景观和景观功能,尤其是在社会和文化活动中,人们通过感知赋予不同景观类型以价值来获取物质资源和精神满足。同时,人的知识认知又影响着人们的选择偏好和行为特征^[18]。因而,探索一种基于GIS的自然保护区利益相关者活动偏好和景

观价值分析方法,对自然保护区朝向国家公园的发展具有重要意义。

本研究运用参与式制图方法,实现自然保护区景观服务的非经济价值评价方法,结合服务使用者的感知偏好,探讨景观服务在不同景观类型的空间分布特征,以及在自然保护区管理区划分和规划管理中的应用。

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

九寨沟(图1)是四川盆地向青藏高原过渡的边缘地带,整体地势南高北低,有高山、峡谷、湖泊、瀑布、溪流、山间平原等多种地貌形态,主要类型是高山狭谷。1984年九寨沟正式对外开放,经营旅游业。2002年,景区内居民都彻底停止了耕作和畜牧,基本都从事旅游经营或与旅游相关的工作^[19]。2004年,九寨沟已经全面停止耕作和畜牧,拆除住宿设施,且开始发展生态旅游。目前,游客参观主要集中在日则沟、则查洼沟、树正沟、扎如沟,总沟长约61 km,偶有生态旅游者进入扎如沟、丹祖沟和

曲那俄沟。根据九寨沟管理局提供的2015年人口统计数据,九寨沟沟内共有1311位居民,藏族居民占90%以上,以相对聚居的方式分布在沟内的树正寨、荷叶寨、则查洼寨和扎如寨,主要从事餐饮、纪念品售卖等旅游业务。

九寨沟管理局对于自然和旅游资源的开发和管理模式经历了粗放开发(1990年前)、环境破坏(1998年前后)、规范整治(2003年前后)、保护性开发(2004年至今)的演变过程,相继提出了废水及固体废弃物管理政策,退耕还林政策,“沟内游、沟外住”政策,旅游高峰期游客分流时空导航技术和管理政策等环境政策。同时,通过构建环境教育网络平台,开发低碳旅游产品,建设环境基础设施等措施实现景区的保护性开发。其中退耕还林政策、“沟内游,沟外住”政策、游客分流政策以及低碳旅游产品的开发,已经开始涉及游客在空间上对景观的感知以及景观服务价值的保护性开发。

2.2 参与式制图方法

本研究采用公众参与式地理信息系统技术,通过研究区景观服务使用者的结构式访谈获取

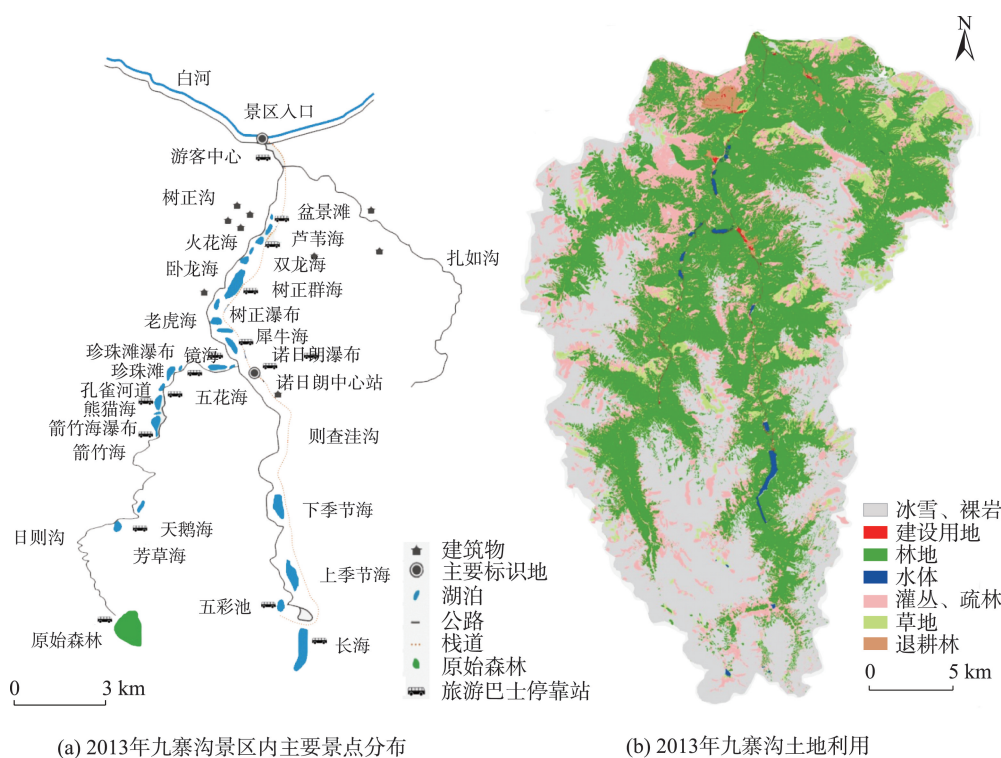


图1 2013年九寨沟自然保护区主要景点分布和土地利用情况
Fig.1 Location of scenic spots and Land use in Jiuzhaigou in 2013

景观服务点的属性数据,并利用GPS采集服务点的地理空间数据,然后通过GIS技术将景观空间点与景观服务指标点功能属性进行处理和叠加,实现景观效用、指标属性与地理位置之间关系的量化。此方法的核心是要求调研对象结合自己的认知和需求,在预先准备的调研地图上,标记对自己有某种价值的地方,并对该价值的大小或重要程度进行1~5分的评分,分为5个步骤(表1、图2),具体阐述如下:

(1)确定景观服务指标和调研底图

九寨沟景观服务指标数据来源(表1),包括地图数据、统计数据和现场采集数据。为了获取不同的景观要素及其空间分布,访谈底图采用2013年8月资源三号多光谱影像图(分辨率2.1 m)。通过对遥感影像进行配准校正和网格化处理,并对照2013年九寨沟景区内主要景点分布图,我们在底图上标注出了主要景点标志物,然后制作并打印底图用于本研究。

(2)遴选调研对象

本研究调研对象主要分为3部分人群:①熟悉九寨沟自然环境和发展情况的管理局工作人员;②九寨沟自然知识熟识度测试成绩大于等于3.0的本地居民(由九寨沟管理局在景区内各个居民集聚地随机抽取10%以上的住户进行测试,保证了样本数量的充足和样本选择的随机性);③前往九寨沟旅游的游客,为保证抽样的随机性和典型性,对于单个旅游团只抽取5%左右的样本,并尽量使散客、自助游和团队游客的比例适中,同时,为了保证游客在接受访谈时对景区有充分的认识和切身体会,调研基本选择在13:00—17:00时段,我们认为在这个时间段的游客至少已经游览过九寨沟的部分景点,而访谈的地方则选择了九寨沟主要景观点以及游览景区的必经之地,具体包括九寨沟沟口广场、诺日朗游客中心、长海站、原始森林站、五花海站和

