

DOI: 10.5846/stxb202103180723

张童,陈爽,郑涛,徐丽婷,熊传合,马丽雅.城市滨江地区生态空间质量快速评价——以长江南京段为例.生态学报,2022,42(24):9945-9956.

Zhang T, Chen S, Zheng T, Xu L T, Xiong C H, Ma L Y. Rapid assessment of ecological space quality of urban riverside area in Nanjing. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(24): 9945-9956.

城市滨江地区生态空间质量快速评价 ——以长江南京段为例

张童¹, 陈爽^{2,3,4,*}, 郑涛⁵, 徐丽婷⁶, 熊传合⁴, 马丽雅⁷

1 安徽建筑大学公共管理学院, 合肥 230022

2 南京信息工程大学地理科学学院, 南京 210044

3 南京信息工程大学“一带一路”城市可持续发展研究院, 南京 210044

4 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008

5 华东师范大学城市与区域科学学院, 上海 200062

6 江西师范大学地理与环境学院, 南昌 330022

7 新疆维吾尔自治区发展与改革委员会政府投资项目评审中心, 乌鲁木齐 830002

摘要:生态空间质量能够反映自然环境的优劣程度及其生态服务对人类社会的适宜能力。基于国土空间高质量发展理念,结合湿地生态健康快速评价法,从生境自然性、景观稳定性、环境适宜性和管理调控度等维度构建了适用于城市滨江地区的生态空间质量评价指标体系,通过现场打分和主成分分析等方法,对长江南京段生态空间质量进行诊断。结果表明:总体上,南京滨江生态空间综合质量处于中等水平,生态斑块在土地利用类型和空间分布上具有显著差异,这与人类活动干扰密切相关。其中,生境自然性的数量等级分布均衡,斑块间具有明显的空间自相关性;景观稳定性的数量等级具有“两头高、中间低”的态势,且呈现距长江越近指标越优的分布格局;环境适宜性与管理调控度表现优良,城市化水平越高的区域,生态空间的管控水平越高。研究结果对国土空间规划和长江岸线生态廊道建设具有一定的理论与实践价值。

关键词:城市滨江;生态空间;高质量发展;快速评价;南京

Rapid assessment of ecological space quality of urban riverside area in Nanjing

ZHANG Tong¹, CHEN Shuang^{2,3,4,*}, ZHENG Tao⁵, XU Liting⁶, XIONG Chuanhe⁴, MA Liya⁷

1 School of Public policy & Management, Anhui Jianzhu University, Hefei 230022, China

2 School of Geography, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China

3 Research Centre of Urban Sustainable Development, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China

4 Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

5 School of Urban and Regional Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062, China

6 School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China

7 Financial Investment Assessment Centre, Xinjiang Uygur Autonomous Region Development and Reform Commission, Urumqi 830002, China

Abstract: Ecological space quality is a key indicator for characterizing the optimal degree of natural environment and the suitability of ecosystem services to society. Based on high-quality development concept of territorial space and Wetland Rapid Assessment Procedure (WRAP), an evaluation framework of ecological space quality was set up, including habitat naturalness, landscape stability, environmental suitability and management regulation, which was applied to 226 field sites

基金项目:国家自然科学基金面上项目(41771140);国家自然科学基金青年基金项目(42001133);安徽建筑大学青年人才基金项目(2021QDZ05)

收稿日期:2021-03-18; **采用日期:**2022-12-29

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: schens@niglas.ac.cn,

in Nanjing riverside area. The results from field assessment and Principal Component Analysis (PCA) showed that the comprehensive ecological space quality was generally with significant differences in land use types and spatial distribution, which was closely related to human activities. In particular, the grade number of habitat naturalness was evenly distributed with spatial autocorrelation among field sites. However, approaching to the Yangtze River, the scores of landscape stability had an ascending effect with the grade range of “high at both sides and low in the middle”. Both environmental suitability and management regulation had good performance, in which sites with high management level were concentrated in high urbanization area. In addition, there existed significantly negative correlation between the rapid assessment results and landscape development intensity index (LDI) ($R^2 = 0.56$, $P < 0.01$), which was selected to validate our research. Furthermore, other studies focusing on the Nanjing section of the Yangtze River were also corresponded to our results, indicating that rapid assessment method could reflect the ecological space quality of Nanjing riverside area objectively. Despite simple, efficient and low-cost, it is still necessary to improve our method in the expansion of index content, the reduction of operational subjectivity, mathematical statistics model of differential weighting and multi-period dynamic assessment. A uniquely ecological environment integrating mountains, rivers, forests, cropland and islands is inseparable from the relevant policies and special plans, which also reveals various quality problems, such as human destruction, low land use efficiency and single management mode. The assessment results could have certain theoretical and practical value for the implementation of the Great Protection Strategy of the Yangtze River coastline and territorial space planning.

Key Words: urban riverside area; ecological space; high-quality development; rapid assessment; Nanjing

城市滨江生态空间是重要的自然生态景观和人类生产环境之一。一方面,它是水陆交互地带,具有调蓄洪水、净化水质、调节气候、维护生物多样性等生态系统服务功能;另一方面,它与城市毗邻,受人类的社会经济活动影响显著,在保障城市生态安全、提升居民生活品质等方面具有重要作用。正因城市滨江生态空间的特殊性,使其在快速城市化进程中极易遭受干扰与破坏,生态资源规模萎缩、水体富营养化、土壤污染等问题日益凸显,生态空间质量正面临前所未有的冲击。

随着中国经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段,国土空间作为承载生态安全、农业发展和城镇化战略的载体,需要与社会、经济发展之间的关系协调统一^[1]。十九届五中全会进一步指出“构建高质量发展的国土空间布局 and 支撑体系”,“加快推动绿色低碳发展,持续改善环境质量,提升生态系统质量和稳定性,全面提高资源利用效率”^[2]。因此,开展滨江生态空间质量评价不仅是国土空间规划的重要的基础工作,也对提出符合高质量发展要求的生态修复和管控措施具有重要的实践意义。

