

长江岸线南京段生态系统服务 价值变化研究

王 萍¹, 殷京生², 吕玲玲³

(1. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029; 2. 南京市发展和改革委员会长江处, 江苏 南京 210008;
3. 河海大学商学院, 江苏 南京 210098)

摘要:以南京沿江两岸各 3 km 范围内的岸线为研究区域,利用遥感数据通过当量因子法计算 2010—2020 年研究区生态系统服务价值并探究其演变特征。结果表明:在研究期内,耕地、草地面积有不同程度减少,建设用地占比上升,水域和林地面积变化不大;研究区生态系统服务总价值呈现持续增长的趋势,单项生态系统服务价值呈现不同程度的增减变化,除土壤保持的价值量波动外,其余生态服务价值均保持增长态势。

关键词:长江岸线; 生态系统; 服务价值; 南京

中图分类号:TV213.4

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2021)11-0038-05

Study on change of ecosystem service value in Nanjing section of the Yangtze River shoreline

WANG Ping¹, YIN Jingsheng², LYU Lingling³

(1. Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Nanjing 210029, China;
2. Yangtze River Branch, Nanjing Municipal Commission of Development & Reform, Nanjing 210008, China;
3. Business College, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Taking the coastline within 3 km of both sides of the Yangtze River in Nanjing as the study area, the ecosystem service value of the study area from 2010 to 2020 was calculated by using the equivalent factor method based on remote sensing data and its evolution characteristics were explored. The results showed that during the study period, the area of cultivated land and grassland decreased to varying degrees, the proportion of construction land increased, and the area of water and forest land changed little. The total value of ecosystem services in the study area showed a trend of sustained growth, and the value of single ecosystem services showed varying degrees of increase and decrease. In addition to the fluctuation of soil value, the value of other ecosystem services remained increasing.

Key words: the Yangtze River shoreline; ecosystem; service value; Nanjing

长江沿线城市岸线作为港口、产业及城镇布局的重要载体,在沿江生态安全方面具有举足轻重的地位。南京是一座依江而建的城市,也是江苏省唯

一跨江布局的城市。长江南京段全长 97 km,岸线总长 280.82 km(含洲岛岸线),其中干流岸线 186.55 km。2016 年以来,南京深入推进 150 个长

收稿日期:2021-06-30

基金项目:国家重点研发计划“长江水资源开发保护战略与关键技术研究”(2019YFC0409000);江苏省水利厅重点科技项目“河湖岸线资源价值核算理论及方法研究”(2018017)

作者简介:王萍(1973—),女,高级工程师,主要从事水文水资源管理等工作。E-mail:107880504@qq.com

江干流岸线利用项目清理整治,全市共拆除干流岸线项目 160 个,拆除码头 37 个,整治“散乱污”企业 1 811 家,长江以南、绕城公路以内实现“零化工生产企业”,主城区 35 km 岸线生产功能基本退出。同时,南京推进还草还湿还林、滨江湿地保护修复、自然保护区建设等生态修复工程,落实长江“十年禁渔”决策,加强水生生物多样性保护,更好涵养长江南京段生态。2016 年以来,沿江干流两岸生态绿化贯通率达到 85% 以上。

当前,南京城市发展布局的主轴是长江、生态环境保护的重心在长江,产业转型升级的主战场也是围绕长江。如何深入践行新发展理念,立足长江南京段实际,统筹生产、生活、生态三大布局,走好生态优先、绿色发展的高质量发展新路子,是南京“十四五”规划的重要任务。本文针对长江岸线南京段,运用当量因子法分析 2010 年以来南京沿江岸线生态系统服务价值演变特征,旨在为进一步优化土地利用决策和统筹国土空间格局提供指导性建议。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

南京市地处我国东部、长江中下游,跨长江两岸,是东部沿海经济带与长江经济带战略交汇的重要节点城市。本文在南京市范围内长江干流和江心洲基础上向两岸扩展 3 km 作为研究区域,即长江岸线南京段。研究区内产业发展迅速、工业布局密集,同时也有较多的湿地滩涂和临江风光带。

1.2 数据来源

本研究从中国科学院资源环境科学与数据中心获取 2010 年、2015 年、2018 年及 2020 年共 4 期土地利用遥感监测数据。基于 ArcGIS 软件裁剪、重分类后得到研究区土地利用面积数据。根据《土地利用现状分类》(GB/T21010—2017)及长江岸线南京段实际情况,将土地分为耕地、林地、草地、水域、建设用地 5 类。研究区的社会、经济数据来源于南京市统计年鉴及统计公报。

1.3 生态系统服务价值评价方法

1.3.1 生态系统服务价值评估的理论基础

生态系统服务被定义为人类直接或间接从生态系统中获得的利益^[1],是连接自然侧和社会侧的桥梁^[2],对人类健康、生存和发展至关重要。为生态系统评估开发分类框架,将生态服务指标分为供应服务、调节服务、文化服务和支持服务 4 类^[3]。