表1 九寨沟景观服务指标的地图数据、统计数据和现场采集数据列表

Tab. 1 List of included used map data, statistical data and field observation for landscape service indicator in Jiuzhaigou

景观服务指标	地图数据	统计数据	现场采集数据
采摘山珍	2004年九寨沟国家级自然保护区人为干扰影响示意图	—	2015年10月问卷调查
家禽与放牧	2004年九寨沟国家级自然保护区人为干扰影响示意图	—	2015年10月问卷调查
医药材料	2004年九寨沟国家级自然保护区人为干扰影响示意图	—	2015年10月问卷调查
当地村落建筑	2013年8月资源三号多光谱影像图	2014年九寨沟管理局沟内居民人数统计	GPS定点观测
污水处理	—	—	GPS定点观测
退耕林	2004年九寨沟国家级自然保护区人为干扰影响示意图、2013年8月资源三号多光谱影像图	—	2015年10月问卷调查、GPS定点观测
珍稀动物栖息地	2004年九寨沟国家级自然保护区动物多样性等级图、2004年九寨沟国家级自然保护区珍稀兽类分布图、	—	2015年10月问卷调查、GPS定点观测
地质美景	2004年九寨沟国家级自然保护区景观资源分布图	—	2015年10月问卷调查、GPS定点观测
植物美景	2004年九寨沟国家级自然保护区珍稀植物分布示意图、2004年九寨沟国家级自然保护区景观资源分布图	—	2015年10月问卷调查、GPS定点观测
水体美景	2004年九寨沟国家级自然保护区景观资源分布图、2013年九寨沟景区内主要景点分布图、2013年8月资源三号多光谱影像图	—	2015年10月问卷调查、GPS定点观测
精神与宗教	—	—	2015年10月问卷调查
民俗与节庆	—	—	2015年10月问卷调查
森林观光与徒步	2013年8月资源三号多光谱影像图、2015年九寨沟旅游基础设施图	—	2015年10月问卷调查、GPS定点观测
野营旅游	2004年九寨沟国家级自然保护区景观资源分布图、2015年九寨沟旅游基础设施图	—	2015年10月问卷调查、GPS定点观测
观鸟场所	2004年九寨沟国家级自然保护区重点保护鸟类分布图	—	2015年10月问卷调查、GPS定点观测
环境解说	2013年九寨沟景区内主要景点分布图	2015年九寨沟景点解说牌档案	2015年10月问卷调查、GPS定点观测
生态监测	—	2012年九寨沟各站水准点高程及位置表	2015年10月问卷调查、GPS定点观测

注:2013年8月资源三号多光谱影像图从北京揽宇方圆信息技术有限公司购买。

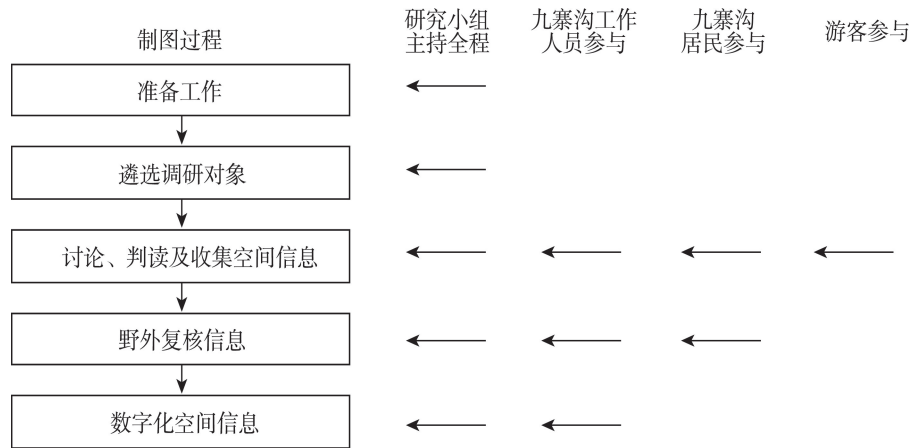


图2 景观服务参与式制图过程

Fig. 2 The procedure of PGIS-based mapping

箭竹海站等观光车停靠点。

(3) 讨论、判读及收集空间信息

以底图和景点标志物为依托,向调研对象阐述景观服务的概念和指标内容,并通过与调研对象的交流和提问,确保其对调研内容有准确的理解。空间信息收集包括2个部分,①半结构式访谈,由管理局工作人员和居民在底图上用不同颜色的图钉标记不同景观服务指标点的位置(同一网格内可以标记多个服务指标),并在问卷上填写该指标的属性得分(例如,您家里有圈养家禽吗?程度选项:1表示完全没有,5表示养了3~4种或者10只以上的牲畜)。②由游客在九寨沟景区游览图上用可擦写的水溶性彩笔标记不同景观服务指标点的位置,并结合问卷选择能够感知的景观服务指标、指标的位置和感知强度(1~2~3~4~5);同时调研人员手持GPS定位设备,实时将访谈地点,以及游客所提供的景观服务点统一标注在底图上。

(4) 野外复核信息

回收所有调研记录之后进行景观服务点的整理,请知识丰富的当地人带领我们到主要标记点进行GPS定点复核和观察验证。

(5) 数字化空间信息

数据收集完成后,利用ArcGIS10.0软件对信息进行处理,完成景观服务参与式绘图。

2.3 景观服务指标体系构建

景观服务是与人类活动联系在一起的,强调艺术、精神以及其他社会文化方面的指标,同时,景观服务的具体指标是与人的需求紧密联系的^[20]。因

而,本文首先参考了生态系统服务指标的已有研究成果,确定生态系统服务指标与空间、景观、景观要素的关系。其次,对比不同研究^[21-23]生态系统服务分类中的文化服务指标,再依据Fagerholm^[14]和Gulickx^[15]文章中的景观服务指标,从九寨沟管理局、居民、游客的角度分别预设了九寨沟自然保护区的景观服务指标,并通过参与式制图预调研调整到各利益相关者认可和重视的景观服务指标。最后,确定了正式调研时参与式制图所采用的指标(表2),主要包括管理局基于景观保护提出的,居民从日常生活感知的以及游客从游览需求提出的3个方面景观服务与价值。

(1)供给服务包括生态系统作为自然资源来源的功能,比如食物、水、能源以及其他保证我们基本物质需求和生存的必要功能。但是,景观要素还提供其他的需求,不仅包括依靠自然资源的生产性活动(如肥沃的土壤),还涉及其他需要特定空间支持的服务,如基础设施、居民住宅或者工业活动等^[24]。

