

DOI: 10.3969/j.issn.2096-8248.2024.02.005

基于生态服务功能重要性和生态脆弱性的沿海滩涂 生态重要性识别与管控*

章志, 周凯, 林伟波, 孟祥振, 孔得雨

(江苏省海涂研究中心, 江苏南京 210036)

摘要:生态重要性识别是区域生态保护的基础,也是重点生态功能区和生态保护红线选划的重要依据。首先从生物多样性维持、物种生活史特殊性和生态功能重要性3个方面提出了生态服务功能重要性识别方法,再通过暴露度、敏感度和适应度3个维度构建了生态脆弱性评价指标和评价方法,最后基于生态服务功能重要性和脆弱性构建了沿海滩涂生态重要性识别方法,以江苏沿海滩涂区域为研究区,评价了江苏沿海滩涂生态重要性并提出分区管控建议。结果表明:江苏沿海滩涂生态极重要区面积为704.74 km²,占滩涂总面积的13.56%,生态重要区域面积为1865.07 km²,占沿海滩涂总面积的35.90%。江苏沿海滩涂生态重要区呈现“一带一区”分布格局。基于生态重要性研究区划分为核心区、缓冲区、修复区和预防区。核心区原则上禁止一切人为活动;缓冲区仅允许有限的人为活动;修复区应加强受损生态的整治修复;预防区实施协调保护,防止生态破坏。

关键词:沿海滩涂;海洋;生态重要性;生态服务功能;生态脆弱性

中图分类号:X37 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-8248(2024)02-0031-09

引用格式:章志,周凯,林伟波,等.基于生态服务功能重要性和生态脆弱性的沿海滩涂生态重要性识别与管控[J].江苏海洋大学学报(自然科学版),2024,33(2):31-39.

Identification and Management of the Ecological Importance of Tidal Flat Based on the Importance of Ecological Service Functions and Ecological Fragility

ZHANG Zhi, ZHOU Kai, LIN Weibo, MENG Xiangzhen, KONG Deyu

(Tidal Flat Research Center of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China)

Abstract: The identification of ecological importance is the basis of regional ecological protection and the main basis for the selection of ecological protection red lines. In this paper, the importance identification method of ecological service function is proposed from three aspects of biodiversity maintenance, species life history particularity and ecological service function importance, and then the ecological vulnerability evaluation index and evaluation method are constructed from three dimensions of exposure, sensitivity and adaptability. Finally, based on the importance and vulnerability of ecological service function, the identification method of ecological importance of tidal flat is constructed. Taking tidal flat of Jiangsu as the research area, the ecological impor-

* 收稿日期:2023-07-03;修订日期:2023-10-08

基金项目:国家重点研发计划课题(2018YFC0407504);江苏省省级海洋科技创新专项(JSZRHYKJ202202, JSZRHYKJ202214, HY2018-1)

作者简介:章志(1985—),男,安徽铜陵人,高级工程师,硕士,研究方向为沿海滩涂资源调查评价、滩涂空间规划,(E-mail)izzchina@163.com。

tance of tidal flat is evaluated, and the suggestions of zoning management and control are put forward. The results show that the area of the ecologically important area is 704.74 km², accounting for 13.56% of the tidal flat area, and the area of ecologically important area is 1 865.07 km², accounting for 35.90% of the total tidal flat area. The ecologically important tidal flat areas in Jiangsu Province show a distribution pattern of “one belt and one area”. According to the ecological importance, the study area is divided into core area, buffer area, restoration area and prevention area. In principle, all human activities are prohibited in the core area. The buffer zone only allows limited human activities. The restoration of damaged ecology should be strengthened in the restoration area. The prevention area should implement coordinated protection to prevent ecological damage.

Key words: tidal flat; ocean; ecological importance; ecological service function; ecological fragility

受污染、过度开发、气候变化等因素影响,沿海滩涂面临着面积减少、环境恶化、海洋生物多样性下降等一系列的资源环境和生态问题^[1-2],急需管理工具应对海洋环境生态问题^[3]。生态重要区是具有重要生态学意义的区域,反映滨海湿地、海湾等典型海洋生态系统与生境保护价值的大小^[4-5],是主体功能区、生态保护红线划定的主要依据^[6-7]。生态重要性识别应考虑生态服务功能价值和生态敏感性/脆弱性^[8]。对于海洋生态重要区如何识别,《生物多样性公约》(Convention on Biological Diversity, CBD)在2007年亚速尔群岛研讨会上确定独特或稀有、物种生活史特殊重要、濒危物种或栖息地重要、脆弱敏感或者恢复慢、生物生产力、生物多样性、自然性共7条评价标准^[9]。国内生态重要性评价多选择生态系统服务功能重要性和生态敏感性评价指标,评价生态重要性^[10-11]。主要有模型法^[12-13]、定量指标评价法^[14]等。黄心怡等^[15]构建了生态系统服务功能重要性和生态敏感性二维判断矩阵识别生态重要性,贾元童等^[16]基于暴露度、敏感度和适应性构建了干旱脆弱性评价指标体系。国内关于海洋生态重要性研究匮乏,不同学者也进行了尝试。傅明珠等^[3]参考CBD提出的生态重要性选划标准和Derous等^[17]提出的评估框架,从物种生活史的特殊重要性、生物生产力、生物多样性和自然性4个方面构建了海洋生态重要性评价指标体系。林金兰^[18]从保护物种、物种多样性和重要生态系统3个方面识别生物多样保护优先区。许妍等^[19]选取生物多样性维持指标,提出海洋生态功能分区的划定方法。廖建基^[20]筛选了潜在重要海洋生态功能区并进行重要性分级。李东旭^[4]采用专家问卷调查法评价了海洋生态系统重要性。整体上,目前海洋生态重要性主要考虑生物多样性,缺乏人类活动