生态系统服务价值评估是个重要议题,因为其价值量是地区可持续性判断的基础^[4],同时也使环境问题纳入发展决策成为了可能^[5]。从生态系统服务价值的角度,可以模拟生态保护、经济发展和耕地保护情景下快速城市化区域的生态安全格局变化,为协调区域可持续发展提供一定的思路^[6],流域生态系统服务价值变化评估可以为生态环境保护规划提供政策建议^[7]。

1.3.2 生态系统服务价值计算

本文从土地利用角度对耕地、林地、草地、水域和建设用地分别核算 5 类土地利用类型的单位面积生态价值,然后采用 Costanza 等^[1]的生态系统服务价值原理和方法对研究区生态系统服务价值进行评估,计算方法为

$$\begin{cases} V_{ES} = \sum_{i=1}^5 A_i \times V_{Ci} \\ V_{ES,k} = \sum_{i=1}^n A_i \times V_{Cki} \end{cases} \quad (1)$$

式中: V_{ES} 为研究区生态系统服务总价值,元; A_i 为第 i 种生态系统对应的生态系统类型面积, hm^2 ; V_{Ci} 为单位面积生态系统服务价值,元/ hm^2 ; V_{Cki} 为单项生态系统服务价值系数,元/ hm^2 ; $V_{ES,k}$ 为单项生态系统服务价值,元。

1.3.3 生态系统服务价值的分类修正

(1) 非建设用地生态系统服务价值系数修正

基于谢高地等^[8]2015 年修订的全国单位面积生态系统服务价值当量因子表,1 个标准当量因子表示全国平均产量的农田每年自然粮食产量的经济价值。结合南京市的实际情况,对非建设用地的生态系统服务价值进行产量因素修正和经济因素修正^[9-10],如公式(2)和公式(3)所示。参考公式(4)得出农田生态系统单位面积所提供食物生产服务的经济价值。此处为消除价格变动因素,选 2010 年为价格基准年(全国单位面积生态系统服务价值当量因子表的数据来源年)计算其他年份的粮食可比价。

$$\alpha = \sigma_t / \sigma_{at} \quad (2)$$

式中: α 为农田生态服务当量因子修正系数; σ_t 与 σ_{at} 分别为第 t 年研究区平均粮食产量和全国粮食产量。

$$\begin{cases} \beta = \rho \times \mu \\ \rho_i = I_{PCD,i} / I_{PCD,iave} \\ \mu = \omega / (1 + \zeta e^{-\lambda t}) \\ t = 1 / (E_n - 2.5) \end{cases} \quad (3)$$

式中: β 为经济因素修正因子; ρ 为基于支付能力的修正因子; μ 为基于支付意愿的修正因子; $I_{PCD,i}$ 为研究区第*i*年的居民人均可支配收入; $I_{PCD,ave}$ 为第*i*年全国居民人均可支配收入; t 为社会发展阶段; ω 、 ζ 、 λ 为皮尔曲线模型的参数,此处取常数值,分别为2、1、1; e 为自然对数; E_n 为第*t*年恩格尔系数。

$$D_t = (1/7) \times \sum_{i=1}^n (S_i P_i Q_i / M) \quad (4)$$

式中: D_t 为研究区第*t*年1个标准当量因子的生态系统服务价值,元/hm²; i 为研究区主要作物种类; S_i 为研究区第*i*种粮食作物的播种面积,hm²; P_i 为研究区第*i*种粮食作物的单价,元/kg; Q_i 为研究区第*i*种粮食作物的单位面积产量; M 为研究区粮食作物总面积,考虑在没有人力投入的自然生态系统提供的经济价值是现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的1/7^[11]。

(2) 建设用地生态系统服务价值系数修正

城市长江岸线范围内的建设用地对生态系统的开发利用强度一般都比较大,并产生了较强的负面效益,其影响主要体现在气体调节、水文调节和土壤保持3项生态系统服务的损失上。长江岸线南京段拥有重要的文化遗址或景观,城市用地中有丰富的公共服务用地,有必要对城市建设用地所提供的美学景观价值进行评估。景观美学价值量的估算相对困难,可以采用已有研究中的评估结果^[12]。水文调节价值量采用替代成本法评估,气体调节和土壤保持价值量采用防治成本法评估,计算公式为

$$\begin{cases} P_g = -Q_g \times C_g / S_c \\ P_w = -Q_w \times C_w / S_c \\ P_l = -Q_l \times C_l / S_c \end{cases} \quad (5)$$