学术界对生态空间质量未有普遍认可的定义,相似的术语如“生态环境质量”^[3-4]、“生态系统健康”^[5-6]、“生境质量”^[7-8]等。王贺年等认为生态环境质量是指生态环境的优劣程度,它是在特定的时间和空间范围内,从生态系统层次上,反映生态环境对人类生存及社会经济持续发展的适宜程度^[9-10]。黄木易等^[11]认为生境质量是生态环境为生物生存提供适宜条件的能力,对生境质量评估可反映区域生态系统功能的优劣状况,土地利用方式、强度和格局导致生态系统结构和功能的变化,从而影响生境质量。而生态系统健康是指生态系统组织未受到损害或减弱,并具有一定的恢复力^[12]。此外,从土地利用的角度出发评判的土地质量,可服务于空间规划与土地整治成效评估^[13-14]。以上术语的含义有一定的重合度,但各有侧重:生态环境质量关心人的舒适度,生境质量从生物的自然条件的角度来选择评价指标,生态系统健康强调系统保持完整性,而土地质量则突出对土地利用效率的影响。因此,参考生态学语境下的相近概念,基于城市滨江地区特征与景观生态学中“格局-过程-服务”的研究范式,本文从国土空间层面将生态空间质量定义为在一定的时空范围内通过生态系统结构来反映自然条件的优劣程度以及生态系统服务对人类生存、社会发展的适宜能力的总和。

在指标选取方面,常见的有两种。一是指数评价法,通过构建不同的指数来表征生态系统的某些方面,如

生物完整性指数法^[15-16]。二是指标体系法,通过筛选能够反映生态系统主要特征的指标,并确定其权重来评价生态空间质量。相较于指数法,指标体系法的评价更全面,应用也更广泛。其中,湿地生态健康快速评价方法(WRAP)能在较少资金投入和劳动强度下对湿地的健康状况作出较科学、可靠的评价^[17-19],该方法实用简单,对开展城市滨江生态空间的研究工作具有很好的借鉴作用。但快速评价法一般从水文、土壤、植被等基础的生态特性来评价特定类型的湿地,其结果是对生态功能的评价,不能直接反映人类需求^[20]。从生态空间质量的内涵来看,现有的快速评价法的指标难以直接应用于城市滨江地区。

总之,目前的研究多集中在区域或城市尺度,未有深入探究城市内部特征。实际上,生态空间质量在不同尺度上往往具有明显的分异性。而城市滨江地区作为更微观的空间单元,能较充分地反映城市内部特征。因此,本文以长江南京段为例,基于高质量发展理念,参考快速评价方法构建一种新的城市滨江生态空间质量的指标评价体系,精细识别滨江生态空间质量特征并诊断其存在问题,以期为国土空间规划和长江岸线生态廊道建设提供参考。

1 生态空间质量的快速评价思路

1.1 生态空间高质量发展的内涵解读

2019年5月9日发布《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施若干意见》,提出要分级分类建立国土空间规划,科学布局国土空间。按照高质量发展要求,中国的国土空间利用应向绿色化、集约化、人本化和智慧化方向转变^[21]。从生态空间的层面来看,首先,绿色化要求人类活动在资源环境承载力范围内开展,这就对生境本底质量提出更高的要求;其次,集约化体现土地的利用效率,生态景观格局在与社会要素互相作用中要保持稳定性;再次,人本化要将人的需求放在重要位置,生态空间应侧重对人类社会的效用,提供适宜的生态系统服务;最后,智慧化强调运用多元的技术手段对生态空间进行监测与管理。

1.2 快速评价指标体系的建立

基于生态空间高质量发展的内涵解读,本文对城市滨江生态空间质量评价从生境自然性、景观稳定性、环境适宜性和管理调控度4个维度去分析:

(1)生境自然性。自然性强调现实生境与它们天然状态之间的距离或相似性,现有研究主要通过人类活动干扰和植被的自然状态两个途径来评价。由于城市滨江地区的地理特征,参照湿地快速评价的核心要素(水、土壤、植被),结合相关研究,选取水文过程、植被原生性、野生动物情况三个指标。

(2)景观稳定性。农业生产与城镇建设是影响生态景观格局的主要因素。考虑快速评估的可操作性,选取土壤垦殖与地表硬化程度两个指标对景观稳定性进行测度。

(3)环境适宜性。生态空间应向社会提供不同的产品与服务,以满足人类的身心需求。考虑城市滨江的实际情况,本文从人的听觉、视觉、嗅觉等方面选取环境噪声水平、空气质量、污染风险等三个指标来反映生态空间对人类感官的适宜程度。

(4)管理调控度。良好的管控措施是维护生态空间高质量发展的基础。考虑到快速评价指标需操作简便、直观快捷等要求,参考国内外相关管理措施的评价规范和学术文献,选取权属与管理主体、人员配置、范围界线、科普宣教等四个指标。

综上,参考国内外有关生态空间评价技术规范 and 学术文献^[22-23],本文构建了城市滨江生态空间质量评价的指标体系(表1),将每项指标分为A、B、C、D四个等级,并分别赋值4、3、2、1,其中,4分代表该指标质量最优,而1分则说明生态空间在此项指标中质量受损明显。

2 研究区概况与数据处理

2.1 研究区概况

南京地处长江中下游平原,是华东地区重要的中心城市,也是江苏省唯一拥有两岸岸线的城市。南京属

宁镇扬丘陵地区,以低山缓岗为主,亚热带季风气候,年均温度 15.7℃,年均降雨量 1106.5mm。全市下辖 11 个行政区,总面积 6587km²,2019 年末常住人口 850 万人,2020 年地区生产总值达 14817.95 亿元^[24]。

表 1 滨江生态空间质量的评价指标体系及分级

Table 1 Rating criteria and assignment of rapid assessment indicators of ecological space quality in urban riverside area