对生态系统的影响分析,尤其是海陆交互频繁的沿海滩涂区域。因此,构建合理的沿海滩涂生态重要性评价指标和评价方法需要深入研究。

本研究从生物多样性维持、物种生活史和生态服务功能3个方面构建了生态服务功能重要性评价标准,利用国际上较通用的生态脆弱性分析框架即ESA模型(exposure-sensitivity-adaptive capacity)^[21],构建了生态脆弱性评价指标体系,结合生态服务功能重要性和生态脆弱性,基于“短板效应”的方法,开展了生态重要性识别,并在江苏沿海滩涂进行了实证研究,以期海洋主体功能区、海洋生态保护红线划定、沿海滩涂规划管理提供一定的技术参考和借鉴。

1 研究区

江苏位于中国大陆东部沿海,地理位置优越,海洋资源较为丰富,海域面积 3.75×10^4 km²。沿海城市包括连云港、盐城、南通。连云港位于鲁中南丘陵与淮北平原的接合地带,整体呈西北高东南低的态势;盐城全境为平原地貌,两端高中间低;南通处长江下游冲积平原,三面环水。江苏海岸平直,北起绣针河口南至长江口连兴港,海岸线954 km。沿海滩涂面积5001.67 km²,占全国沿海滩涂面积的1/4强^[22]。江苏沿海分布有湿地珍禽保护区、麋鹿自然保护区、长江口北支湿地保护区、牡蛎礁海洋特别保护区等。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源与处理

评价数据资料主要包括国家海域使用动态管理

系统海域使用确权数据、《江苏省海洋灾害公报》(2010—2018 年)、江苏海洋环境监测调查数据、遥感影像数据等。以上数据在 ArcGIS 10.2 软件中, 空间数据统一采样至 100 m×100 m 的栅格单元作为评价单元, 数据统一至 CGCS 2000 坐标系。

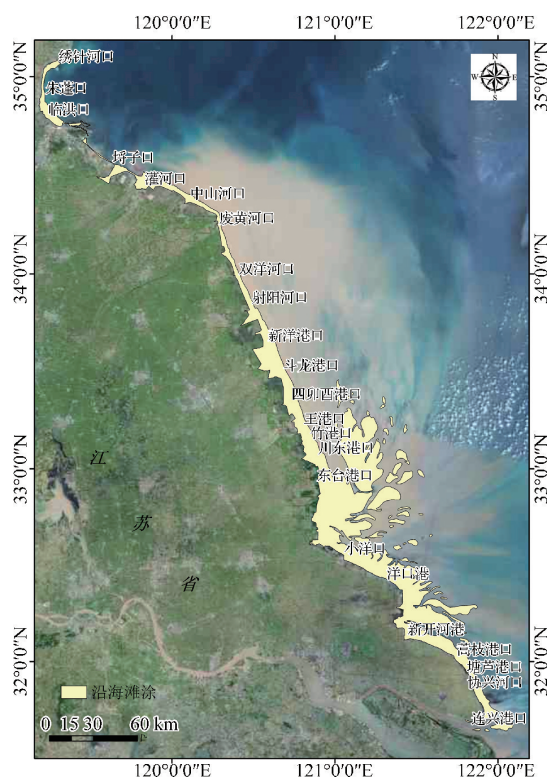


图 1 江苏沿海滩涂区域

Fig. 1 Tidal flat in Jiangsu Province

2.2 研究方法

沿海滩涂生态重要性评价从生态服务功能重要性和生态脆弱性两个方面开展。为精确表达沿海滩涂区域空间差异, 利用 ArcGIS 栅格计算器归一化为相同尺度的栅格单元, 得到生态服务功能重要性和生态脆弱性。将生态服务功能重要性分为极重要、重要和一般重要 3 个等级, 将生态脆弱性分为极脆弱、高脆弱、脆弱、一般脆弱、不脆弱, 再基于“短板效应”的生态重要性识别方法, 通过栅格运算得到生态重要性评价结果。