(2)支持和调节服务包括自然保护区景观系统如何调控景观效用的生态和感知方面^[25]。①废弃物管理指标,由于景区内仍然有居民居住并从事旅游经营活动,因而考虑其对生态系统的影响,管理局需要合理设置景区内的污水处理系统;②九寨沟早期的耕地活动对景观的观赏性有一定影响,但在退耕还林的措施实施之后,对土壤保持和生态环境起到了修复作用^[26];③管理局工作人员、居民、游客都在预调研中认同生物多样性是景观服务功能可持续发展的必要前提。

(3)文化服务通常被定义为人们从生态系统相

表2 2015年九寨沟景观服务指标体系、调研对象与访谈问题
 Tab. 2 Typology for landscape services, their respective indicators and interview questions in Jiuzhaigou in 2015

一级指标	二级指标	序号	三级指标	产品或服务示例	调研对象	主要访谈问题
供给服务	营养(1~2)	1	采摘山珍	羊肚菌、鸡冠菌、野木耳(木耳)等	居民	你平时有采集野果、种植蔬菜吗? 在哪些区域? 请按照资源富集程度进行打分(1~5)
	医药材料(3)	2	家禽与放牧	居民圈养的鸡、鸭、牛等	居民/管理局	你或你的家人有养殖牲畜吗? 在哪些区域? 请按照资源富集程度进行打分(1~5)
		3	医药材料	云芝、川贝、暗紫贝母、麝香等	居民/管理局	你有采集草药吗? 在哪些区域? 请按照资源富集程度进行打分(1~5)
	住宅(4)	4	当地村落建筑	荷叶寨、树正寨	居民/管理局	你或你的家人住在九寨沟自然保护区内哪些区域或村寨? 请按照聚集程度进行打分(1~5)
支持和调节服务	废弃物管理(5)	5	污水处理	景区内的污水处理系统	管理局	村庄内有废水收集系统吗? 在哪些区域?(由管理局统一打分,1~5)
	生态环境调节(6~7)	6	退耕林	树木种植	居民	你或你的家人有参加过退耕还林吗? 在哪些区域?(由管理局统一打分,1~5)
文化和社会服务	美学价值(8~10)	7	珍稀动物栖息地	17种主要鸟类、16种主要珍稀兽类等动物栖息地	居民/管理局	你觉得哪些珍稀动物比较重要? 栖息地分布在哪些区域? 请按照重要性程度进行打分(1~5)
		8	地质美景	喀斯特地貌、冰斗、雪蚀洼地等	游客	你看过哪些地质景观? 请按照景观观赏程度进行打分(1~5)
		9	植物美景	黄花芍兰、川甘铁线莲、高丛珍珠梅等	游客	你看过哪些水体景观? 请按照景观观赏程度进行打分(1~5)
	文化价值(11~12)	10	水体美景	五花海、诺日朗瀑布等	游客	你看过哪些植物景观? 请按照景观观赏程度进行打分(1~5)
		11	精神与宗教	佛教寺庙、神山、神话	居民	附近有什么神山、寺庙等? 或者哪些区域有神话故事或者宗教意义? 请按照重要程度进行打分(1~5)
	观光游憩(13~15)	12	民俗与节庆	山歌、锅庄、藏戏、藏历年、清山神	居民/游客	你或你的家人经常在哪些区域举行祭祀或节庆活动? 请按照重要程度进行打分(1~5)
		13	森林观光与徒步	观光车、栈道、观景台	游客	你经常去哪些栈道或区域徒步? 请按照景观观赏程度进行打分(1~5)
		14	野营旅游	扎如沟露营地	游客	你经常去哪些区域观鸟? 请按照鸟类观赏程度进行打分(1~5)
		15	观鸟场所	水鸟栖息地	游客	哪些区域允许露营? 请按照景观观赏程度进行打分(1~5)
		16	环境解说	景点环境解说牌、环境教育中心	游客/居民	哪些区域设有生态环境监测设备或者森林保护站?(由管理局统一打分,1~5)
	科学资源(16~17)	17	生态监测	气象站、环境监测站、森林保护站	居民/管理局	你在哪些区域看见过环境解说牌或其他环境解说系统?(请按照可读性进行打分,1~5)

互作用中获得的所有非物质输出。根据人类福祉的维度,将文化服务划分为健康、享乐、个人价值和社会价值4个层面^[27],应用在景观服务指标体系构建中能够综合社会因素,完善基于社会需求与人类福祉的景观服务分类。

综上,本研究构建的九寨沟景观服务指标体系中,供给服务主要是与当地居民福祉密切相关的指标,包括采摘山珍、家禽与放牧、医药材料、当地村落建筑4个指标。支持和调节服务是从保证居民生活、游客游览以及景观可持续管理角度得到的,包括污水处理、退耕林、珍稀动物栖息地3个指标。文化和社会服务指标与居民、游客精神需求(景观文化承载服务)相联系,包括地质美景、精神与宗教、野营旅游、生态监测等10个指标。

2.4 数据采集与处理

(1) 数据采集说明

本文采用2015年10月22—31日基于参与式制图方法获取的半结构化访谈数据。具体数据通过结合问卷调查、深度访谈、定点观察3种方式获得,调研对象包括管理局工作人员、九寨沟内居民以及当日游客。调研过程包括调研设计→预调研→调研计划调整→正式调研→数据采集与处理。预调研时间为2011年7月,采用九寨沟管理局提供的2004年4.5 m分辨率的遥感地图,打印成A0尺寸以300 m×300 m大小网格化的地图,邀请6位管理局内熟悉自然保护区的员工(科研处工作人员3人,均长期从事野外采集工作;护林员1人;环卫人员2人),5位当地居民(村委委员),以及5位游览过九寨沟的调研小组成员作为游客来参加访谈。旨在通过预调研完善景观服务分类和指标体系,以及半结构式访谈问题的表述与问卷设计,提高正式调研数据的可信度。正式调研时间为2015年10月22—31日,调研底图采用2013年8月资源三号多光谱影像图(分辨率2.1 m),针对管理局和居民的访谈采用打印成A0尺寸以300 m×300 m大小网格化的地图,针对游客的访谈采用打印成A3尺寸的九寨沟景区游览图。

(2) 数据处理

参与式调研获得的数据进行分组整理后输入Excel表格,利用ArcGIS10.2将景观服务点的属性数据和地理坐标新建成shp文件,并与九寨沟自然保护区地图坐标系统进行匹配,生成的数据库将景观服务点的空间数据和属性数据进行了链接,完成

所有数据的基础数字化。然后,将不同类型景观指标的点文件转换为面文件,并按照300像元×300像元进行网格化和叠加,得到九寨沟的景观服务分布总图。其中,单个单元格的景观服务类型采用主成分元素提取,单个单元格的服务属性以点数量最多为提取标准,若单元格内某一景观服务类型的点数量相同,则以景观服务感知强度平均值最大为提取标准。