评价项目 Evaluation items	评价指标 Indicators	等级 Grades			
		A	B	C	D
生境自然性 Habitat naturalness	水文过程	具有季节性洪枯变化,且与长江充分连通;无沟渠、水闸、堤坝等影响	具有季节性洪枯变化,与长江连通;但有沟渠排水引流或堤坝拦截或水闸影响水位	无明显季节性洪枯变化,不与长江连通,流速可见	无季节性洪枯变化,不与长江连通,被堤坝等包围,无流动性、静止水面;斑块内无水
	植被原生性	极少人工植被,多为原生或次生植被	部分人工植被,部分次生或原生植物	基本为人工植被,几乎无次生植被	植被覆盖度极低,或水面
	野生动物	昆虫和鸟类较多,有哺乳动物出没	可见(闻)成群鸟类、昆虫飞行(鸣叫)	偶见(闻)几只鸟类、昆虫飞行(鸣叫)	基本未见(闻)鸟类、昆虫飞行(鸣叫)
景观稳定性 Landscape stability	土壤垦殖	现未被耕作或养殖	斑块内局部位有零星耕作或养殖	斑块内超过 30% 的面积存在耕作或养殖	整个斑块仍在耕作或养殖
	地表硬化程度	几乎无硬化痕迹或难以察觉	少量硬化痕迹(有机耕路、土路、独栋建筑)	已有明显硬化痕迹(水泥路、柏油路、塑胶跑道、2—3 栋建筑物分布)	硬化程度高,有硬化道路甚至交通要道穿越,建筑物多样布局分散
环境适宜性 Environmental suitability	噪声水平	安静,仅有自然界的虫鸣、鸟叫	适宜,主要为虫鸣、鸟叫,偶有汽车、轮船的鸣笛声或访客谈笑声	可忍受,尚可听见自然界的声,斑块内特定位置可听到持续噪音	难以忍受,自然界的声被嘈杂人造声掩盖,整个斑块可听到持续噪音
	空气质量	基本无异味	仅有特定位置可闻到异味	整个斑块内可闻到轻微异味	整个斑块内可闻到刺激性气味
	污染风险	无工业或生活污染源	可见单独散落的果皮、纸屑、烟蒂等生活垃圾,无可见排污口,不与化工厂等重点污染源相邻	有生活垃圾堆放,无可见排污口,不与化工厂等重点污染源相邻;无生活垃圾,但可见排污口或与化工厂等重点污染源相邻	可见生活垃圾成片堆放,且可见排污口或与化工厂、垃圾填埋场等重点污染源相邻
管理调控度 Management regulation	权属与管理主体	权属与管理主体都明确	权属明确,多个管理主体	权属明确,管理主体模糊	权属模糊,管理主体模糊
	人员配置	有专门管理机构,且配备专职技术人员和基础维护人员	有专门管理机构,维护人员无明确分工	无专门管理机构,仅有日常维护人员	无专门管理机构,极少或无基础维护人员
	范围界限	边界非常清楚,有明确的示意图,有充足的界桩	边界较清晰,有简单示意图或部分(破损)界桩	边界可见,无示意图,有河流、道路、田坎、堤坝等分割界线	边界模糊,无示意图,无界桩
	科普宣教	文化教育功能显著,多处设警示牌、详情宣传牌,与外单位建立教学合作基地,且正式挂牌	具有文化教育功能,不止一处设有警示牌,并有详情宣传牌	有 1—2 个警示牌	无文化教育功能或不显著,未见任何宣传、警示牌

本研究区范围为南京市域距长江 1km 范围内的陆域(31°14′—32°37′N,118°22′—119°14′E),涉及鼓楼、建邺、雨花台、江宁、栖霞、六合、浦口七个行政区,总面积约 354.67km²。其中,江南西部以沿江平原为主,东部为低山丘陵;江北为岗地和沿江平原地貌;江上有泥沙冲刷沉积而成的八个沙洲(图 1)。南京滨江生态空间面积可观且种类丰富,不仅具有较高的生态系统服务功能,也是南京重要的工业生产基地^[25]。

2.2 数据处理

2.2.1 数据来源与评价对象界定

本文以 2014 年土地利用变更调查矢量数据为底图,结合谷歌地球 2017 年的高分影像对研究区部分数据进行修改调整,得到研究区 2017 年土地利用现状数据。根据相关学者^[23]的观点,实体地域的生态空间是指生态用地所在的空间范围,具体是指城市地表人工、半自然或自然的植被及水体等生态单元所占据,并直接或间接为城市提供生态系统服务的用地,包括林地、草地、水域以及未利用地中的裸地和沼泽;另外,由于受长江

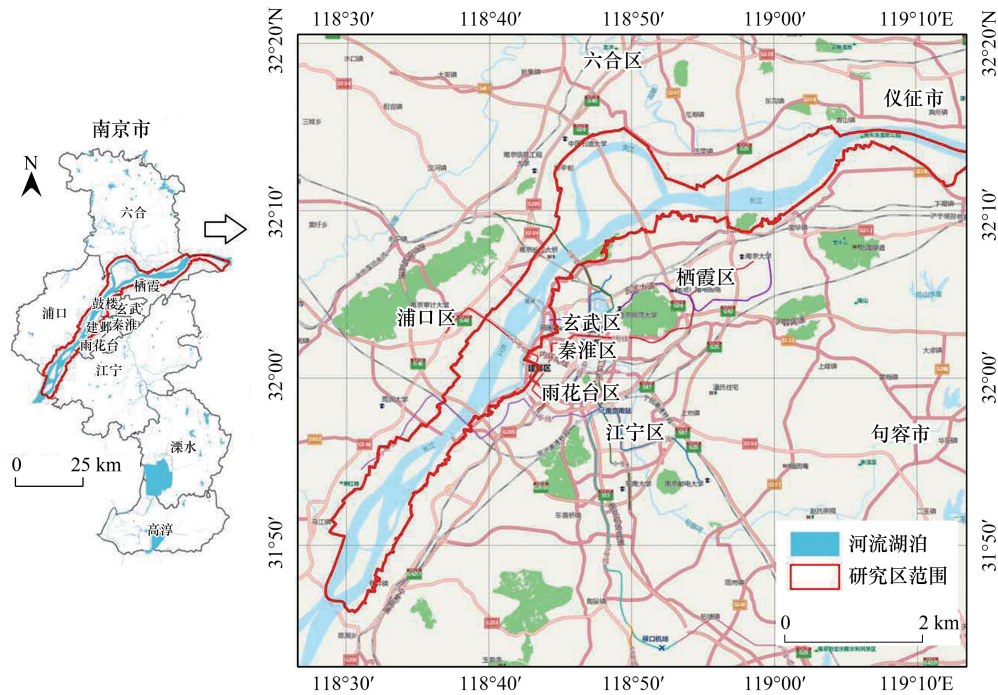


图 1 研究区位置图

Fig.1 Location map of the study area

水位变化影响,滨江农地有时会转变为沼泽、滩涂等,参考《中国湿地分类国家标准》^[26],将研究区内的水田、水浇地、沟渠、坑塘、园地等也视为生态空间。

评价对象的界定是开展评估工作的前提。根据(1)斑块边界的完整性;(2)地理位置的相似相近性;(3)同一斑块尽量保持土地权属、土地利用类型、管理机构的一致性;(4)针对土地利用类型复杂交错的情况,考虑生态功能的连通性,使其划定为混合斑块;(5)面积小于 1 公顷的独立地物忽略不计;(6)尽量以道路、河流、行政区界线分割斑块等原则,提取出 306 个斑块,实际调研中,因江河阻隔、施工建设堵塞、拆迁损毁等原因而未评估的斑块 80 个。实际评估斑块 226 个,其中 85 个斑块中不含水域。

