引文格式：柴燕妮,张浩,高旭翔,等. 利用地理国情数据分析长江沿岸人为干扰度[J]. 地理空间信息, 2024, 22(7): 68-71. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.07.015

利用地理国情数据分析长江沿岸人为干扰度

柴燕妮[1]，张　浩[1*]，高旭翔[1]，王　丹[1]
（1. 江苏省基础地理信息中心，江苏 南京 210013）

摘　要：为了解近年来长江沿岸人为干扰变化情况，基于江苏省地理国情数据，结合人为干扰理论，利用GIS、RS技术，从时空视角分析了2015—2020年长江苏州段1 km沿岸区域的人为干扰动态变化情况。结果表明：①区域内地表覆盖呈现“生态用地—建设用地—农业用地”协调发展的分布特征，生态保护修复成效显著；②区域内人为干扰总强度以重度干扰和中度干扰为主，整体变化较平稳，变化剧烈区域零星分布在生态修复重点区域和一些大型码头周边。由此可知，定量分析长江流域的人为干扰情况，对评估长江大保护成效具有积极意义。

关键词：人为干扰度；地表覆盖分类；生态环境；长江苏州段
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）07-0068-04

Hemeroby Index Analysis Along the Yangtze River Based on Geographical Conditions Data

CHAI Yanni[1], ZHANG Hao[1], GAO Xuxiang[1], WANG Dan[1]
(1. Provincial Geomatics Centre of Jiangsu, Nanjing 210013, China)

Abstract: In order to understand the changes of hemeroby index along the Yangtze River in recent years, based on the geographical conditions data of Jiangsu Province, combining with the human interference theory, we used GIS and RS technologies to analyze the dynamic changes of hemeroby index within 1 km along the Yangtze River in Suzhou from 2015 to 2020. The results show that ①the land cover presents the coordinated distribution characteristics of “ecological land-construction land-agricultural land”, and the ecological protection and restoration effects are remarkable. ②The total hemeroby index is dominated by severe and moderate hemeroby, and the overall change is relatively stable. The areas with severe changes are scattered in the key areas of ecological restoration and around some large docks. It can be seen that quantitative analysis of hemeroby index along the Yangtze River has positive significance for evaluating the protection effectiveness of the Yangtze River.

Key words: hemeroby index, land cover classification, ecological environment, Yangtze River in Suzhou

干扰普遍存在于自然界中，包括人为干扰和非人为干扰[1]。随着人口扩张和经济膨胀，人为干扰对生态环境的影响日益增强，已远远超过非人为干扰[2]。Jalas J[3]首次提出人为干扰理论，随后Sukopp H[4]将其引入生态学领域，提出“degree of hemeroby”的概念，用于综合评价人类活动对生态系统的干扰；李迈和[5]等将“degree of hemeroby”译为“生态干扰度”，作为评价植被自然程度的方法之一；陈爱莲[6]等最早建议将其译为“人为干扰度”。地表覆盖/土地利用作为人类活动最直观的表现形式，是定量研究人为干扰对生态环境扰动的最优方式之一[7]。近年来学者们利用地表覆盖/土地利用数据对森林、湿地、流域等生态环境脆弱区和重点生态修复区的人为干扰情况进行了大量研究[1-2,6,8-10]。长江流域生态系统独特，不仅是经济发展的重点区域，也是生态保护与修复的重要地区[11]，但对于长江流域及其沿岸区域的人为干扰状况却鲜有研究。地理国情地表覆盖分类数据遵循“所见即所得”的原则，基于高分辨率遥感影像，融合多源数据，通过内外业相结合的技术手段形成的综合性数据比利用Landsat和SPOT5影像得到的土地利用数据分类更精细，可靠性和权威性更高[12-13]，但其在人为干扰方面的应用较少。因此，本文以长江苏州段为例，利用2015—2020年地理国情地表覆盖分类数据，分析了长江沿岸1 km范围内的人为干扰度动态变化情况，以期为整个长江流域的人为干扰研究提供参考。

收稿日期：2023-01-28。
项目来源：苏州市生态保护红线重点区域监测项目（SZLJ2021-C-010）；江苏省自然资源科技计划资助项目（JSZRKJXM2021053）。
第一作者简介：柴燕妮（1991—），硕士研究生，工程师，主要研究方向为数据挖掘、国土空间监测，E-mail：1959568171@qq.com。
通信作者：张浩（1988—），硕士研究生，高级工程师，主要研究方向为智慧城市、国土空间监测，E-mail：zhanghaonju@163.com。