采用空间叠加对每种景观服务类型进行空间制图和多功能景观服务区,再进一步结合冷热点分析、空间自相关性分析等工具来刻画景观服务的空间格局与权衡关系。

3 结果及分析

3.1 调研样本

2015年10月22日至31日,项目小组进行了为期10 d的调研,居民和游客是景观服务点数据采集的主要提供者,访谈的居民共计94位,有40人常年在九寨沟内居住,占42.6%;居住时间从6个月到9个月不等的有46人,占48.9%,其中男性55人占58.5%,女性39人占41.5%,年龄段主要分布在20~35岁(29.8%)、36~50岁(38.3%)和51~60岁(25.5%)。参与调研的共计339位游客,男性游客158名占46.7%,女性游客181名占53.3%,年龄段主要分布在25岁以下(45.0%)、25~35岁(32.2%)、36~55岁(18.0%)。自由旅游者占调研样本的42.2%,随团全包游客占到调研样本的35.0%;其中78.0%的游客第一次游览九寨沟,78位游客第2次游览九寨沟,23位游客来过九寨沟旅游3次及以上。

3.2 景观服务指标统计与说明

通过参与式制图方法,总共得到737个景观服务点(表3),其中占比较为突出的景观服务点是珍稀动物栖息地、水体美景、森林观光与徒步3个指标,合计共占51.8%。居民和管理局都认为珍稀动物是不可替代、不可再生的自然资源,也是维持九寨沟生态系统平衡的重要指标。因而,本研究中,珍稀动物栖息地的景观服务点占28.6%,为单个景观服务指标中最高,得到了居民、管理局和游客等服务使用者的共同认可。水体美景服务点数量占11.9%,表明九寨沟的高山湖泊、瀑布、滩流是对游客来说极具吸引力的景观资源。一般而言,游客进入九寨沟内要集中乘坐绿色公交车到达各个景点,

表3 2015年九寨沟景观服务点采集人数、数量、强度统计

Tab. 3 Summary of descriptive statistics on landscape service indicator points mapped in Jiuzhaigou in 2015

景观服务分类	序号	景观服务指标	景观服务点标注者	景观服务点标注人数		单点标注人数		景观服务点数量		景观服务指标强度	
				总数	比例/%	均值	最大值	总数	比例/%	均值	最大值
供给服务	1	采摘山珍	居民	88	19.9	6.8	13	24	3.3	3.4	3.8
	2	家禽与放牧	居民/管理局	63	14.2	4.3	9	13	1.8	2.3	3.3
	3	医药材料	居民/管理局	71	16.0	1.9	5	33	4.5	3.2	4.9
	4	当地村落建筑	居民/管理局	102	23.0	2.0	4	29	4.0	3.1	5.0
支持和调节服务	5	污水处理	管理局	10	2.3	4.4	8	4	0.5	3.0	3.0
	6	退耕林	居民	94	21.2	20.0	36	48	6.5	3.4	4.8
文化和社会服务	7	珍稀动物栖息地	居民/管理局	104	23.5	7.2	10	211	28.6	2.7	4.8
	8	地质美景	游客	204	46.0	5.6	12	19	2.6	3.8	4.9
	9	水体美景	游客	334	75.4	16.0	27	88	11.9	3.6	4.9
	10	植物美景	游客	248	56.0	9.0	16	73	9.9	2.8	4.9
	11	森林观光与徒步	游客	275	62.0	13.0	20	83	11.3	2.9	4.6
	12	观鸟场所	游客	51	11.5	2.3	5	22	3.0	3.2	4.9
	13	野营旅游	游客	8	1.8	1.5	3	2	0.3	4.9	4.9
	14	环境解说	游客/居民	97	21.9	6.4	11	21	2.9	3.1	3.8
	15	精神与宗教	居民	92	20.8	6.8	8	32	4.3	3.7	5.0
	16	民俗与节庆	居民/游客	139	31.4	8.0	9	17	2.3	3.3	4.8
	17	生态监测	居民/管理局/游客	37	8.4	3.7	5	18	2.4	3.7	4.7

然后沿着栈道游览景点。然而,随着游客旅游需求和消费心态的变化,越来越多的游客选择徒步九寨沟,这可能时导致森林观光与徒步的景观服务指标相对较高(11.3%)的原因。此外,选择野营的游客数量虽然较少,但是游客对野营旅游这一景观服务指标的感知均值最高(4.9),调研过程中访谈了8位野营游客,均具对九寨沟扎如沟野营有一定的目的性和选择偏好。其次,宝镜岩、珍珠滩瀑布、色嫫女神 viewpoint 等地质景观由于景观体量大给游客的瞬间震撼较大,因而感知均值(3.8)也比较高。

文化和社会服务的景观服务点占比最大(84.7%),主要由游客进行地理位置标记和属性描述。其中,水体美景、森林观光与徒步、植物美景等景观服务点占文化和社会服务景观服务点总量的65.0%,表明九寨沟的水和森林为游客提供了重要的景观审美体验。各项指标感知强度中除了均值较高的野营旅游、地质美景,值得注意的是精神与宗教(3.7)和生态监测(3.7),对居住在九寨沟内的少数民族来说,精神信仰和宗教活动是融入他们日常生活的本能和生命寄托。而管理局对九寨沟的生态环境保护非常重视,投入了大量的人力和物力。游客也可以在游览途中经常观察到环境监测设备,切身体会到九寨沟生态环境保护的重要性。

支持和调节服务主要包括废弃物管理和生态环境调节,九寨沟的生物多样性、稳定的生态环境是九寨沟可持续利用的关键。在调研交流过程中,我们发现不仅是当地居民和管理局,大部分游客也都意识到九寨沟珍稀动物栖息地的价值,23.5%的调研对象标注了珍稀动物栖息地景观服务点,其中一个点最多有10个人共同做了标注。

同时,根据九寨沟景观服务空间分布(图3)可知,所有采集的景观服务点多沿着九寨沟的四条沟谷分布,即树正沟、扎如沟、日则沟和则查洼沟。

3.3 景观服务点空间分布特征

3.3.1 景观服务感知强度特征

根据该项景观服务点对调研对象的重要程度,或者游客对其的审美评价,得到每个景观服务点的感知强度值(图4)。调研对象对沟口区域、树正沟、诺日朗服务中心周围感知较为强烈,考虑到村民的村寨主要集中在沟口和树正沟,而游客的游览记忆点主要在游览开始或结束的时候,因而这些区域是感知强度的热点区;对居民和游客来说不能随便进入的核心区,以及处于游览中程的日则沟、则查洼沟,则是感知强度的冷点区。整体的感知强度分布特征可以说明景观服务感知的强度可能随着距离