2.2.1 生态服务功能重要性评价 海洋可提供食品供给、基因资源、干扰调节、旅游娱乐服务、生物多样性、生境服务等^[23]。Assessment^[24] 总结生态服务功能包括供给、调节、文化及支持服务, 具体包括生物多样性维持、物种生境保护、海产品供给、旅游娱乐等。结合海洋特点和数据可获得性, 从海洋生物多样性维持、物种生活史特殊性、海洋生态功能重要性 3 个方面进行评价。生物多样性维持和物种生活史特殊性评价标准参照《生态功能区暂行规程》^[25], 通过物种丰富度指标反映, 包括国家保护物种集中分布区、珍稀濒危物种栖息地等。物种生活史特殊性包括产卵场、洄游通道、幼体栖息地等^[18]。海洋生态功能重要性反映了维护海洋生态系统健康和安全的海洋生态服务价值, 包括重要滨海湿地、河口生态系统、自然遗迹与景观区、牡蛎礁生态系统等^[23]。生态服务功能重要性判断标准, 如表 1 所示。

表 1 生态服务功能重要性分级标准

Table 1 Classification standard for the importance of ecological service functions

生态服务功能评价指标	生态重要性等级	分级标准	赋值
生物多样性维持	极重要	国家一、二级保护物种集中分布区, 自然保护区核心区和缓冲区, 珍稀濒危物种栖息地	5
	重要	省级保护物种集中分布区、自然保护区实验区	3
	一般重要	无保护物种	1
物种生活史特殊性	极重要	国家水产种质资源保护区、经济鱼类“三场一通道”区域	5
	重要	省级水产种质资源保护区	3
	一般重要	其他物种分布区域	1
生态功能重要性	极重要	海洋特别保护区重点保护区、海洋特别保护区生态资源恢复区与预留区、重要河口、牡蛎礁生态系统、国际/国家重要湿地	5
	重要	海洋特别保护区适度利用区、重要砂质岸线、省级重要湿地	3
	一般重要	没有明显资源优势或生态功能的区域	1

2.2.2 生态脆弱性评价 脆弱性包括暴露度、敏感度和适应度 3 个维度。暴露度表示生态系统面临的外在风险; 敏感度表示生物和生境在外界环境变化条件下受到影响的程度; 适应度表示生态系统应对实际

或预期压力的能力。生态脆弱性指数由 2 个正向指标和 1 个负向指标构成, 暴露度和敏感度为正向指标, 适应度为负向指标^[26]。由于无法比较单个指标对敏感指数的贡献比重, 为保持研究的客观性、中立

性,评价指标权重采用等权法计算。计算公式为

$$EVI = f(E, S, A) = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \quad (1)$$

式中, EVI 为生态脆弱性综合指数; E 为暴露度指数; S 为敏感度指数; A 为适应度指数; C_i 为生态脆弱性评价指标; n 表示指标个数。

暴露度指由于自然和人为活动给沿海滩涂生态系统带来的风险, 选取干扰度指数和海岸侵蚀两个指标。其中, 干扰度指数反映生态系统受人为干扰的影响程度, 指数越大受人为干扰程度越大, 生态脆弱性越高。干扰度计算方法在陈爱莲等^[27]、孙永光等^[28]研究成果基础上, 结合用海方式, 将干扰度指

数划分为 5 种类型: 无干扰型、低干扰型、中干扰型、强干扰型和极强干扰型(见表 2)。海岸侵蚀反映了自然因素对海岸的影响, 海岸侵蚀越剧烈, 生态脆弱性程度越高, 海岸侵蚀通过海岸线年进退幅度来进行表征。敏感度评价能够反映潮间带生物敏感性、生境敏感性。本文选取了浮游生物多样性、底栖生物多样性等 6 项指标构建评价指标体系, 指标分级标准参考了况琪军等^[29]的研究成果。适应度反映了生态系统自身调节能力。本文选择了叶绿素 a 浓度、浮游动物密度、鱼卵和仔鱼密度生物多样性指标, 指标分级标准参考《近岸海洋生态健康评价指南》(HY/T 087—2005)^[30]。具体指标和分级标准如表 3 所示。

表 2 干扰度分级标准

Table 2 Classification standard of interference degree

干扰类型	海洋开发状况	含义	指标值
无干扰	开放海域	0 m 等深线以外的未开发浅海水域	1
低干扰	河流、潮间带滩涂	海岸线到 0 m 等深线未开发的海域	2
中干扰	开放式养殖用海、人工鱼礁用海、海岸防护工程用海		3
强干扰	滩涂养殖、围海养殖	海岸线到 0 m 等深线内鱼、虾、蟹养殖海域, 0 m 等深线以外的圈围养殖海域	4
极强干扰	渔业基础设施、工业、交通运输、旅游娱乐、海底工程、排污倾倒、造地工程用海		5