2.2.2 实地调查步骤

实地调查分为室内准备、样地试调研、正式调研三部分。首先,室内准备调研材料与工具(如航拍图、土地利用现状图、评分表、手持 GPS),培训工作人员;然后,全体工作人员对代表性斑块进行初步评估,结合评估问题,修改指标选项并统一评估标准。最后,将工作人员分成两组对研究区所有斑块进行全面评估。初步调研时间为 2017 年 9 月,考虑到城市发展变化,2020 年 12 月对部分斑块进行重新勘查。每个斑块的平均评估时间约 10—15min,需走遍至少 50% 的斑块周长,目视观察面积应包括整个斑块。工作人员通过看、听、嗅等感官体验以及与附近居民、管理人员的交谈等方式,完成对斑块的快速评价(图 2)。

2.3 评价方法

2.3.1 生态空间单维度评价

根据研究区实际情况并参考相关文献^[27],单维度评价的总得分为该维度所有指标得分之和除以它们的可能最大得分值:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{\sum V_{\max}}$$

其中, V 表示单维度的评价得分, i 表示每个维度内每个指标的次序,总得分值介于 0 至 1 之间,得分越高代表



图2 工作人员的快速评估现场

Fig.2 The researchers worked on field assessment sites

了评价单元在该维度的质量越优。

2.3.2 生态空间质量综合评价

本文利用主成分分析法将四个维度的指标耦合成生态空间质量综合评价结果。该方法凭借指标数据之间客观存在的内在特征来确定权重,一定程度上降低了人为认识的差别对评价结果的影响^[28],且在自然保护区、城市等不同环境下的研究中表现稳定,得到广泛应用。

首先通过坐标转换将原有的多个相关变量做线性变化,转换为另一组不相关的变量,选取前面几个方差最大的主成分来反映原有变量的绝大部分信息。然后,将提取出的几个主成分的方差贡献率进行总和标准化处理,使其总贡献率为1,计算得到的新值作为每个主成分的权重;加权求和计算每个斑块的综合得分;最后,为了便于分析,将综合得分值进行极差标准化处理,得到每个斑块最终的综合分值。所有数据分析都在 SPSS 19.0 软件中处理。

3 结果与分析

3.1 评价斑块的总体统计特征

本研究划定的评估单元共计 226 个,总面积 133.79km²。城市滨江带拥有山、水、林、田、洲相融合的特色生态环境,用地结构上,包括 194 个单一用地类型的斑块和 32 个混合用地类型斑块(31.62km²),其中,面积最多的滩涂斑块(42.06km²)数量达 43 个,农田斑块($n=53, S=28.36\text{km}^2$)和林地斑块($n=50, S=17.72\text{km}^2$)的面积次之,以及零碎的未利用地斑块($n=13, S=7.81\text{km}^2$)、城市绿地斑块($n=6, S=28.36\text{km}^2$)、草地斑块($n=4, S=0.33\text{km}^2$)。空间区位上,包括 200 个江岸斑块和 26 个洲岛斑块(15.4km²),其中江北的生态斑块($n=112, S=84.24\text{km}^2$)不论在面积还是数量上都远高于江南的斑块($n=88, S=34.14\text{km}^2$);以防洪堤为界,本次调研了 89 个堤外斑块(近长江一侧)面积占比 56%,堤内生态斑块 137 个,面积达 58.51km²。

3.2 生态空间质量的单维度评价

参照单维度的计分方法,分别计算每个评价单元在生境自然性、景观稳定性、环境适宜性、管理调控度等方面的得分,并根据统计结果分为低(0—0.4)、较低(0.4—0.5)、中(0.5—0.6)、较高(0.6—0.8)、高(0.8—1)五个等级。

(1) 生境自然性评价结果

图 3 显示了生境自然性的数量统计与空间分布情况。整体上,研究区的生境自然性的等级分布均匀。按照面积比例由高到低排序依次为:较高(40%)、较低(29%)、中(16%)、高(13%)、低(2%),其中高、较高等级的斑块面积多于低、较低等级;但斑块数量上,低(17)、较低(93)等级斑块反而明显多于高(9)、较高(56)等级,可见受城市化进程的胁迫,滨江生态斑块边界呈现破碎化态势,细碎的斑块更易遭人为干扰,其生境自然性表现相对较差。

空间分布上,生境自然性呈现出距长江越近得分越高的分布格局。其中,评价斑块具有明显的空间自相关性,即生境自然性最高的斑块主要集中在八卦洲洲头、乌鱼洲一带,而南京北站、桥林滨江村附近则聚集了一系列自然性较差的斑块。这说明随着生态空间中物质和能量流动,水文过程、植物生长、动物活动都具有一定的连通性,使得地理位置相近的斑块间的生境自然性表现出相似特征。

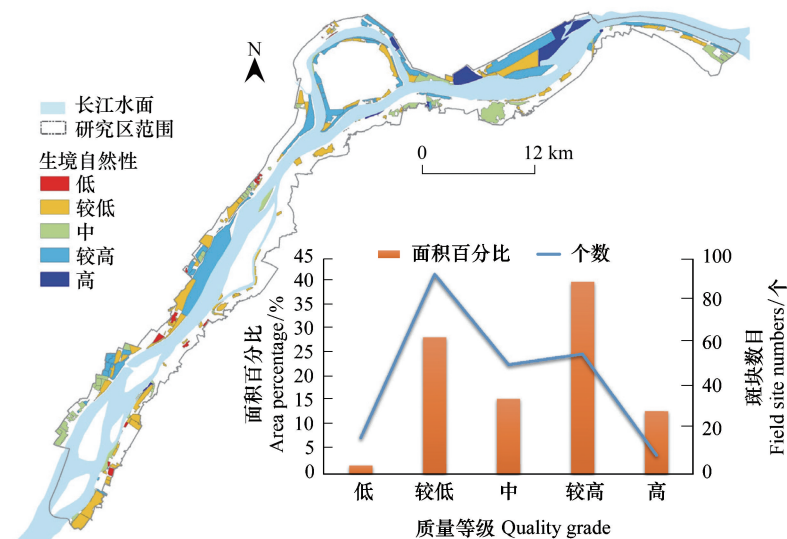


图 3 生境自然性指标的空间分布格局与数量统计

Fig.3 Spatial distribution pattern and quantitative statistics of habitat naturalness indicators