1　研究区概况与数据来源

1.1　研究区概况

长江苏州段是长江入海前江海交汇的最后一段，上游与江阴交界、下游与上海交界，全长约158 km，岸线资源优良，开发条件优越。随着经济高速发展，城镇开发强度逐渐增强，张家港、常熟、太仓等苏州沿江3市的沿岸区域是污染治理、生态修复的重点地区[14]。

1.2　数据来源与处理

2015—2020年长江苏州段地理国情地表覆盖分类数据和高分辨率遥感影像数据均从江苏自然资源相关部门获取，坐标系采用CGCS2000。为有效降低统计单元差异对结果的影响，直观揭示区域内部人为干扰度的动态变化规律，将统计单元细化到格网尺度[15-16]；综合考虑研究区范围和地表覆盖分类数据采集要求，最终确定200 m×200 m的格网单元，并与地表覆盖分类数据进行叠加分析，探讨2015—2020年长江苏州段人为干扰度的动态变化特征。

2　研究方法

2.1　地表覆盖结构与变化

分析研究区地表覆盖分类面积、比例、净变化和单一动态度等，深入了解区域地表覆盖结构和变化特征[17-18]。单一动态度的计算公式为：

$$K_i = \frac{S_{bi} - S_{ai}}{S_{ai}} \times \frac{1}{\Delta T} \times 100\% \quad (1)$$

式中，S_{ai}、S_{bi}分别为研究初期、末期地表覆盖类型i的面积；ΔT为时间间隔。

2.2　人为干扰度动态变化

1）人为干扰度（HI）。不同地表覆盖类型体现人类活动对生态环境不同程度的干扰，根据研究区自然地理条件以及国内外学者[15-16,19]对于人为干扰度的研究成果，通过对不同地表覆盖类型赋值，制定人为干扰度赋值表（表1），并借助人为干扰度定量分析人为干扰强度。

表1　地表覆盖类型人为干扰度赋值表

人为干扰度等级	地表覆盖类型	相对值
H_1	冰川与常年积雪	1
H_2	乔木林、乔灌混合林、竹林、天然草被	2
H_3	灌木林、疏林、稀疏灌草丛、果园、茶园、桑园、橡胶园、荒漠裸露地表、河流、湖泊、海面	3
H_4	水田、绿化林地、人工幼林、人工草被、其他草被、水渠、水库、坑塘	4
H_5	旱地、苗圃、花圃、其他经济苗木、温室、大棚、沙障	5
H_6	水工设施、工业设施、城墙、固化池、其他构筑物、露天采掘场、堆弃物、其他人工堆掘地	6
H_7	房屋建筑区、铁路与道路、硬化地表、建筑工地	7

注：水田兼顾耕地生产和湿地保护两种功能，在调蓄洪水、净化水质、维持生物多样性等方面的作用不可忽视[20]，因此本文将耕地中水田与旱地的人为干扰度赋值区分开。

$$HI_k = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{S_i}{S} \times H_i\right) \quad (2)$$

式中，n为统计单元内地表覆盖类型数量；S_i为统计单元内覆盖类型i的面积；S为统计单元总面积；H_i为覆盖类型i的人为干扰度相对值[15]。

2）人为干扰总强度（THI）可反映研究期内人为干扰的总体情况，计算公式为：

$$\mathrm{THI} = \sum_{k=1}^{m}(HI_k \times w_k),\ w_k = HI_k \Big/ \sum_{k=1}^{m} HI_k \quad (3)$$

式中，w_k为第k年的权重；m为年份。

3）人为干扰平稳度（HSI）。相邻研究时相的HI相减的绝对值即为HSI，可表征相邻研究期内人为干扰的变化情况。HSI越大表明地表覆盖类型变化越剧烈，反之则越平稳。根据研究区实际情况，结合相关研究本文将HSI分为高度平稳（0≤HSI≤0.5）、中度平稳（0.5＜HSI≤1）、低度平稳（1＜HSI≤3）和不平稳（3＜HSI≤6）[8]。