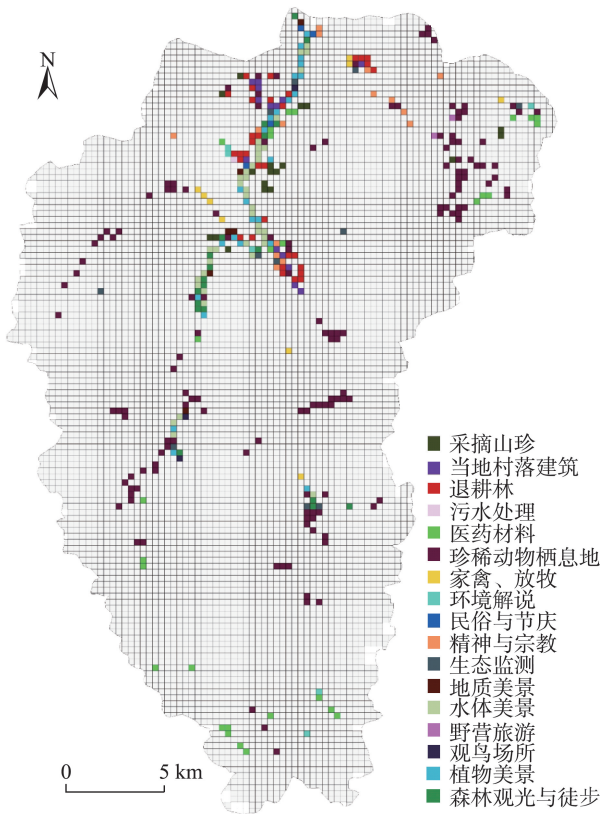


图3 九寨沟景观服务的空间分布特征

Fig. 3 spatial distribution of landscape service indicator points in 300 m cell in Jiuzhaigou in 2015

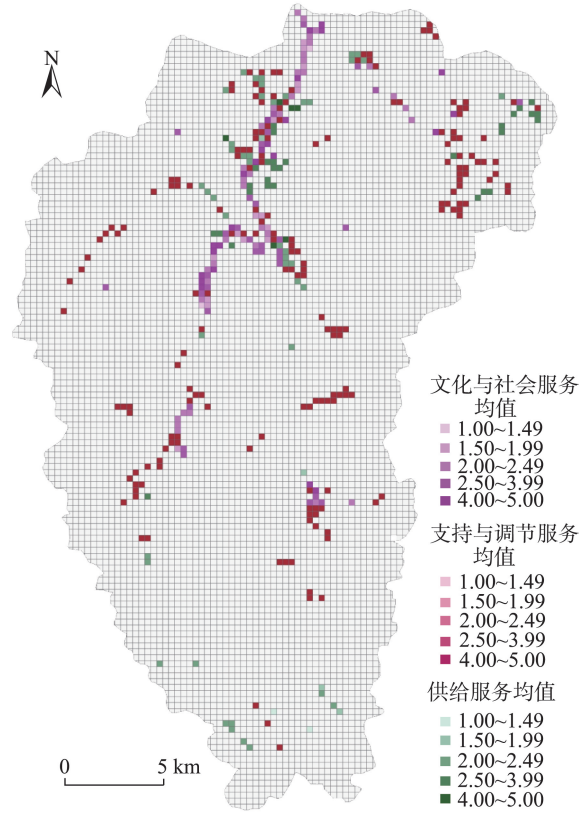


图4 九寨沟景观服务感知强度

Fig. 4 Intensity of landscape service perceived by informants in 300 m cell in Jiuzhaigou in 2015

产生衰减效应。村民对村寨周边和关系着生产生活的景观服务感知比较强烈;而游客则是对游览路线的周边的景观服务感知比较强烈,尤其是对游览路线开始点附近的景观服务,比如游客对树正沟的景观资源给出的审美得分更高。

3.3.2 景观服务分布多样性特征

图5为2015年九寨沟景观服务多样性分布(网格为800 m×800 m),每个单元格内景观服务指标类型的数量多少用来表征其多样性,数量越多,则此单元格内景观服务多样性越高,即景观多功能化的体现。本研究中定义每个单元格内有0~1类景观服务指标为极低多样性;有2~4类景观服务指标为低多样性;有5~6类景观服务指标为中多样性;有7~8类指标为高多样性。树正沟中,尤其是火花海至犀牛海段是景观服务高多样化区域。

3.3.3 不同景观服务的景观指数分析

本研究选取斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、蔓延度指数(CONTAG)和多样性指数(SHDI)4个指数,对比分析景观服务指标的景观空

间结构关系(表4)。

不同景观服务指标的斑块密度介于10.9~73.5之间,均值为34.3;其中,民俗与节庆的景观斑块密度最小,污水处理的景观斑块密度最大。不同景观服务的最大斑块指数介于9.5~60.2之间,均值为30.7;民俗与节庆的最大斑块优势度最为明显;水体美景的LPI指数最小,斑块的优势度不明显。景观斑块蔓延度介于40.6~76.8之间,均值为62.4,差异较小;其中,民俗与节庆、植物美景、医药材料的景观斑块蔓延度较高,不同景观中优势斑块的连接性较好;污水处理的景观斑块蔓延度最低,景观破碎化程度较高。香农多样性指数介于0.3~1.3之间,均值为0.9;民俗与节庆、医药材料、植物美景的香农多样性指数较低,景观结构分布比较均衡;污水处理、当地村落建筑的香农多样性指数较高,土地利用方式丰富,景观破碎化程度较高。总之,景观服务的结构特征可以分为以下4类:

第1类为密集多样型:当地村落建筑、家禽与放牧、污水处理等景观服务多位于人类活动集聚点和

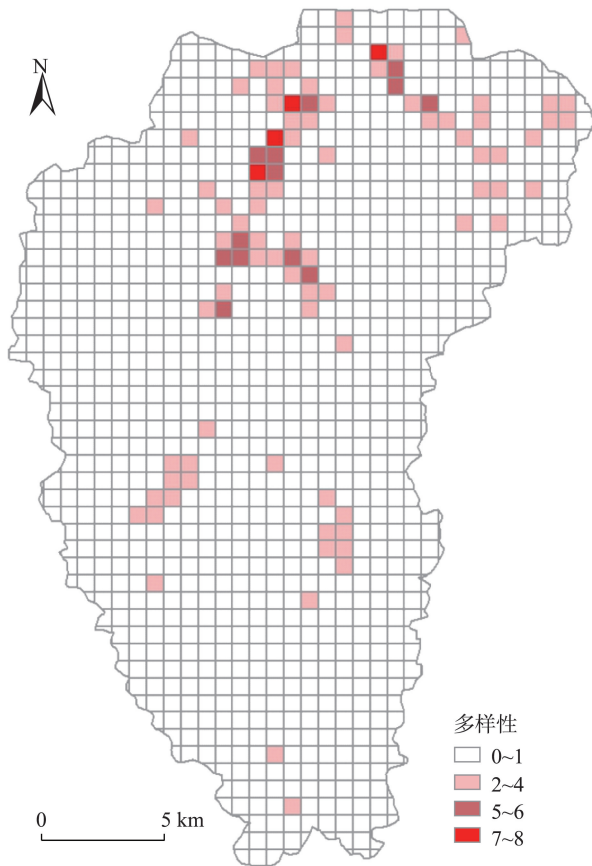


图5 2015年九寨沟景观服务多样性分布

Fig. 5 Diversity of landscape service indicator points in 800 m cell in Jiuzhaigou in 2015