表 3 生态脆弱性评价指标

Table 3 Assessment indicators of ecological fragility

生态脆弱性	评价指标	脆弱性等级				
		极脆弱	高脆弱	脆弱	一般脆弱	不脆弱
	干扰度(C_1)	5	4	3	2	1
暴露度(E)	海岸侵蚀速率/ ($m \cdot a^{-1}$)(C_2)	≥ 10.0		1~10.0		≤ 1.0
	粉砂淤泥质海岸 砂质海岸	≥ 2.0		0.5~2.0		≤ 0.5
敏感度(S)	浮游植物多样性(C_3)					
	浮游动物多样性(C_4)					
	大型底栖动物多样性(C_5)	≤ 1	—	1~3	—	≥ 3
	游泳动物多样性(C_6)					
	珍稀濒危物种栖息地(C_7)	是	—	—	—	否
	鱼类三场一通道分布区(C_8)	是	—	—	—	否
	砂质岸线(C_9)	是	—	—	—	否
	叶绿素 a 浓度/ ($\mu g \cdot L^{-1}$)(C_{10})	≤ 2	2~4	4~6	6~10	≥ 10
适应度(A)	浮游动物密度/ ($10^3 \text{ ind.} \cdot m^{-3}$)(C_{11})	75%B~125%B	—	50%B~75%B 或 125%B~150%B	—	$\leq 50\%B$ 或 $\geq 150\%B$
	鱼卵及仔鱼密度/ ($\text{ind.} \cdot m^{-3}$)(C_{12})	≤ 5	—	5~50	—	≥ 50

注: 浮游动物密度 B 值根据研究区参考《近岸海洋生态健康评价指南》(HY/T 087—2005)^[30]。

2.3 生态重要性识别

基于生态服务功能重要性和生态脆弱性评价方法, 获得评价单元生态脆弱性和生态服务功能重要性, 再基于“短板效应”的方法, 构建判断矩阵, 利用

ArcGIS 栅格运算功能获得评价单元的生态重要性, 选取生态服务功能重要性和生态脆弱性评价结果较高等级作为生态重要性评价结果。判断矩阵如表 4 所示。

表 4 生态重要性判断矩阵

Table 4 Judgment matrix of ecological importance

生态服务功能重要性	生态脆弱性				
	极脆弱	高脆弱	脆弱	一般脆弱	不脆弱
生态服务功能极重要	极重要	极重要	极重要	极重要	极重要
生态服务功能重要	极重要	极重要	重要	重要	重要
生态服务功能一般重要	极重要	极重要	重要	一般重要	一般重要

3 结果与分析

3.1 生态服务功能重要性评价

沿海滩涂生态服务类型和生态服务重要性结果如图 2 所示。生物多样性维持结果显示,极重要和重要等级面积分别为 408.95 km² 和 1 023.74 km², 分别占滩涂总面积的 7.89% 和 19.74%, 生物多样性维持功能主要分布于盐城湿地珍禽保护区。物种生活史特殊性结果显示,极重要和重要等级面积分别为 55.20 km² 和 281.39 km², 分别占滩涂总面积的 1.06% 和 5.43%, 主要是牡蛎礁、泥螺文蛤、梭子

蟹等集中分布的区域。生态服务功能重要性结果显示,极重要和重要两个等级的面积分别为 88.60 km² 和 301.06 km², 分别占滩涂总面积的 1.71% 和 5.81%, 主要分布于小洋口海洋公园、海州湾国家海洋公园、如东沿海重要生态湿地等, 提供旅游、水产品和水质净化功能等。综合生态服务功能评价结果显示,生态服务功能极重要区面积为 552.75 km², 占沿海滩涂总面积的 10.66%, 重要区面积为 1 606.19 km², 占沿海滩涂总面积的 30.97%。生态服务重要区域主要位于江苏中部滨海湿地、长江口北支湿地、海州湾近岸滩涂区域, 这些区域生物多样性强、生态价值较高, 需严格保护。

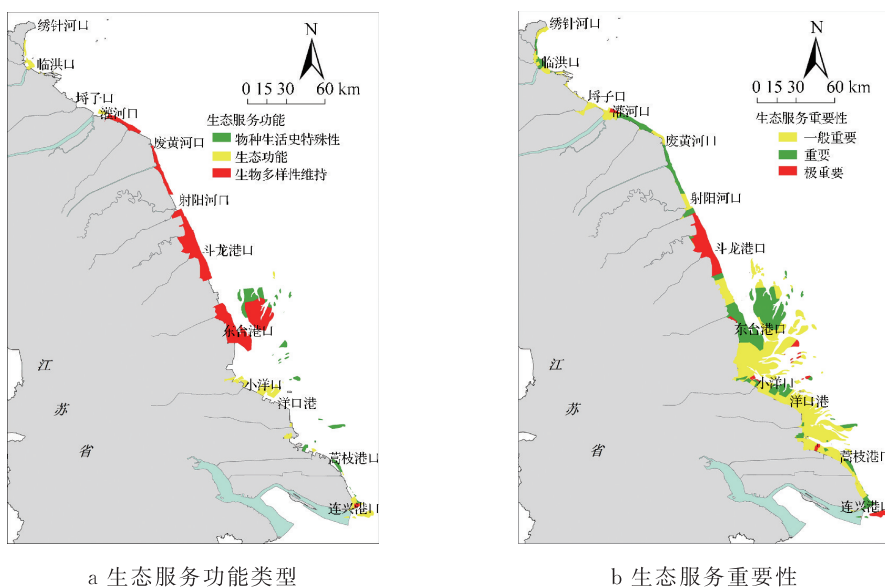


图 2 生态服务功能重要性评价结果

Fig. 2 Evaluation results of the importance of ecological service functions

3.2 生态脆弱性评价

生态脆弱性评价结果如图 3 所示。结果显示,暴露度指数位于 0.2~1.0 之间,数值较大的区域主要分布于赣榆区、滨海县和启东市,整体由海岸向海减小。暴露度南部较高,南部滩涂面积大,围填海开发比较活跃,此外废黄河口、海州湾北部岸段和长江口由于海岸侵蚀,暴露度显著高于其他滩涂区域。敏感

