

江苏省沿海地区土地利用变化的生态系统服务价值核算

张兴榆^{1,2}, 黄贤金², 赵小风^{3,4}

(1. 无锡市征地服务中心, 江苏 无锡 214023; 2. 南京大学 地理与海洋科学学院, 南京 210093;
3. 河海大学 公共管理学院, 南京 210098; 4. 河海大学 国土资源管理研究所, 南京 210098)

摘要:通过对江苏省沿海地区1990年、2000年、2009年三期遥感影像数据结果的分析,获取了江苏省沿海地区土地利用类型的信息,分析了研究年份该区域土地利用变化,对区域土地利用变化的生态系统服务价值进行了核算。结果表明:1990—2009年江苏省沿海地区耕地、建设用地及盐田面积分别增加了51.25,446.56,95.51 km²,其他地类面积处于减少状态,其中未利用地、水域、林地及湿地类型分别减少了288.80,199.42,68.07,37.03 km²;江苏省沿海地区生态系统服务总价值从1990年的172.0499亿元减少到2009年的166.3060亿元,其中,耕地、建设用地、盐田的生态服务价值分别增加了0.1825亿元、0.0738亿元、0.0158亿元,林地、水域、湿地及未利用地的生态服务价值分别减少了0.8596亿元、4.0650亿元、0.9111亿元、0.1803亿元。土地利用结构变化深刻影响区域生态系统服务价值,地方政府在制定相关发展规划时应统筹考虑土地利用结构变化带来的生态系统服务价值变化影响,优化土地利用结构,建立环境友好型土地利用格局。

关键词:生态系统服务价值;土地利用变化;沿海地区;江苏省

中图分类号:F301

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)01-0252-05

Calculation of Ecology Service Value of Land Use Change in Jiangsu Coastal Area

ZHANG Xingyu^{1,2}, HUANG Xianjin², ZHAO Xiaofeng^{3,4}

(1. Service Center of Land Expropriation, Wuxi, Jiangsu 214023, China;
2. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China;
3. School of Public Administration, Hohai University, Nanjing 210093, China;
4. Institute of Land Resources Management, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Through the analysis of remote sensing data of Jiangsu Coastal Area in 1990, 2000 and 2009, land-use types across the area were gathered, and the land-use changes over the years were tracked. Based on the sets of data, the value of ecosystem services resulted from the changes were calculated. During 1990—2009, the areas of arable land, construction land and salt pan increased by 51.25 km², 446.56 km² and 95.51 km², respectively, while the areas of other land types reduced, wherein the area of unused land, water area, woodlands and wetlands reduced 288.80 km², 199.42 km², 68.07 km² and 37.03 km², respectively. The total value of ecosystem services decreased from 17.205 billion yuan in 1990 to 16.631 billion yuan in 2009, therefore into the value of ecosystem services of arable land, construction land and salt pan increased by 18.25 million yuan, 7.38 million yuan and 1.58 million yuan, respectively. The values of ecosystem services of woodland, water area, wetlands and unused land reduced 85.96 million yuan, 406.5 million yuan, 91.11 million yuan and 18.03 million yuan, respectively. The results show that land use changes have the great impacts upon ecology service values. Therefore, the local governments should attach more importance to ecology when making relevant development plans, so as to optimize land use structure and make the land use pattern environment-friendly.

Keywords: ecology service value; land use change; coastal areas; Jiangsu Province

收稿日期:2014-03-24

修回日期:2014-04-20

资助项目:国家自然科学基金“基于分层视角的工业用地集约利用机理研究”(41201573)

第一作者:张兴榆(1982—),男,江苏丹阳人,博士、工程师,研究方向土地利用与规划。E-mail: xingyuzh@163.com

通信作者:黄贤金(1968—),男,江苏扬中人,教授、博导,主要从事自然资源与区域土地利用变化研究。E-mail: hxj369@nju.edu.cn

自从 1997 年 Costanza 科学地阐述了生态系统服务价值估算原理及方法,有关生态系统服务价值的研究逐渐成为学术界研究的热点。生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境和效用^[1]。生态系统服务价值是对生态服务功能强弱的一种量化和评价^[2]。在生态系统服务价值核算体系方面, Costanza 将其分为 17 类生态效益, Rodrigues J 将其分为环境服务、资源承载、污染降解和外部效用四种类型^[3], James Boyd 将生态系统服务纳入经济核算体系中^[4]。对生态服务价值的评价研究,开展了森林景观和娱乐价值^[5]、河流生态系统总经济价值^[6]、太平洋沿岸红树林价值^[7]、热带森林^[8]、土壤的生态服务价值^[9]等多方面的研究,此外, Felix Muller 等还剖析了生态系统价值与生态服务指标的关系,以及如何保持生态服务指标的稳定性^[10]。国内学者在借鉴该研究思路的基础上将生态服务价值核算拓展到更为广阔的领域,如三江源地区生态系统服务价值评估^[11-12]、小流域生态服务价值评估^[13-14]、渤海湾生态系统服务价值当量修订^[15]、公路建设对生态服务价值的影响^[16]、矿区生态服务价值^[17]、太湖流域重污染区土地利用变化的生态服务价值核算^[18]。然而,谢高地等认为 Costanza 的方法应用在中国的生态服务价值核算中存在着几个问题^[2]: (1) 耕地的生态服务价值单价被严重低估; (2) 适用于欧美发达国家的核算方法应用到发展中国家,生态系统服务价值将高估; (3) 生态服务中的调节服务价值、支持服务价值是间接的,难以用货币直接衡量; (4) 多项生态系统服务由于没有足够信息而没有被评估,导致核算价值较小。基于以上问题,谢高地在 2002 年和 2006 年对中国 700 位具有生态学背景的专业人员进行问卷调查,在此基础上提出了中国生态系统服务评估单价体系。目前,该评估体系已被广泛应用于生态系统服务价值核算研究,并取得了较好的研究成果,因此,本研究将该评估体系应