3　研究结果与分析

3.1　地表覆盖格局与变化特征分析

由表2可知，2015—2020年长江苏州段沿岸1 km范围的主要地表覆盖类型为天然草被和水面，其次是建设用地（房屋建筑区、铁路与道路、硬化地表）和耕地（水田、旱地），2022年比例分别为23.03%、19.66%，整体呈现“生态用地—建设用地—农业用地”协调发展的分布态势。2015—2020年区域内荒漠与裸露地表、天然草被、水面和建筑工地的面积分别减少12.29 km^2、9.04 km^2、4.05 km^2和3.19 km^2；而林地和人工草被呈增长趋势，很大程度上是由于自长江经济带发展战略实施以来，苏州深入学习贯彻习近平生态文明思想，积极推动长江沿岸荒漠与裸露地表复绿、杂草区域清理和零散养殖水面整治等生态修复工作，并取得了良好的成效。

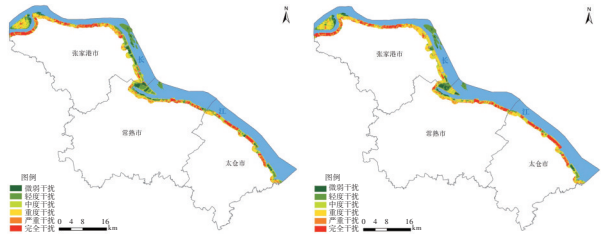
表2 长江苏州段沿岸1 km范围地表覆盖面积、比例及其变化

地表覆盖类型	2015年		2020年		2015—2020年	
	面积/km²	比例/%	面积/km²	比例/%	面积变化/km²	单一动态度/%
水田	18.44	8.32	30.15	13.61	11.71	12.71
旱地	13.75	6.21	13.41	6.05	−0.33	−0.49
果园	1.32	0.60	1.38	0.62	0.06	0.95
茶园	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
苗圃	4.76	2.15	4.87	2.20	0.11	0.44
乔木林	9.17	4.14	8.87	4.00	−0.30	−0.66
灌木林	0.21	0.10	0.33	0.15	0.12	11.06
乔灌混合林	1.59	0.72	1.60	0.72	0.02	0.21
竹林	0.07	0.03	0.06	0.03	−0.02	−4.79
绿化林地	0.21	0.10	0.58	0.26	0.37	34.42
人工幼林	1.13	0.51	3.15	1.42	2.02	35.71
天然草被	46.95	21.19	37.91	17.11	−9.04	−3.85
人工草被	3.36	1.52	6.60	2.98	3.24	19.31
其他草被	0.00	0.00	6.18	2.79	6.18	–
房屋建筑区	18.08	8.16	17.78	8.03	−0.29	−0.33
铁路与道路	12.21	5.51	12.65	5.71	0.43	0.71
硬化地表	18.55	8.37	20.59	9.29	2.04	2.21
水工设施	4.96	2.24	5.44	2.45	0.48	1.94
温室、大棚	1.45	0.65	0.89	0.40	−0.56	−7.67
固化池	0.34	0.15	0.34	0.15	−0.01	−0.35
工业设施	5.25	2.37	5.98	2.70	0.72	2.75
其他构筑物	1.38	0.63	2.26	1.02	0.88	12.70
露天采掘场	0.06	0.03	0.00	0.00	−0.06	−20.00
堆弃物	0.06	0.03	0.03	0.01	−0.02	−8.36
建筑工地	6.06	2.73	2.86	1.29	−3.19	−10.55
其他人工堆掘地	0.36	0.16	2.13	0.96	1.76	97.08
荒漠与裸露地表	20.33	9.18	8.05	3.63	−12.29	−12.08
水面	31.47	14.21	27.42	12.38	−4.05	−2.57
水渠	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	50.96

3.2 *HI* 动态变化特征分析

3.2.1 *HI* 特征分析

由图1、2和表3可知，2015—2020年长江苏州段沿岸1 km范围 *HI* 空间分布、面积和比例情况与THI情况基本一致，因此本文主要对THI情况进行分析。2015—2020年长江苏州段沿岸1 km范围重度干扰和中度干扰比例较高，分别占区域总面积的26.53%、22.82%，其中重度干扰离散分布在长江沿岸区域，中度干扰主要分布在张家港长江下游沿岸区域；轻度干扰、严重干扰和完全干扰比例均约为15%，轻度干扰主要分布在长江洲岛和铁黄沙生态岛西北部区域，严重干扰和完全干扰分布相对均匀；微弱干扰比例最小（3.49%），零星分布在双山岛东部、张家港湾、铁黄沙生态岛西部和长江洲岛中部区域。