度指数在 2.2~3.4 之间,敏感度高值区域主要集中在盐城湿地珍禽保护区、赣榆砂质海岸、海州湾、通州湾外侧滩涂区域,显示这些区域部分出现了退化。敏感度较大的区域位于盐城湿地珍禽保护区、长江口北支湿地,这些区域或具有较高的生态敏感性,易受干扰发生生态环境问题。适应度指数在 0.40~0.75 之间,适应度整体由海岸向海逐渐增大,适应度较大区

域位于盐城滨海湿地、辐射沙洲区域,该区域浮游植物和浮游动物丰富,适应度值较小区域位于启东沿海,需要控制捕捞和养殖强度,促进资源恢复。

生态脆弱性评价结果显示沿海滩涂整体生态脆弱性较大,不同区域存在差异。沿岸滩涂生态极脆

弱、高脆弱区主要分布于盐城湿地珍禽自然保护区、赣榆北侧砂质岸段,如东近岸滩涂和长江口北侧滩涂区域,生态脆弱、一般脆弱区主要分布于如东到东台滩涂区域,连云区、灌南及赣榆北部滩涂稳定性较好,为不脆弱区域。

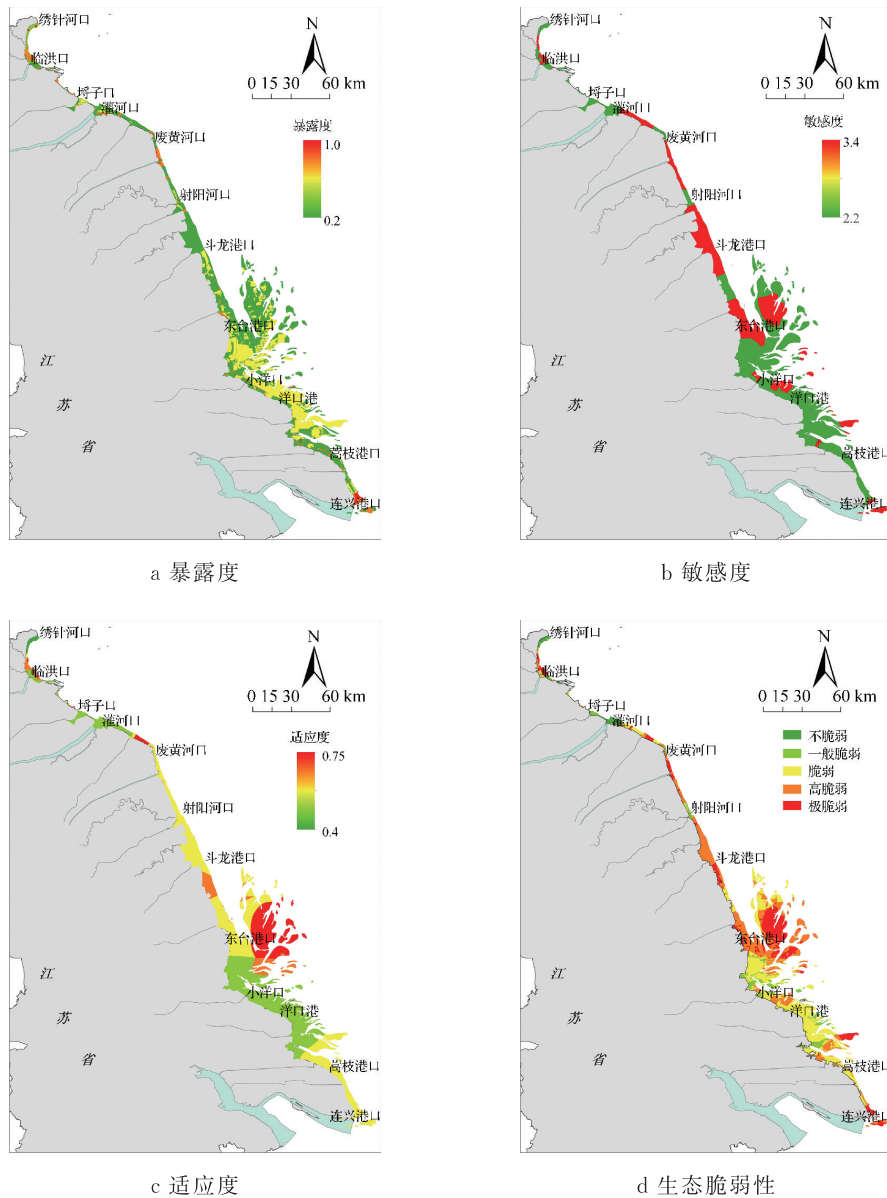


图3 生态脆弱性评价结果
Fig. 3 Assessment results of ecological fragility

3.3 生态重要性评价

综合生态服务功能重要性和生态脆弱性的评价结果如图4和表5所示。结果显示,江苏沿海滩涂极重要区面积为704.74 km²,占滩涂总面积的13.56%,重要生态区域面积为1865.07 km²,占滩涂总面积的35.90%。整体上,江苏沿海滩涂重要区呈现“一带一区”分布格局,“一带”是指北起连云港,南