(2) 景观稳定性评价结果

南京滨江地区的生态景观整体上较为稳定(图 4)。数量结构上,各斑块的景观稳定性等级呈现出“两头高、中间低”的态势:高、较高、中、较低、低等级的斑块面积占比分别为 35%、32%、0、19%、14%,且斑块数量上有 157 个斑块也主要集中在高、较高等级,表明现有的生态斑块呈现集约化利用特征,斑块内部的人工建筑或人为垦殖的情况并不频繁,生态斑块内部能够较完整地保存。

与生境自然性类似,景观稳定性的空间分布格局受人为开发强度的影响明显,且堤外斑块(近长江一侧)的稳定性总体上优于堤内斑块(远离长江一侧):堤外、堤内的高、较高等级斑块的累计面积分别达 59.88km²、29.55km²,而低、较低等级斑块面积依次为 15.4km²、28.96km²。景观稳定性最高的斑块出现在江心洲鼋头石、八卦洲、大桥公园、小漓江等堤外滩涂,浦口的高家圩、六合长江农场、宁镇交界处等地的农田景观稳定性较差。

(3) 环境适宜性评价结果

滨江地区生态空间的环境适宜性整体优良(图 5)。高、较高环境适宜性的斑块有 201 个,面积占比已达 91%,仅有面积比约 9%的斑块处于中、较低等级,可见研究区内听觉、嗅觉、视觉等感官感受普遍较为舒适。空间分布上,高环境适宜性的斑块多为公园、风景名胜以及尚未被开垦的洲滩,最低环境适宜性的斑块出现在六合大厂隔离带及浦口南钢周围。

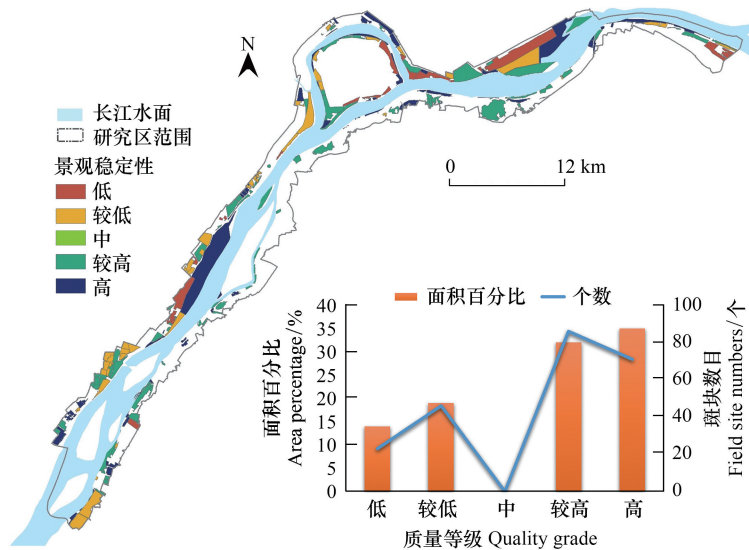


图 4 景观稳定性指标的空间分布格局与数量统计

Fig.4 Spatial distribution pattern and quantitative statistics of landscape stability indicators

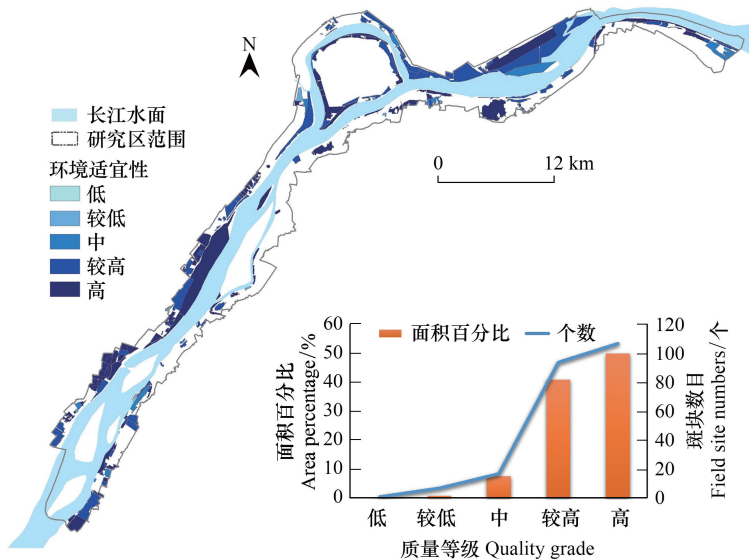


图 5 环境适宜性指标的空间分布格局与数量统计

Fig.5 Spatial distribution pattern and quantitative statistics of environmental suitability indicators

(4) 管理调控度评价结果

研究区内管理调控能力整体上处于中等偏上水平(图 6)。数量统计中,142 个斑块的管理调控度集中在较高等级,面积占比约 68%;中等级和高等级的斑块面积比例分别为 16%和 13%,仅有 18 个斑块处于低和较低等级,面积占比仅为 3%。从管理调控度的四个指标具体分析看出,评价斑块普遍具有明确的权属、管理主体和物理边界,但在人员配置与科普宣教方面的表现则参差不齐,使得 210 个斑块离高等级还存在一定差距。

管理调控度的空间格局与城市化发展水平相关联,即中心城区的管理调控度总体优于郊区,江南的生态斑块优于江北。其中,高管理调控度的斑块包括建邺区的绿博园和鱼嘴湿地公园、鼓楼区的大桥公园、栖霞区的栖霞山等,而低管理调控度的斑块出现在浦口区的乌江周云村和江浦新河村的农田、泰山街道待拆迁的水塘及八卦洲上的养鸡场等地。

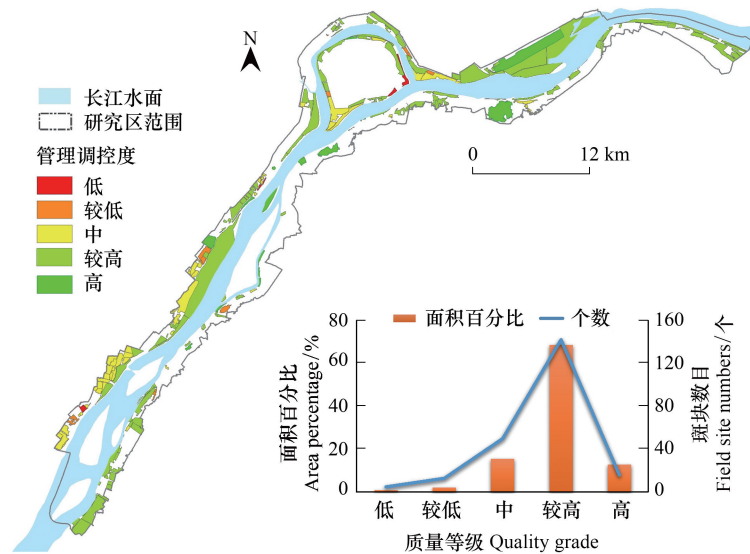


图 6 管理调控度指标的空间分布格局与数量统计

Fig.6 Spatial distribution pattern and quantitative statistics of management regulation indicators