社区居民点附近,这类景观服务的斑块分布密度大,景观多样性分布明显。

第2类为优势集聚型:植物美景、民俗与节庆、医药材料等景观服务的优势斑块明显,且优势斑块形成较好的连接度,集聚分布。

第3类为密集分布型:水体美景、环境解说和野营旅游等景观服务多围绕海子、露营地等依托资源分布,景观斑块密度高,但没有形成明显的优势斑块,景观多样性也不高。

第4类为离散分布型:采摘山珍、观鸟场所、环境监测等景观服务空间结构离散,且均衡分布,没有明显的破碎化等景观格局变化。

3.4 景观服务的空间权衡关系

3.4.1 景观服务指标的相关性分析

本文采用皮尔森相关性系数说明景观服务指标两两相互作用的关系。利用SPSS17.0对17类景观服务指标进行可靠性分析得到指数为0.627,说明数据适合做相关性分析。根据显著水平(P值)结

表4 2015年九寨沟不同景观服务指标斑块的景观指数分析
Tab. 4 Landscape pattern indices of landscape service patches in Jiuzhaigou in 2015

景观服务指标	PD	LPI	CONTAG	SHDI
采摘山珍	29.9	18.1	65.1	1.0
家禽与放牧	43.2	21.9	55.9	1.1
医药材料	15.4	50.2	71.2	0.7
当地村落建筑	42.6	38.9	56.0	1.2
污水处理	73.5	32.6	40.7	1.3
退耕林	36.3	20.9	60.7	1.1
珍稀动物栖息地	23.0	16.2	65.3	1.1
地质美景	38.9	20.7	65.2	0.9
植物美景	19.9	50.0	75.2	0.7
水体美景	42.2	9.6	55.4	1.1
精神与宗教	31.3	34.1	59.1	1.0
民俗与节庆	10.9	60.2	76.8	0.3
森林观光与徒步	25.5	21.1	62.1	1.0
野营旅游	42.1	58.7	53.4	0.9
观鸟场所	36.1	14.0	64.3	1.0
环境解说	43.4	21.0	67.2	0.9
生态监测	28.3	32.9	67.3	0.8

果,只统计在0.01和0.05水平上显著相关的景观服务之间的空间相关性,其中,根据R值确定正相关(协同关系)和负相关(权衡关系),正、负相关的程度按照:0.1~0.3为弱相关;0.3~0.5为中度相关,利用淡灰色表征;0.5~1为高度相关,利用深灰色表征,分别进行说明(表5)。

总体而言,根据显著水平和相关系数,景观服务指标之间存在显著相关性的占56.6%。其中,41.2%的景观服务指标之间呈现正相关(协同关系),15.4%的景观服务之间呈现负相关(权衡关系),而其他43.4%的景观服务指标之间相关性不明显或没有出现相关性。当地村落建筑与其他景观服务指标(包括观鸟场所、野营旅游、民俗与节庆等13个景观服务指标)的空间关联性最强;其次是地质美景,与医药材料、采摘山珍、当地村落建筑等指标之间都有空间关联性;其他指标与观鸟场所之间的负相关性最高,但观鸟场所与水体美景的正相关性最高,说明游客去到的观鸟场所多在水景优美的区域。

3.4.2 景观服务空间自相关性分析

(1)全局自相关性分析

本文通过全局自相关性分析来描述整个九寨沟景观服务点的空间集聚特征,景观服务点的相互

表5 九寨沟景观服务指标皮尔森(Pearson)相关性分析结果
 Tab. 5 Pearson's correlation analysis of the pairwise interactions between landscape services in Jiuzhaigou in 2015

景观服务指标	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 医药材料	1																
2 采摘山珍	0.284	1															
3 家禽放牧	0.549**	0.734**	1														
4 当地村落建筑	0.577**	-0.613**	-0.890**	1													
5 观鸟场所	0.578**	-0.354	-0.312	0.988**	1												
6 其他珍稀动物栖息地	-0.308	-0.641**	-0.568**	-0.576**	-0.576**	1											
7 植物美景	0.951**	0.376	0.488*	0.632*	0.633**	-0.221	1										
8 地质美景	0.620**	0.734**	NS	-0.855**	-0.254	-0.507**	0.573**	1									
9 水体美景	0.361*	-0.357	0.184	0.655**	0.655**	0.251*	0.357*	0.240	1								
10 森林观光徒步	-0.090	-0.185	-0.623**	0.452**	0.451**	0.987**	0.006	-0.550**	0.279*	1							
11 野营旅游	-0.338	-0.601	0.757	-0.995**	-0.907	-0.577	0.543	-0.971*	0.900	0.008	1						
12 精神与宗教	0.463	0.448	-0.382	-0.072	-0.605*	-0.587*	-0.117	0.636*	-0.855**	0.825**	0.636	1					
13 民俗与节庆	0.656**	-0.175	0.406*	0.931**	0.059	0.931**	-0.511**	0.708**	0.234	0.578**	0.524**	0.059	1				
14 生态监测	0.611**	0.725**	0.988**	-0.847**	-0.218	-0.490**	0.564**	0.988**	0.288	-0.599**	0.643	0.732*	0.733*	1			
15 环境解说	0.672	0.335	0.548**	0.577**	0.578**	-0.308	0.951**	0.619**	0.362*	-0.090	0.850	-0.183	-0.184	0.610**	1		
16 污水处理	0.496**	0.316	-0.560	-0.552	-0.958**	0.576	0.199	0.312	-0.772*	0.132	0.931	0.577	0.577	0.988**	-0.538	1	
17 退耕林	0.545**	0.894**	0.897**	-0.155	-0.155	0.879**	0.448**	0.903**	0.446**	0.892**	-0.507	0.419	0.418	0.898**	0.544**	0.474	1

注: *在0.05水平(双侧)上显著相关; **在0.01水平(双侧)上极显著相关; NS:不显著。

关系随着空间位置的不同发生变化,在某些空间范围内呈现空间正相关,而在另一些空间范围内呈现空间负相关,因而整个研究空间内不一定是均匀同质的。2015年九寨沟景观服务点全局Moran's I 指数为0.193,说明九寨沟景区服务点的功能存在一定的空间正相关,单元内的观察值有趋同趋势。由于,九寨沟研究范围大,而且核心区和部分缓冲区不能进入采集数据,导致正相关性较弱。