至启东分布有800余km的沿岸滩涂,同时盐城响水、南通启东等近岸滩涂也具有较高的生态脆弱性,“一区”是指盐城大丰、东台、如东外侧的黄渤海候鸟栖息地及外围辐射沙脊群。这些区域对于生物多样性维持、物种保护和水质净化具有重要意义,需要重点保护,同时也需要加强受损滩涂的整治修复,控制开发强度。

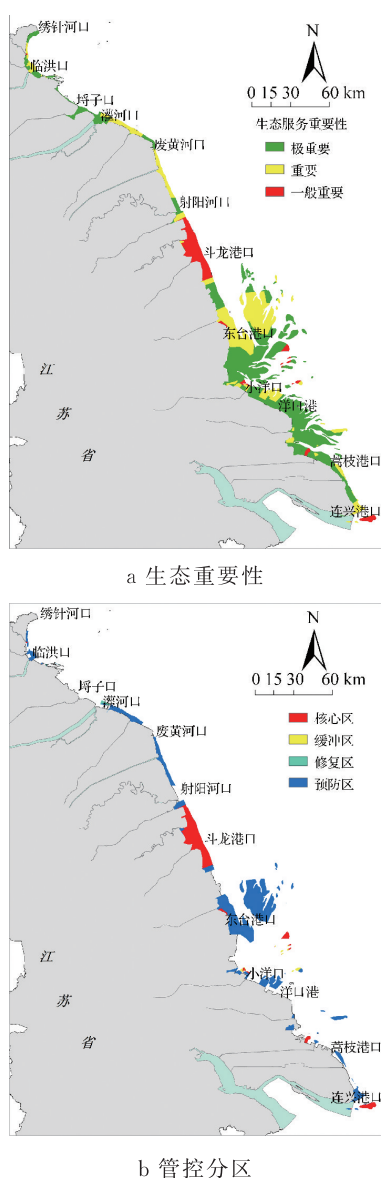


图4 江苏沿海滩涂生态重要性及管控分区

Fig. 4 Ecological importance and control zoning of tidal flat in Jiangsu Province

表5 生态重要性等级统计

Table 5 Level statistics of ecological importance

生态重要性等级	面积/km ²	占研究区比例/%	累积比例/%
极重要	704.74	13.56	13.56
重要	1 865.07	35.90	49.46
一般重要	2 648.56	50.54	100.00

4 讨论与分区管控建议

4.1 讨论

本文从生物多样性维持、物种生活史特殊性和生态服务功能重要性3个方面提出了生态服务功能

重要性识别方法,通过暴露度、敏感度和适应度3个维度构建了生态脆弱性评价指标和评价方法,最后基于生态服务功能重要性和脆弱性构建了沿海滩涂生态重要性识别方法。目前,关于海洋生态重要性评价研究,如傅明珠等^[3]、石晓雨等^[31]相关研究均未考虑生态脆弱性指标。本文从生态服务功能和生态脆弱性两个方面评价了沿海滩涂的生态重要性,考虑到人类活动因子如滩涂的开发活动等对沿海滩涂生态重要性的影响,进一步完善了沿海滩涂生态重要性评价方法。在生态服务功能重要性方面多以定性为主,在生态脆弱性评价方面采用实测数据,以定量方式为主,研究采用定性定量相结合的方式,在一定程度上弥补了以往沿海滩涂生态重要性定量评价的不足,可为沿海滩涂保护格局优化调整提供科学依据。根据评价结果,江苏沿海滩涂极重要区面积为704.74 km²,占滩涂总面积的13.56%,重要生态区域面积为1 865.07 km²,占滩涂总面积的35.90%。在生态保护格局上,江苏沿海滩涂重要区呈现“一带一区”分布格局,评价结果反映了江苏沿海滩涂需要加强保护的的重点,基本涵盖了江苏当前阶段沿海滩涂生态保护重点区域,也反映了评价方法科学合理。由于受到数据和资料的限制,生态重要性指标体系构建仍需进一步完善,特别是针对经济鱼类“三场一通道”区域、海洋珍稀濒危物种分布区、水产种质资源等方面的定量评价指标,下一步随着海洋生态数据的不断丰富逐步量化,以获得更加科学合理的评价结果。