3.3 生态空间质量的综合评价

考虑指标间可能存在相关性,在生态空间质量综合评价之前要对数据进行适用性检验。KMO 检验值 ($0.697 > 0.6$) 与 Bartlett 检验的相伴概率 ($0.000 < 0.01$) 显著,表明该组指标数据可做主成分分析。根据提取的主成分的方差贡献率,采用加权求和法、极差标准化法计算每个斑块质量的综合得分,将所有斑块得分从低到高等划分为五个等级,并在 ArcGIS 中空间化表达 (图 7)。

总体上,南京滨江生态空间综合质量处于中等水平。面积比例上,生态斑块的综合质量评价结果主要集中在较高 (38%)、中 (26%)、较低 (27%) 三个等级,而高 (5%)、低 (4%) 等级的斑块均较少;但在数量上,中 (91)、较低 (89) 等级的斑块数量最多,而较高等级的斑块虽然总面积最大,但仅有 20 个,说明研究区内少数的大规模斑块综合质量相对优良。土地利用类型上,农田的综合质量趋于较差,在中 (6.05km^2)、较低 (12.75km^2)、低 (3.30km^2) 等级中占据主要的面积比例;滩涂的综合质量趋向良好,斑块集中在中 (11.33km^2)、较高 (19.64km^2) 等级;城市绿地和林地的综合质量参差不齐,两种类型的斑块规模原本较小,且分散在五个不同等级;混合斑块的综合质量普遍优于单一斑块,是较高等级中主要的土地利用类型。

按照综合质量评价结果由高到低排序,南京滨江生态空间大致可划分为城市公园、郊野公园、合理耕作的农田、正面临胁迫的土地以及抛荒地等五种类别。空间分布上,高质量的生态空间多为城市公园,主要集中在中心城区,如绿博园、青奥文化体育公园、南堡公园、浦口公园,以及近郊的风景名胜区如栖霞山等;郊野公园的质量次之,主要分布于近郊区浦口、栖霞的防洪堤内,如绿水湾国家城市湿地公园、长江二桥公园、鱼嘴湿地公园、三桥湿地公园、浦口滨江风光带、黄天荡湿地公园,以及六合沿江大道附近的长江农场、瓜埠空气廊道、玉带洲、乌鱼洲等;合理耕作与面临胁迫的农业景观连续分布于滨江各段,包括上游浦口和江宁的滨江农田,中游的八卦洲洲头、大厂绿化隔离带、幕府山,下游的小漓江滩涂、摄山、乌龙山等地;抛荒地质量最差,零散分布,如浦口顶山街道大新村、桥林街道滨江村,江宁区江宁街道新洲社区等处。

4 讨论

4.1 评价结果的验证

鉴于湿地生态健康评价通常采用“三级评价法”体系^[29]对三种尺度的评价结果相互验证,考虑研究区特点和数据可获取性,本文通过景观发展强度指数 (LDI) 以及相关文献来检验快速评价结果。

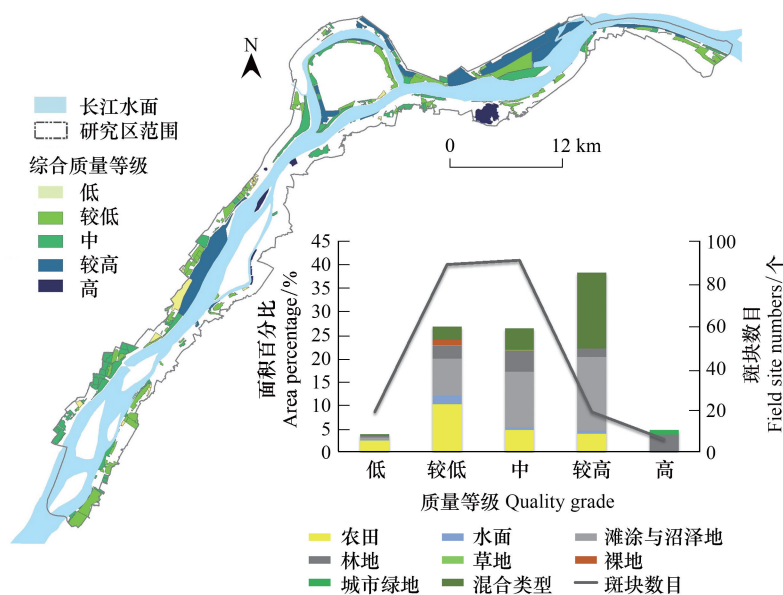


图7 生态空间质量综合评价结果

Fig.7 Comprehensive evaluation results of ecological space quality

随机选取 15 个生态斑块,根据遥感解译结果计算每个斑块的 LDI 值并与其综合质量评价结果作相关性分析。结果显示(图 8),快速评价结果与 LDI 呈显著负相关($R^2 = 0.56, P < 0.01$),即综合质量较高的斑块 LDI 指数相对较低,土地利用开发强度较小。此外,周连义等^[30]在利用遥感等手段监测长江南京段湿地景观格局变化的研究中,指出坑塘、沟渠等人工湿地景观的比重上升,自然河流、河漫滩的面积比重在减少且形状越来越不规则。在刘云等^[31]的绿水湾湿地生态健康评价与生态对策研究中指出,绿水湾湿地总体处于一般水平,斑块内部存在差异,这与本研究对绿水湾的快速评价结果相呼应。可见快速评价法较为可靠,能够较客观地反映南京滨江生态空间质量。

4.2 生态空间质量的影响因素

研究结果表明,南京滨江生态空间综合质量处于中等水平,其中环境适宜性、管理调控度等单维度表现良好,这与长江生态保护政策及相关专项规划的实施密不可分。近年来南京一方面持续开展环境整治,水质净化与生物多样性保护工作有序推进;另一方面加快滨江产业转型升级,搬迁整合码头与工矿企业,培育一批科技产业、生态旅游、文化创意等新业态,滨江生态空间质量得到显著改善。