a 2015年 b 2020年

图1 长江苏州段沿岸1 km范围 *HI* 空间分布特征

审图号：图苏E审(2023)076号

表3 长江苏州段沿岸1 km范围 *HI* 面积、比例及其变化

HI 分级	2015年		2020年		2015—2020年净变化		THI	
	面积/km²	比例/%	面积/km²	比例/%	面积/km²	比例/%	面积/km²	比例/%
微弱干扰	14.80	6.70	12.60	5.70	−2.2	−1.00	7.72	3.49
轻度干扰	50.23	22.73	34.07	15.42	−16.16	−7.31	37.73	17.07
中度干扰	40.68	18.41	40.31	18.24	−0.37	−0.17	50.43	22.82
重度干扰	52.97	23.97	68.39	30.95	15.42	6.98	58.62	26.53
严重干扰	29.74	13.46	31.18	14.11	1.44	0.65	36.25	16.41
完全干扰	32.55	14.73	34.42	15.57	1.87	0.84	30.22	13.68

3.2.2 *HI* 变化特征分析

由表3、4可知，2015—2020年长江苏州段沿岸1 km范围微弱干扰、轻度干扰和中度干扰呈减少趋势，重度干扰、严重干扰和完全干扰呈增加趋势，轻度干扰和重度干扰变化明显，其他等级干扰变化幅度较小。其中，轻度干扰面积减少16.16 km²，比例减少7.31%，分别向重度干扰、中度干扰和微弱干扰转移了3.66%、3.62%、2.18%；重度干扰面积增加15.42 km²，比例增加6.98%，转入来源为中度干扰（5.12%）、轻度干扰（3.66%）和严重干扰（2.60%）；微弱干扰减少1%，完全干扰和严重干扰分别增加0.84%和0.65%，中度干扰几乎未发生变化，仅减少0.17%。

表4 长江苏州段沿岸1 km范围不同等级HI转移矩阵/%

		2020年						总计	减少
		微弱干扰	轻度干扰	中度干扰	重度干扰	严重干扰	完全干扰		
2015年	微弱干扰	3.46	1.12	0.76	0.90	0.08	0.37	6.69	3.23
	轻度干扰	2.18	12.21	3.62	3.66	0.37	0.68	22.72	10.52
	中度干扰	0.04	1.64	10.30	5.12	0.74	0.58	18.42	8.11
	重度干扰	0.00	0.20	2.82	17.77	2.53	0.65	23.97	6.20
	严重干扰	0.00	0.16	0.38	2.60	8.92	1.39	13.45	4.53
	完全干扰	0.02	0.09	0.36	0.89	1.47	11.90	14.73	2.83
	总计	5.70	15.42	18.24	30.94	14.11	15.57		
	新增	2.24	3.2	7.95	13.18	5.19	3.68		

3.2.3 HSI度特征分析

由图3、表5可知，2015—2020年长江苏州段沿岸1 km范围HSI主要为高度平稳，中度平稳和低度平稳比例相差不大，不平稳占比最少。高度平稳区域均

衡分布在长江苏州段沿岸；中度平稳区域集中分布在铁黄沙生态岛及其周边，该区域自2017年开始生态修复，地表覆盖类型由裸露地表转化为草地；低度平稳区域主要分布在张家港长江下游沿岸，主要是由于该区域原先的沙质地表/泥土地表和杂乱的荒草地经整顿和修复后转变为水田/旱地；不平稳区域呈点状分布在一些大型码头周边，主要是码头扩建占据了附近的荒草地。整体看来，2021—2020年长江苏州段沿岸1 km范围大部分区域的地表覆盖变化较平稳，变化剧烈区域主要是由于生态修复、码头扩张等原因，使得裸露地表、荒草地治理后转变为水田、旱地、硬化地表等。

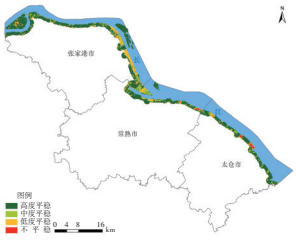


图2　THI空间分布特征
审图号：图苏E审(2023)076号

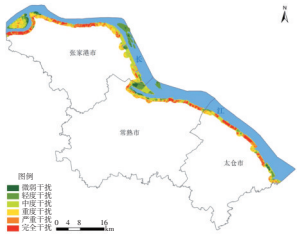


图3　HSI空间分布特征
审图号：图苏E审(2023)076号

表5　长江苏州段沿岸1 km范围HSI面积与比例

平稳度分级	面积/km²	比例/%
高度平稳（0≤HSI≤0.5）	153.57	69.50
中度平稳（0.5＜HSI≤1）	31.56	14.28
低度平稳（1＜HSI≤3）	31.59	14.30
不平稳（3＜HSI≤6）	4.25	1.92