(2)局部自相关性分析

本文采用局部空间自相关性分析来进一步说明研究区域的空间异质性特征,即九寨沟景观服务点是如何随位置而变化的。局部空间自相关指数可以描述某个空间单元与其邻近区域的相似程度,得到衡量此空间单元与其邻近单元协同(正相关)或权衡(负相关)程度的指标。根据局部指数Local Moran's I (LISA)分析研究区域的空间关联模式:“高一高”正关联,即感知强度高于均值的景观服务单元被同样高于均值的邻域所包围;“低—低”正关联,即感知强度低于均值的景观服务单元被同样低于均值的邻域所包围;“高一低”负关联,即感知强度高于均值的景观服务单元被感知强度低于均值的邻域所包围;而“低—高”负关联则与之相反。

计算九寨沟景观服务点分布的Local Moran's I 指数,并且在Z检验的基础上($P \leq 0.05$)绘制LISA集聚图(图6)。可以看出,在 $P \leq 0.05$ 的显著水平下,九寨沟景观服务点存在着显著的空间异质性,并呈现出以下特点:①在树正沟内的盆景滩、盆景

滩、树正群海、树正寨、树正磨坊、老虎海等景点位于“高一高”正关联区域,因为这些景点集中分布树正沟内,是九寨沟景区的第一段沟谷,也有很长的徒步栈道,方便沿途游览;②扎如沟、长海、原始森林以及珍稀动物栖息地较为偏远或不便于游览的区域属于“低—低”正关联区域;③部分区域景观服务感知强度存在较大差异,呈现出显著的“高一低”负关联和“低—高”负关联,比如诺日朗瀑布位于沟内游览路线的分岔点,但其与其他景点的连通性被车行道路干扰,同时由于距离诺日朗服务中心较近,游客会选择从中心站乘车去游览其他景区而不会在此区域多做停留,因而诺日朗瀑布周围的景观服务点分布不甚均衡。

4 结论

本文采用参与式制图方法尝试建立了九寨沟的景观服务分类和指标体系,尤其是对社会、文化服务指标进行了量化分析,目前,该方法在国内还未广泛运用^[9]。即使在国外,该方法案例的运用也主要关注社区参与的文化服务指标量化和空间规划研究^[14-15]。

本文应用于自然保护区景观服务的研究方法具有以下特点:①参与式制图方法要求九寨沟内居民、游客、管理局等服务使用者都参与到数据收集中来,有利于不同利益相关者的态度表达和相互沟通,形成了一个自然保护区人与景观互动平台;

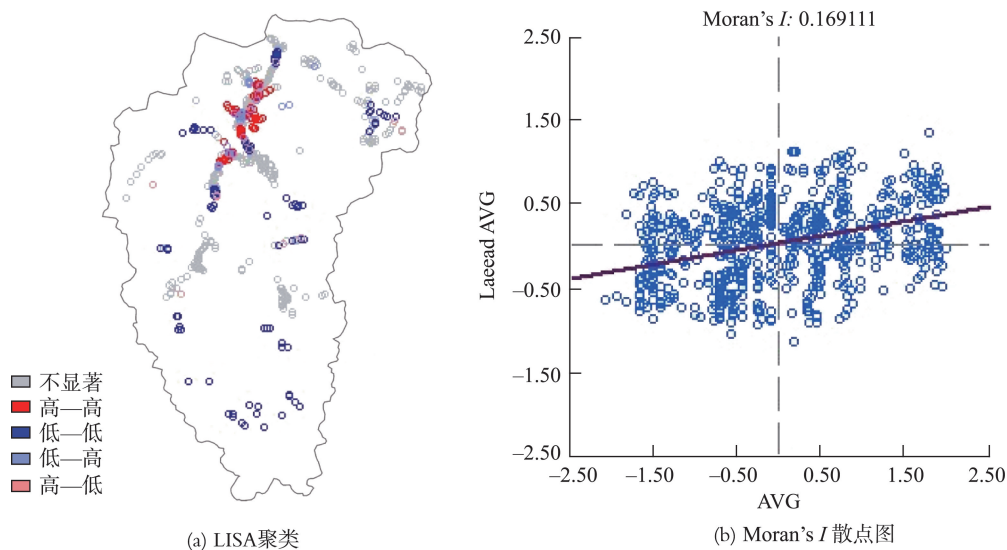


图6 2015年九寨沟景观服务空间关联

Fig. 6 LISA aggregation map and Moran scatter in Jiuzhaigou in 2015

② 基于GIS的空间分析,不仅说明了景观服务点的空间结构,实际也揭示了利益相关者功能需求的空间结构;③ 基于服务使用者诉求的景观服务空间协同与权衡分析,可以影响空间变化的背后因素,帮助自然保护区的分区管理优化。

本文具体结论如下:

(1)景观服务分类与指标:基于参与式制图方法建立的九寨沟景观服务指标体系中,社会和文化服务指标更加突出占58.8%,主要包括美学价值、文化价值、观光游憩、科学资源4个方面,因为自然保护区既承担生态保护的功能,也迎合生态旅游的需求。

(2)景观服务点空间分布特征:从景观服务点空间分布来看,树正沟作为旅游活动和居民聚集地,是供给服务、观光游憩服务分布密度最大的沟区,扎如沟是支持和调节服务密度最大的沟区;从管理局工作人员、居民、游客对景观服务感知的强度来说,都呈现距离衰减的特征,即离经常性活动范围越远,景观服务感知的类型和数量越低;从景观服务分布多样性特征来看,多功能性景观服务单元主要分布在管理局工作人员、居民、游客的交叉活动区域。根据不同景观服务的景观指数分析,最终将景观服务指标可以划分为密集多样型、优势集聚型、密集分布型和离散分布型4种类型。

(3)景观服务指标间的空间相关性:基于Pearson相关系数分析景观服务指标之间的两两关系,得到九寨沟景观服务指标之间多为正相关,即协同关系。说明九寨沟景观服务的空间位置呈现趋同性特征,尤其是在村庄、旅游公路与栈道等区域附近景观服务会同时增加或减少。

(4)景观服务权衡协同关系:采用Moran's I 指数分析景观服务之间的权衡关系,得出九寨沟景观服务在实验区、缓冲区、核心区分布差距悬殊,且聚合趋向较为明显,集聚区主要在旅游公路和栈道周边的景点;同时由于自然条件的限制和游客行为偏好的选择,出现了被高景观服务点分布区包围的孤岛式景观服务聚集区。

(5)总的来说,九寨沟内景观服务点除了随着景观类型而分布,同时其空间特征也受到居民、游客、管理局工作人员需求偏好的影响。因而,景观资源丰富且位于景区入口段,同时也是居民村落聚集区树正沟内,多功能性景观服务单元分布最多,景观服务点的空间分布呈现“高一高”集聚。