同时,调研走访发现部分斑块还存在不同程度的质量问题,其影响因素主要是人类活动破坏、较低的生态空间利用效率和单一的管理模式。统计沿江每隔 5km 各区段内生态斑块的综合质量平均值(图 9)发现,邻近雨花工业园、珠江工业园、南钢集团、龙潭物流基地的区段是生态空间综合质量的低值区。工业园区的土地开发使得滨江的农田、水体遭受大范围侵蚀,而工业生产排放的“三废”则间接影响附近的水质和空气质量,增加垃圾污染风险。而当地农民通过土地承包将滩涂、水域开辟为鱼塘藕池,改变了生态空间的原生性,施肥不当、过量饲养等农业生产行为则加剧水体富营养化和环境健康水平,如八卦洲上的滨江养鸡场。

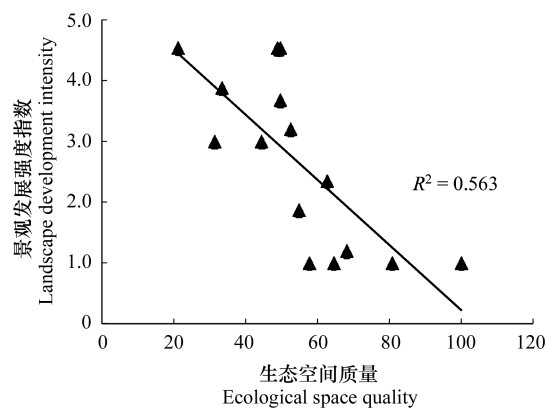


图8 快速评价结果与景观发展强度指数(LDI)的散点图

Fig.8 Scatter plots of rapid assessment and LDI

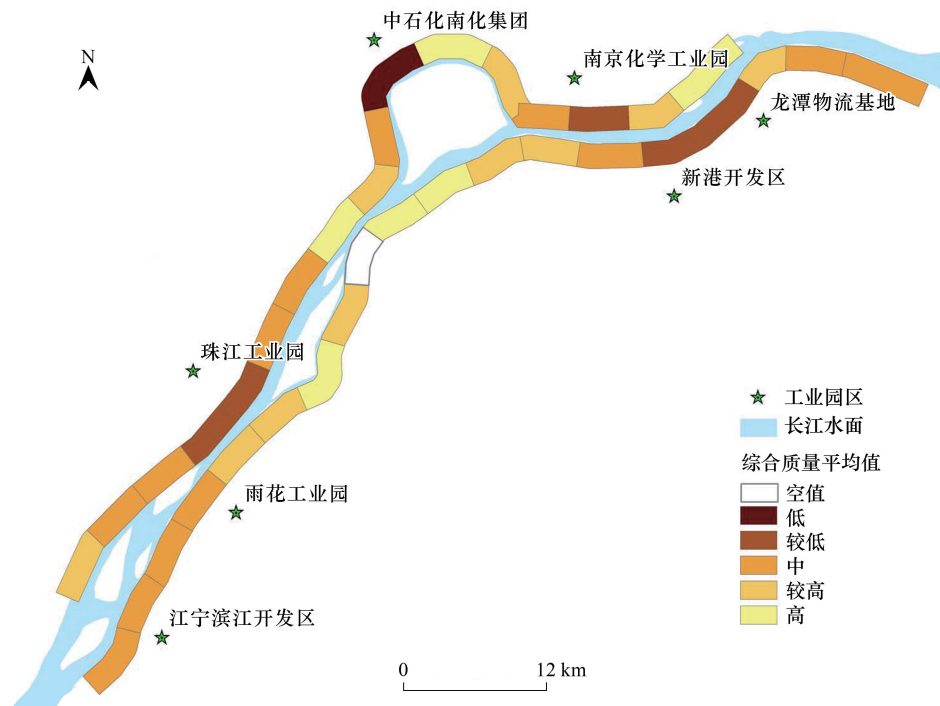


图9 生态空间综合质量的分段平均值

Fig.9 Segmental average values of ecological space quality

调研发现,地处行洪区的农田一般根据长江的季节性洪枯采取间歇性种植方式,致使景观稳定性趋于下降;一些村集体用地因经营不善或承包到期后无人接管造成抛荒地。另一方面,部分生态空间的服务供给单一、低级,如滨江地区常见的垂钓中心、农业采摘园仅有简易标识指引,缺乏配套服务设施,其娱乐休闲功能未能充分发挥。

此外,由于中国土地产权特点,滨江地区的城市公园、郊野公园、风景名胜区等都由政府统一经营管理,农田、水域由村集体所有转让给个人承包,大多数市民(或村民)并未参与其中。在政府主导的单一管理模式,滨江地区的人地冲突问题浮现。调研发现,市民(或村民)的生态保护意识不高,不少人并不了解生态保护红线等相关政策与具体范围,对新建的郊野公园信息也知之甚少。而一旦生态空间质量变化触及到个人利益时,民众则反映强烈:如多地村民对村集体将农田承包给外地人,而本地人无法盈利分红的做法表达不满;又如为了实施长江大保护政策,需对部分居民点实行搬迁,或征用滨江农田种植防护林等情况,但政府与民众在资金补偿方面未达成共识,致使涉事村民拒不配合。

4.3 评价方法的改进

尽管快速评估法操作简单高效、花费低廉,但评估结果的精度还有待改进。首先,指标内容的局限性。考虑到方法的可行性和工作人员的知识储备,选取的指标一般定义简明、现场可测,为了全面反映生态空间质量内涵,未来需拓展完善相关指标体系。如论文仅从直观感受来反映环境适宜水平,但未从更深层次的心理满意度和幸福感来细分。其次,评估方法的主观性。整个评估过程是通过个人感受来判断,为了避免评估结果的主观性,需要着重注意人员的选拔与培训、统一的现场测试等环节。再次,数理统计的选择问题。论文采用归一化的无量纲数值对各项指标赋分,一定程度上降低了评估结果的敏感性、减少观测误差、使得评估方法可重复进行,但这种分等定级的方式默认各指标间具有相同权重,但不同斑块的功能定位不同,若各项指标间的重要性差异较大,应考虑更详细的量化方式。此外,论文仅展示了特定时间点的生态空间质量,未来需开展多时段的评估工作来监测其动态变化。

5 结论

基于国土空间高质量发展理念,结合湿地生态健康快速评价法,本文构建了生态空间质量评价的指标体系,对南京滨江地区 226 个生态斑块进行现场打分,统计分析生境自然性、景观稳定性、环境适宜性、管理调控度等单维度质量和综合质量评价结果。得到结论如下:

(1) 南京城市滨江带拥有山、水、林、田、洲相融合的特色生态环境,其中生境自然性的数量等级分布均衡,且斑块间具有显著的空间自相关性;生态景观受人为干扰的影响明显,斑块呈现外部边界破碎化、内部集约利用的特征;环境适宜性整体优良,感官感受普遍舒适;管理调控度整体处于中等偏上的水平,其空间分布格局与城市化发展水平相关,即中心城区的管控水平总体上优于郊区,江南的生态斑块优于江北。

(2) 总体上,南京滨江生态空间综合质量处于中等水平。不同土地利用类型的斑块综合质量差异明显,即农田普遍较差,滩涂趋向良好,城市绿地和林地的表现参差不齐,包含多种土地利用类型的混合斑块整体上优于单一类型的斑块。按照评价结果由高到低排序,滨江生态空间可划分为以城市公园、郊野公园、合理耕作的农田、正面临胁迫以及已抛荒的土地为代表的五种类别。

参考文献 (References):

- [1] 徐丽婷,姚士谋,陈爽,徐羽. 高质量发展下的生态城市评价——以长江三角洲城市群为例. 地理科学, 2019, 39(8): 1228-1237.
- [2] 新华网. 中国共产党第十九届中央委员会第五次全体会议公报. [2020-10-29]. http://www.xinhuanet.com/politics/2020-10/29/c_1126674147.htm?_baik.
- [3] 徐洁,谢高地,肖玉,李娜,江源,陈文辉. 国家重点生态功能区生态环境质量变化动态分析. 生态学报, 2019, 39(9): 3039-3050.
- [4] 刘盼,任春颖,王宗明,张柏,陈琳. 南瓮河自然保护区生态环境质量遥感评价. 应用生态学报, 2018, 29(10): 3347-3356.
- [5] 卢应爽,韩蕊,石宇,郭沛. 黔东南苗族侗族自治州生态系统健康的时空变化. 生态学报, 2021, 41(14): 5557-5569.
- [6] 姚焱中,李诗婷,苏美蓉,廖乐乐,徐超,岳文淙. 一种区县生态系统健康评价方法——以东莞市各镇区为例. 生态学报, 2021, 41(15): 5998-6011.
- [7] 陈森,苏晓磊,黄慧敏,高婷,党成强,董蓉,曾波,陶建平. 三峡库区河流生境质量评价. 生态学报, 2019, 39(1): 192-201.
- [8] 张学儒,周杰,李梦梅. 基于土地利用格局重建的区域生境质量时空变化分析. 地理学报, 2020, 75(1): 160-178.
- [9] 王贺年,张曼胤,崔丽娟,郭子良,王大为. 基于 DPSIR 模型的衡水湖湿地生态环境质量评价. 湿地科学, 2019, 17(2): 193-198.
- [10] 中国环境监测总站. 中国生态环境质量评价研究. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [11] 黄木易,岳文泽,冯少茹,张嘉晖. 基于 InVEST 模型的皖西大别山区生境质量时空演化及景观格局分析. 生态学报, 2020, 40(9): 2895-2906.
- [12] 周静,万荣荣. 湿地生态系统健康评价方法研究进展. 生态科学, 2018, 37(6): 209-216.
- [13] 任艳敏,唐秀美,刘玉,潘瑜春. 考虑耕地生态质量的基本农田划定方法. 农业工程学报, 2014, 30(24): 298-307.
- [14] 方创琳,马海涛,李广东,王振波,李秋颖. 城市群地区国土空间利用质量提升理论与技术方法. 北京: 科学出版社, 2017.
- [15] Petesse M L, Siqueira-Souza F K, de Carvalho Freitas C E, Petrere Jr M. Selection of reference lakes and adaptation of a fish multimetric index of biotic integrity to six amazon floodplain lakes. Ecological Engineering, 2016, 97: 535-544.
- [16] 徐丽婷,阳文静,吴燕平,游清徽,黄琪,徐羽,王野乔. 基于植被完整性指数的鄱阳湖湿地生态健康评价. 生态学报, 2017, 37(15): 5102-5110.
- [17] Fennessy S, Jacobs A D, Kentula M E. Review of Rapid Methods for Assessing Wetland Condition. EPA/620/R-04/009, Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2004.
- [18] Sutula M A, Stein E D, Collins J N, Fetscher A E, Clark R. A practical guide for the development of a wetland assessment method: the California experience. Journal of the American Water Resources Association, 2006, 42(1): 157-175.
- [19] McInnes R J, Everard M. Rapid assessment of wetland ecosystem services (RAWES): an example from Colombo, Sri Lanka. Ecosystem Services, 2017, 25: 89-105.
- [20] 林波,尚鹤,陈展,姚斌. 湿地生态健康快速评价法简介——以 WRAP 为例. 湿地科学与管理, 2009, 5(4): 11-14.
- [21] 孔宇,甄峰,张姗姗,刘婧,李兆中. 基于多源数据的国土空间高质量利用评价思路. 中国土地科学, 2020, 34(5): 115-124.
- [22] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 18972—2017 旅游资源分类、调查与评价. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [23] 南京市统计局,国家统计局南京调查队. 南京市 2019 年国民经济和社会发展统计公报. [2020-04-08]. <https://www.ahmhxc.com/tongjigongbao/19240.html>.
- [24] 郑涛,陈爽,张童. 城市滨江地区生态用地演变及驱动因素分析——以长江南京段为例. 长江流域资源与环境, 2019, 28(5): 1049-1058.
- [25] 陈爽,刘云霞,彭立华. 城市生态空间演变规律及调控机制——以南京市为例. 生态学报, 2008, 28(5): 2270-2278.
- [26] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 24708—2009 湿地分类. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [27] 林波. 湿地生态系统健康评价方法及其应用——以白洋淀湿地为例[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2010.
- [28] 尹海伟,孔繁花. 城市与区域规划空间分析实验教程(第二版). 南京: 东南大学出版社, 2016: 179-188.
- [29] 陈展,尚鹤,姚斌. 美国湿地健康评价方法. 生态学报, 2009, 29(9): 5015-5022.
- [30] 周连义,江南,窦鸿身. 城市化地区湿地变化分析——以南京市为例. 资源科学, 2010, 32(4): 712-717.
- [31] 刘云,李升峰,李沛泽. 南京市河流湿地生态健康评价与生态对策研究——以绿水湾湿地为例. 现代城市研究, 2016, (5): 10-15.