4.2 基于生态重要性的沿海滩涂分区管控建议

生态空间合理管控是解决区域生态环境问题的一种有效手段。基于生态脆弱性和生态服务功能重要性,获得了沿海滩涂的生态重要性。根据沿海滩涂生态服务功能重要性和生态脆弱程度的不同,分级分类将沿海滩涂生态重要的区域划分为核心区、缓冲区、修复区和预防区,实施差异化的管控策略(见图4)。

(1) 生态功能极重要、生态极脆弱和高脆弱的区域,划入核心区。核心区原则上禁止一切人为活动,保持生态系统的自然性,设立保护范围,禁止一切人为因素对自然生态的干扰,禁止一切与生态保护和提升生态系统质量无关的人为活动,禁止围填海等破坏滩涂的活动。

(2) 生态功能极重要、生态脆弱、一般脆弱和不脆弱的区域划入缓冲区。缓冲区应保持生态系统的自然性,禁止开发性、生产性建设活动,仅允许对生

态功能不造成破坏的有限人为活动。

(3) 生态功能重要、生态极脆弱和高脆弱的区域,划入修复区。应加强沿海滩涂的生态整治修复,恢复原有生态,提升抗干扰能力,促进退化生态系统恢复。可通过退围还海、退养还滩、退耕还湿等方式,逐步修复已经破坏的滩涂湿地。

(4) 生态功能重要、生态脆弱、一般脆弱和不脆弱的区域,划入预防区。应控制开发强度,实施协调保护,防止生态遭受破坏,禁止围填海等破坏区域生态功能的开发利用活动,在符合现行法律法规前提下,除国家重大战略项目外,仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

5 结论

(1) 从沿海滩涂生物多样性维持、物种生活史特殊性和生态功能重要性 3 个方面,构建了生态服务功能重要性识别方法;基于暴露度、敏感度和适应度,构建了生态脆弱性评价指标体系和评价方法,并以江苏沿海滩涂作为研究区,评价了沿海滩涂生态服务功能重要性和生态脆弱性,最后综合生态服务功能重要性和生态脆弱性评价了沿海滩涂生态重要性。评价结果能够反映沿海滩涂保护的重点区域,与现有的生态保护区、海洋生态保护红线重叠度较大,说明本方法在开展沿海滩涂生态重要性评价方面是可行的。

(2) 研究结果显示江苏沿海滩涂生态极重要区面积为 704.74 km²,占沿海滩涂总面积的 13.56%,生态重要区域面积为 1 865.07 km²,占沿海滩涂总面积的 35.90%。沿海滩涂生态极重要区空间分布上呈现“一带一区”分布,“一带”即沿着海岸线的近岸滩涂,“一区”是指盐城大丰、东台、如东外侧的黄渤海候鸟栖息地及外围辐射沙脊群,这些区域对于维护海洋生物多样性具有重要作用,同时也易受干扰容易产生区域性生态环境问题。

(3) 依据生态重要性评价结果,将沿海滩涂划分为核心区、缓冲区、修复区和预防区,实施分类分级保护。核心区原则上禁止与保护无关的一切人为活动;缓冲区应严格保护自然生态,保持生态系统的自然性,允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动;修复区应重点加强受损生态的整治修复,恢复生态自然状况;预防区应控制开发强度,实施协调保护,预防生态遭受破坏。

参考文献:

- [1] HALPERN B, WALBRIDGE S, SELKOE K, et al. A global map of human impact on marine ecosystem [J]. *Science*, 2008, 321(5895): 948-952.
- [2] 赖敏,蒋金龙,欧阳玉蓉,等.海洋资源环境承载力评价研究进展[J]. *生态经济*, 2021, 37(1): 164-171.
- [3] 傅明珠,张朝晖,王宗灵,等.海洋生态重要性区域的内涵与识别方法研究——以黄河口为例[J]. *海洋学报*, 2016, 38(10): 22-33.
- [4] 李东旭.海洋主体功能区划理论与方法研究[D].青岛:中国海洋大学,2011.
- [5] 国家海洋局.海洋主体功能区划技术规程:HY/T 146—2011[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [6] 牛叔文,李永华,马利邦,等.甘肃省主体功能区划中生态系统重要性评价[J]. *中国人口·资源与环境*, 2009, 19(3): 119-124.
- [7] 石雪.基于生态功能重要性的生态保护红线划定技术研究[D].长沙:湖南师范大学,2018.
- [8] 杨帆,李纯斌,吴静,等.基于生态系统服务功能重要性及生态敏感性分析的生态空间分布与保护方向研究[J]. *国土与自然资源研究*, 2020(5): 19-25.
- [9] DUNSTAN P K, BAX N J, DAMBACHER J M, et al. Using ecologically or biologically significant marine areas (EBSAs) to implement marine spatial planning [J]. *Ocean & Coastal Management*, 2016, 121: 116-127.
- [10] 潘方杰,王宏志,宋明洁,等.基于GIS的国家重点生态功能区生态空间识别研究——以湖北长阳县为例[J]. *华中师范大学学报(自然科学版)*, 2020, 54(4): 658-669.
- [11] 熊善高,秦昌波,于雷,等.基于生态系统服务功能和生态敏感性的生态空间划定研究——以南京市为例[J]. *生态学报*, 2018, 38(22): 7899-7911.
- [12] 邓得玲,杜敏洁,童立珺.基于生态系统格局及生态系统服务功能变化的青海省生态重要性评估[J]. *资源环境与工程*, 2023, 37(4): 420-429.
- [13] 刘智方,唐立娜,高莉洁,等.生态系统服务模型应用的研究[J]. *环境科学与技术*, 2016, 39(S1): 387-392.
- [14] 张立伟,傅伯杰,吕一河,等.基于综合指标法的中国生态系统服务保护有效性评价研究[J]. *地理学报*, 2016, 71(5): 768-780.
- [15] 黄心怡,赵小敏,郭熙,等.基于生态系统服务功能和生态敏感性的自然生态空间管制分区研究[J]. *生态学报*, 2020, 40(3): 1065-1076.
- [16] 贾元童,崔骁勇,刘月仙,等.内蒙古自治区干旱脆弱性评价[J]. *生态学报*, 2020(24): 1-13.
- [17] DEROUS S, STEVEN D, HANS H, et al. A concept for biological valuation in the marine environ-