4　结　语

本文基于江苏省地理国情地表覆盖分类数据，分析了2015—2020年长江苏州段沿岸1 km范围的地表覆盖格局及其变化情况，并进一步分析了区域内*HI*动态变化特征。结果表明：①研究区地表覆盖呈现“生态用地—建设用地—农业用地”协调发展的分布特征，荒漠与裸露地表、荒草地、零散养殖水面等类型呈减少趋势，长江沿岸生态保护修复工作成效显著；②研究区THI以重度干扰和中度干扰为主，期间整体变化较平稳，轻度干扰和重度干扰变化幅度较大，变化剧烈区域零星分布在张家港湾、铁黄沙生态岛等生态修复重点区域和一些大型码头周边。

长江流域生态地位突出，自长江经济带发展战略实施以来，中央有关部门和沿江省市越来越关注长江流域的生态修复和环境保护情况，因此定量分析长江流域的人为干扰度对评估长江大保护成效具有积极意义。今后可将研究范围扩展到长江江苏段乃至整个长江流域，系统探讨长江沿岸人为干扰度变化特征，为今后长江经济带发展战略实施提供服务支撑和数据参考。

参考文献

[1] 于立忠,朱教君,闫巧玲,等. 森林干扰度评价方法及应用:以中国科学院沈阳应用生态研究所清原森林生态实验站为例[J]. 中国生态农业学报,2010,18(2):388-392

[2] 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):3 645-3 655

[3] Jalas J. Hemerobie und Hemerochore Pflanzenarten-ein Terminologischer Reformversuch[J]. Acta Soc Fauna Flora Fenn,1955,72(11):1-15

[4] Sukopp H. Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluss des Menschen[J]. Berichte ueber Landwirtschaft,1972,50:112-139

[5] 李迈和,Norbert K,杨健. 生态干扰度:一种评价植被天然性程度的方法[J]. 地理科学进展,2002,21(5):450-458

[6] 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):1 120-1 128

[7] 何春阳,张金茜,刘志锋,等. 1990—2018年土地利用/覆盖变化研究的特征和进展[J]. 地理学报,2021,76(11):2 730-2 748

[8] 肖翠,解雪峰,吴涛,等. 浙江西门岛湿地景观格局与人为干扰度动态变化[J]. 应用生态学报,2014,25(11):3 255-3 262

[9] 吕金霞,蒋卫国,王文杰,等. 基于移动窗口法雄安新区湿地景观演变及其与人为干扰间的关系[J]. 国土资源遥感,2019,31(2):140-148

[10] 解若璠,沈永明,劳桦. 基于人为干扰度的盐城滨海湿地景观格局动态变化及响应[J]. 生态学杂志,2022,41(2):351-360

[11] 张倪. 以生态优先绿色发展为引领，推动长江经济带高质量发展[J]. 中国发展观察,2021(17):33-34

[12] 翟彦放,张惠,栗敏光,等. 基于地理国情数据的生态网络分析:以重庆市主城区为例[J]. 地理信息世界,2021,28(6):108-111

[13] 张丽平. 基于地理国情数据的城市土地利用变化及其地表降雨径流影响分析[D]. 济南:山东建筑大学,2022

[14] 钱宇宁. 长江(苏州段)环境风险源环境应急管理研究[D]. 苏州:苏州科技学院,2013

[15] 宋文杰,张清,刘莎莎,等. 基于LUCC的干旱区人为干扰与生态安全分析:以天山北坡经济带绿洲为例[J]. 干旱区研究,2018,35(1):235-242

[16] 曾兰,吴良林. 基于LUCC的生态环境人为干扰度分析:以广西巴马瑶族自治县为例[J]. 江西农业学报,2019,31(2):103-108

[17] 匡文慧,张树文,杜国明,等. 2015—2020年中国土地利用变化遥感制图及时空特征分析[J]. 地理学报,2022,77(5):1 056-1 071

[18] 李小根,段小芳,付景保,等. 基于GIS的丹江口水库土地利用/覆被动态变化特征分析[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版),2022,43(3):90-98

[19] Walz U，Stein C. Indicators of Hemeroby for the Monitoring of Landscapes in Germany[J]. Journal for Nature Conservation,2014,22(3):279-289

[20] 李超,程锋,郧文聚. 关于加强优质水田资源保护的思考[J]. 中国土地,2021(9):4-7