式中: P_g 为建设用地大气调节的单位面积生态系统服务价值, Q_g 为废气排放量, C_g 为废气排污费, S_c 为建设用地总面积, P_w 为建设用地水文调节的单位面积生态系统服务价值, Q_w 为废水排放量, C_w 为废水排污费, S_c 为建设用地总面积, P_l 为建设用地土壤保持的单位面积生态系统服务价值, Q_l 为固体废弃物的排放量, C_l 为固体废弃物的排污费, S_c 为建设用地总面积。

2 结果与分析

2.1 土地利用变化时序分析

本研究区的生态系统类型结构变化(2010—2020年)见图1,2010—2020年研究区生态系统类

型数量特征见表1。由图1和表1可知,长江岸线南京段2010—2020年生态系统格局变化较为显著,但各类土地利用面积的变化幅度有很大差异。研究区内耕地、建设用地和水域是主要的土地利用类型,这3类用地合计占比在90%以上。其中,研究期内耕地面积占比持续下降,由37.13%下降至31.02%,5200 m²的面积转化为其他利用类型土地。建设用地面积占比持续增加,由28.08%上升至35.96%,面积增加了6700 m²。水域面积变化平稳,占比在25.23%~25.62%。

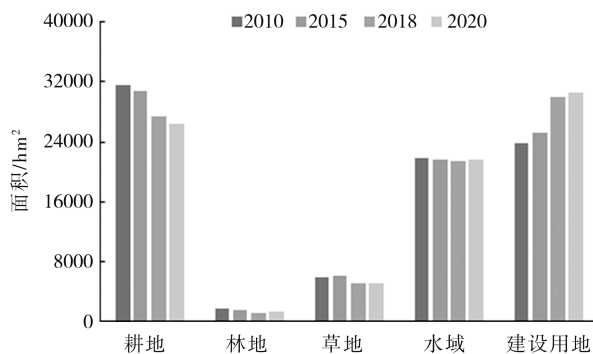


图1 研究区生态系统类型结构变化(2010—2020年)

研究区林地面积基数较小,面积变化呈现先下降后增加的趋势。前期面积下降200 hm²,中期面积下降400 hm²,后期面积上升200 hm²。与2010年相比,2020年林地面积减少明显,下降幅度达22.2%。草地面积前期保持稳定,在2015—2018年间有较大幅度减少,骤减了1000 hm²,在研究后期基本处于稳定状态。

2.2 生态系统服务总价值时序分析

2010—2020年研究区生态系统服务价值见表2,结合表2可知,在2010—2020年间长江岸线南京段生态系统服务价值变化有如下特征。

(1)从研究区历年生态系统服务价值构成来看,水域生态系统服务价值占比最高,其次是耕地。一方面是由于长江岸线特殊的地理位置,耕地和水域在研究区内的面积占比较大。另一方面因为水域的水资源供给、净化环境和水文调节这3项服务的单位面积价值量非常高,导致了水域生态系统单位面积 V_{ES} 最大。上述因素共同决定了水域 V_{ES} 占比最高,耕地次之。林地和草地的单位面积 V_{ES} 均高于耕地,但是面积较小,因此对应 V_{ES} 占比也较小。建设用地的 V_{ES} 负值体现了其对生态系统的负向作用,且作用明显,也是因为建设用地面积占比较大,且单位面积 V_{ES} 绝对值很大。

(2)从研究区生态系统服务价值总量的时序变

表 1 2010—2020 年研究区生态系统类型数量特征

生态系统 类型	2010 年		2015 年		2018 年		2020 年	
	面积/hm ²	百分比/%	面积/hm ²	百分比/%	面积/hm ²	百分比/%	面积/hm ²	百分比/%
耕地	31 600	37.13	30 700	35.95	27 400	32.16	26 400	31.02
林地	1 800	2.12	1 600	1.87	1 200	1.41	1 400	1.65
草地	6 000	7.05	6 100	7.14	5 100	5.99	5 100	5.99
水域	21 800	25.62	21 700	25.41	21 500	25.23	21 600	25.38
建设用地	23 900	28.08	25 300	29.63	30 000	35.21	30 600	35.96

表 2 2010—2020 年研究区生态系统服务价值

生态系统类型	生态系统服务价值/万元			
	2010 年	2015 年	2018 年	2020 年
耕地	37 573.49	44 986.22	44 040.68	44 388.79
林地	10 672.86	11 691.63	9 618.31	11 738.47
草地	21 787.93	27 298.65	25 034.79	26 188.45
水域	582 827.72	714 973.80	777 018.17	816 605.53
建设用地	-78 113.01	-63 423.07	-64 608.70	-64 839.68
合计	574 749.01	735 527.24	791 103.25	834 081.55