- ment[J]. *Oceanologia*, 2007, 49(1): 99-128.
- [18] 林金兰. 近岸海域生物多样性保护优先区确定技术方法研究[D]. 厦门:国家海洋局第三海洋研究所, 2013.
- [19] 许妍,梁斌,兰冬东,等. 小尺度海洋生态功能分区指标体系与技术方法研究——以长兴岛近海海域为例[J]. *海洋科学*, 2013, 37(6): 89-94.
- [20] 廖建基. 重要海洋生态功能区选划技术方法研究[D]. 厦门:国家海洋局第三海洋研究所, 2015.
- [21] HINKEL J. Indicators of vulnerability and adaptive capacity: towards a clarification of the science-policy interface[J]. *Global Environmental Change*, 2011, 21(1): 198-208.
- [22] 张长宽,陈君,林康,等. 江苏沿海滩涂围垦空间布局研究[J]. *河海大学学报(自然科学版)*, 2011, 39(2): 206-212.
- [23] 陈甘霖. 海洋空间规划技术在小尺度海洋生态红线区划中的应用[D]. 厦门:国家海洋局第三海洋研究所, 2016.
- [24] ASSESSMENT M E. *Ecosystem and human well-being*[M]. Washington DC: Island Press, 2005.
- [25] 国家环境保护总局. 生态功能区划暂行规程[Z]. 北京:国家环境保护总局, 2002.
- [26] 胡文佳,陈彬,ARNUPAP P,等. 珊瑚礁生态脆弱性评价——以泰国思仑岛为例[J]. *生态学杂志*, 2020, 39(3): 979-989.
- [27] 陈爱莲,朱博勤,陈利顶,等. 双台河口湿地景观及生态干扰度的动态变化[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(5): 1120-1128.
- [28] 孙永光,赵冬至,吴涛,等. 河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例[J]. *生态学报*, 2012, 32(12): 3645-3655.
- [29] 况琪军,马沛明,胡征,等. 湖泊富营养化的藻类生物学评价与治理研究进展[J]. *安全与环境学报*, 2005(2): 87-91.
- [30] 国家海洋环境监测中心. 近岸海洋生态健康评价指南:HY/T 087—2005[S]. 北京:中国标准出版社, 2005.
- [31] 石晓雨,余静,曾容,等. 基于生态重要性评价的福建海洋保护格局优化研究[J]. *海洋通报*, 2022, 41(2): 232-239.

(责任编辑:李琴,秦海明 实习编辑:易圣杰)

郑重声明

为了适应我国信息化建设发展的需要,有力地促进科研学术信息交流和信息资源开发利用的有效性,严肃科学研究成果发布的科学化和规范化,从根本上杜绝和防范学术不端行为发生,打击学术成果造假和学术剽窃,本刊根据已先后加入《中国核心期刊(遴选)数据库》《中国期刊网》《中国学术期刊(光盘版)》《中国学术期刊综合评价数据库》“万方数据网”和“万方数据——数字化期刊群”,以及《中文科技期刊数据库》《教育阅读网》全文收录期刊序列的实际情况,从2011年6月30日起,正式签约并执行“《中国学术期刊网络出版总库》删除学术不端文献暂行办法”(简称《暂行办法》)。同时在此郑重声明,本刊根据《暂行办法》的规定,要求投稿本刊的所有作者应自觉查阅和遵守相关规定要求,并按照文责自负的原则对所投稿件承担相应学术责任,一经“学术不端文献检测系统”(简称 AMLC)检测发现有严重抄袭、一稿多投,或不当署名、伪造、篡改等学术不端行为者,均在本刊所加入的文献收录数据库和文献资料信息存储单位中自动删除该文献,并在此基础上由作者承担因学术不端行为所造成的其他后果。

特此声明,望所有投稿本刊的作者充分理解和自觉遵守,同时知会其他同行和好友悉知。

《江苏海洋大学学报(自然科学版)》编辑部