从生态系统服务到景观服务参与式制图与评估,是景观格局与生态系统服务耦合关系理论和应用研究的重要拓展。其中,参与式制图方法起到了重要作用,此方法把景观服务使用者的感知定量化和空间化,并在GIS技术的基础上实现了景观类型、功能、空间、感知的链接,建立了自然保护区空间规划与管理的信息化平台。

景观服务的空间结构与人类福祉密切相关,而人类对景观服务的需求和利用多遵循马斯洛需求层次理论,对景观服务的选择偏好优先顺序为供给服务、支持和调节服务、文化和社会服务^[28],在此效用偏好基础上制定的自然资源管理决策一定程度上会加剧景观服务之间的权衡关系。因而采用参与式制图方法将景观价值与公众需求相联系,来分析景观服务的供需权衡研究是下一步研究的切入点。

参考文献(References):

- [1] Costanza R, Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997,387(6630):253-260.
- [2] Ouyang Z H, Zheng H, Xiao Y, et al. Improvement in ecosystem services from investments in natural capital[J]. Science, 2016,352(6292):1455-1459.
- [3] 彭建,杜悦,刘焱序,等.从自然区划、土地变化到景观服务:发展中的中国综合自然地理学[J].地理研究,2017,36(10):1819-1833. [Peng J, Du Y Y, Liu Y X, et al. From natural regionalization, land change to landscape service: The development of integrated physical geography in China[J]. Geographical Research, 2017,36(10):1819-1833.]
- [4] 梁友嘉,刘丽珺.生态系统服务与景观格局集成研究综述[J].生态学报,2018,38(20):7159-7167. [Liang Y J, Liu L J. Integration of ecosystem services and landscape pattern: A review[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018,38(20): 7159-7167.]
- [5] 刘绿怡,卞子元,丁圣彦.景观空间异质性对生态系统服务形成与供给的影响[J].生态学报,2018,38(18):6412-6421. [Liu L Y, Bian Z Q, Ding S Y. Effects of landscape spatial heterogeneity on the generation and provision of ecosystem services[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018,38(18):6412-6421.]
- [6] 王航,秦奋,朱筠等.土地利用及景观格局演变对生态系统服务价值的影响[J].生态学报,2017,37(4):1286-1296. [Wang H, Qin F, Zhu J, Zhang C C. The effects of land use structure and landscape pattern change on ecosystem service values[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017,37(4): 1286-1296.]
- [7] Willemsen L, Veldkamp A, Verburg P H, et al. A multi-

- scale modelling approach for analysing landscape service dynamics[J]. *Journal of Environmental Management*, 2012,100:86-95.
- [8] Syrbe R U, Walz U. Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics[J]. *Ecological Indicators*, 2012,21:80-88.
- [9] 刘文平, 宇振荣. 景观服务研究进展[J]. *生态学报*, 2013,33(22):7058-7066. [Liu W P, Yu Z R. A research review of landscape research[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013,33(22):7058-7066.]
- [10] De Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services[J]. *Ecological Economics*, 2002,41(3):393-408.
- [11] Hermann A, Kuttner M, Hainz-Renetzeder C, et al. Assessment framework for landscape services in European cultural landscapes: An Austrian Hungarian case study[J]. *Ecological Indicators*, 2014,37:229-240.
- [12] Willemen, L V, Peter H H, et al. Spatial characterization of landscape functions[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2008,1(88):34-43.
- [13] Fagerholm N, Käyhkö N, Ndumbaro F, et al. Community stakeholders' knowledge in landscape assessments- Mapping indicators for landscape services[J]. *Ecological Indicators*, 2012,18:421-433.
- [14] Gulickx M M C, Verburg, P H, Stoorvogel J J, et al. Mapping landscape services: A case study in a multifunctional rural landscape in The Netherlands[J]. *Ecological Indicators*, 2013,24:273-283.
- [15] Brown G, Reed P. Public participation GIS: A new method for use in national forest planning[J]. *Forensic Science*, 2009,55(2):166-182.
- [16] Bryan B A, Grandgirard A, Ward J R. Quantifying and exploring strategic regional priorities for managing natural capital and ecosystem services given multiple stakeholder perspectives[J]. *Ecosystems*, 2010,13(4):539-555.
- [17] Sherrouse B C, Clement J M, Semmens D J. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services[J]. *Applied Geography*, 2011,31(2):748-760.
- [18] 陈么, 赵振斌, 张铖, 等. 遗址保护区乡村居民景观价值感知与态度评价——以汉长安城遗址保护区为例[J]. *地理研究*, 2015,34(10):1971-1980. [Chen Y, Zhao Z B, Zhang C, et al. Landscape value perception and attitude evaluation of community residents on historical protection area: A case study of Han Chang'an City Historical Site[J]. *Geographical Research*, 2015,34(10):1971-1980.]
- [19] 任啸. 自然保护区的社区参与管理模式探索——以九寨沟自然保护区为例[J]. *旅游科学*, 2005,19(3):16-19. [Ren X. A probe into community participation managerial mode of natural protection zones: A case study of Jiuzhaigou natural reserve zone[J]. *Tourism Science*, 2005,19(3):16-19.]
- [20] Bastian O, Grunewald K, Syrbe R U, et al. Landscape services: The concept and its practical relevance[J]. *Landscape Ecology*, 2014,29(9):1463-1479.
- [21] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystem and human wellbeing: Synthesis[M]. Washington DC: Island Press, 2005.
- [22] De Groot R S, Alkemade R, Braat L, et al. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making [J]. *Ecological Complexity*, 2010,3(7):260-272.
- [23] Haines-Young R, Potschin M. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: Raffaelli D G, Frid C L J. *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*[M]. New York: Cambridge University Press, 2010: 110-139.
- [24] Valles-Planells M, Galiana F, Van Eetvelde V. A classification of landscape services to support local landscape planning [J]. *Ecology and Society*, 2014,19(1):44.
- [25] de Groot R. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006,75(3):175-186.
- [26] 殷小蕊, 孙希华, 徐新良, 等. 我国北方农牧交错带西段退耕对土壤保持功能影响研究[J]. *地球信息科学学报*, 2018,20(12):1721-1732. [Yin X H, Sun X H, Xu X L, et al. The impact of returning farmland on the soil conservation function in the Western Section of the Farming-pastoral Ecotone of Northern China[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2018,20(12):1721-1732.]
- [27] 赵海兰. 生态系统服务分类与价值评估研究进展[J]. *生态经济*, 2015,31(8):28-29. [Zhao M L. Research progress of classification and value evaluation of ecosystem services[J]. *Ecological Economy*, 2015,31(8):28-29.]
- [28] 曹祺文, 卫晓梅, 吴健生. 生态系统服务权衡与协同研究进展[J]. *生态学杂志*, 2016,35(11):3102-3111. [Cao Q W, Wei X M, Wu J S. A review on the tradeoffs and synergies among ecosystem services[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2016,35(11):3102-3111.]