化来看,2010—2020 年间,长江岸线南京段生态系统服务价值呈现持续增长的趋势,其总价值共增加了 259 332.54 万元。初步认为是由于单位面积 V_{ES} 最大的水域面积基本保持稳定,单位面积 V_{ES} 较小的耕地面积持续下降,而且水域生态系统的单位面积 V_{ES} 逐年增长。建设用地的负面作用增长速度小于其他生态系统正向服务价值的增长速度,使得研究区生态系统服务总价值不断上升。

2.3 单项生态系统服务价值时序分析

2010—2020 年研究区单项生态系统服务价值见表 3,由表 3 可知,2010—2020 年研究区单项生态系统服务价值发生了如下的变化。

(1)从研究区单项生态系统服务量来看,每年度的单项生态系统服务价值中,水文调节、生物多样性、净化环境和气候调节价值量较高。主要是长江岸线这一特殊研究尺度,水域生态系统面积占总面积的 25% 左右。

(2)从研究区单项生态系统服务价值量的时序

变化来看,2010—2020 年单项生态系统服务价值呈现不同程度的增减变化,呈现“十增一波动”的态势。食物生产、原料生产、水资源供给、气体调节、气候调节、净化环境、水文调节、维持养分循环、生物多样性和美学景观价值量每年均呈现增长趋势。土壤保持的价值量在 2015 年负向作用达到最低点,这与 2015 年的工业固体废物排放量是研究期的最小值有关,而且建设用地没有到达增长高峰期。

3 结 论

(1)长江岸线南京段土地利用格局变化明显。在研究期内,耕地、草地面积有不同程度减少,建设用地占比上升,水域和林地面积变化不大,长江岸线保护依然任重道远。

(2)长江岸线南京段生态系统服务总价值呈现持续增长的趋势。在研究期内,其总价值共增加了 259 332.54 万元,南京城市发展水平推动了岸线生态价值水平的提升。

表 3 2010—2020 年研究区单项生态系统服务价值

生态系统服务		生态系统服务价值/万元			
		2010 年	2015 年	2018 年	2020 年
供给服务	食物生产	15 367.59	18 535.49	18 658.19	19 097.01
	原料生产	5 660.106	6 849.797	6 920.65	7 200.195
	水资源供给	23 790.93	29 538.29	33 583.72	35 943.93
调节服务	气体调节	16 996.57	1 9476.64	19 707.56	20 404.64
	气候调节	32 603.18	39 610.06	40 356.66	42 629.71
	净化环境	34 115.21	41 743.29	44 533.26	46 865.12
	水文调节	394 869.90	505 742.20	557 967.30	588 110.20
支持服务	土壤保持	-15 014.20	-7 063.20	-17 018.20	-17 003.50
	维持养分循环	2 595.56	3 133.374	3 143.641	3 242.961
	生物多样性	39 366.68	48 157.56	51 283	53 975.71
文化服务	美学景观	24 397.52	29 803.77	31 967.42	33 615.55

(3)长江岸线南京段单项生态系统服务价值呈现不同程度的增减变化,除土壤保持的价值量波动外,其余生态服务价值均保持增长态势。每年度的单项生态系统服务价值中,水文调节、生物多样性、净化环境和气候调节价值量占比较大。

参考文献:

- [1] COSTANZA Robert, D'ARCE Ralph, DE GROOT RUDOLF, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387(6630):253-260.
- [2] ALAMGIR Mohammed, TURTON Stephen M, MACGREGOR Colin J, et al. Assessing regulating and provisioning ecosystem services in a contrasting tropical forest landscape [J]. Ecol Indic, 2016(64):319-334.
- [3] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human-Well-Being: Synthesis [M]. Washington DC: Island Press, 2005.
- [4] COSTANZA ROBERT. Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability [J]. Ecosystem Services, 2020(43): 101.
- [5] 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, 7(3):260-272.
- [6] 李龙, 吴大放, 王芳, 等. 中国快速城市化区域生态系统服务价值预测及权衡研究——以佛山市为例 [J]. 生态学报, 2020, 40(24):9023-9036.
- [7] 吴一帆, 张璇, 李冲, 等. 生态修复措施对流域生态系统服务功能的提升——以潮河流域为例 [J]. 生态学报, 2020, 40(15):5168-5178.
- [8] 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(8):1243-1254.
- [9] 郭玉琬. 合肥都市圈土地生态系统服务价值与城镇化耦合关系研究 [D]. 徐州:中国矿业大学, 2018.
- [10] 李晓赛, 朱永明, 赵丽, 等. 基于价值系数动态调整的青龙县生态系统服务价值变化研究 [J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(3):373-381.
- [11] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估 [J]. 自然资源学报, 2003(2):189-196.
- [12] 张兴榆, 黄贤金, 赵小凤. 江苏省沿海地区土地利用变化的生态系统服务价值核算 [J]. 水土保持研究, 2015, 22(1):252-256.