用于江苏省沿海地区土地利用变化的生态系统服务价值核算。

虽然国内对生态服务价值当量及部分典型区域土地利用变化的生态系统服务价值研究取得了一定的研究成果,但针对沿海地区土地利用变化引起的生态系统服务价值还缺乏应有的重视。尤其是江苏沿海开发国家战略的深入推进,社会经济的快速发展导致了土地利用结构的强烈变化。因此,对沿海地区土地利用变化的生态服务价值核算显得十分重要。通过对江苏省沿海地区 1990—2009 年土地利用变化的生态系统服务价值进行核算,量化区域土地利用变化的生态价值,评估土地利用变化的生态效应,以期江苏省生态文明建设以及社会经济又好又快发展提供依据和参考。

1 试验材料与方法

1.1 研究区域

江苏省沿海地区位于 31°41′—35°07′N, 118°24′—121°55′E, 处于我国东部沿海、沿长江和沿陇海兰新三大生产力布局主轴线的交汇区域,是长江三角洲的重要组成部分,区域总面积为 35 006.73 km², 包含连云港市、盐城市及南通市,其中盐城市总面积最大,达 16 972.42 km²。江苏省沿海地区地处北亚热带和暖温带的过渡气候类型,气温温和(年平均气温介于 8.9~15℃),雨量适中、湿润适度(年平均降水量介于 562~1 100 mm),光热水充足、无霜期长,四季分明,综合自然气候环境条件优越。

1.2 研究方法

江苏省沿海地区 1990—2009 年土地利用变化数据通过对研究区域遥感影像的解译与判读,提取三期(1990 年,2000 年,2009 年)研究区域的土地利用信息。不同土地利用类型所对应的生态系统,通过对已有研究成果的归纳总结,得到了应用于江苏省沿海地区生态系统服务价值核算的价值系数(表 1)。

表 1 不同土地利用类型的生态系统服务价值系数							元/(hm ² ·a)
指标	耕地	林地	水域	建设用地	盐田	湿地	未利用地
对应生态系统	农田	森林	河流、湖泊	城镇村建设用地	盐田	湿地、滩涂	荒废地
生态价值系数	3547.89	12628.69	20366.69	165.2	165.2	24597.41	624.25

注:建设用地、盐田所对应的城镇村建设用地系统及盐田系统的生态服务价值系数引自冉圣宏等的研究成果^[19-20]。

2 结果与分析

2.1 土地利用变化分析

江苏省沿海地区总面积为 35 006.73 km²,1990 年沿海地区耕地总面积为 26 362.89 km²,占区域总面积的 75.31%,建设用地规模为 3 088.55 km²,水域面积

为 3 406.73 km²,盐田面积为 1 182.09 km²,其余地类面积所占比例相对较小,林地、湿地及未利用地总面积为 966.47 km²,仅占区域总面积的 2.76%。1990—2009 年,江苏省沿海地区耕地面积总量增加了 51.25 km²,建设用地面积净增了 446.56 km²,同时面积增加的地类还有盐田,其总面积增加了 95.51 km²,其余地

类总面积处于减少状态,其中未利用地、水域、林地及湿地类型分别减少了 288.80 km²,199.42 km²,68.07 km²,37.03 km²。2009 年耕地总面积为 26 414.14 km²,建设用地规模为 3 535.11 km²,水域面积为 3 207.31 km²,盐田面积则达 1 277.60 km²,未利用地面积减少到 268.06 km²,其余地类面积变化幅度相对较小。总的看来,建设用地增长面积较大,未利用地及水域面积净减少较为明显,如图 1 所示。

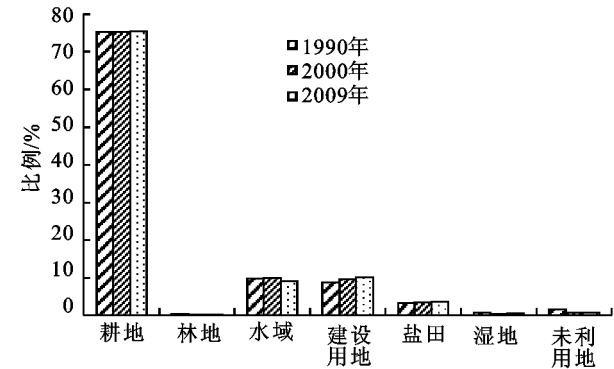


图 1 江苏省沿海地区土地利用结构

2.2 生态系统服务价值核算

对江苏省沿海地区生态系统服务价值核算结果进行分析:(1) 从研究的时间序列来看,沿海地区生态

系统服务价值从 1990 年的 172.049 9 亿元减少到 2009 年的 166.306 0 亿元,其中 1990—2000 年减少 1.04%,2000—2009 年减少了 2.32%,这主要是由于林地、水域及湿地等具有较高单位面积生态服务价值的土地利用类型面积不断减少的缘故;(2) 从土地利用类型构成来看,耕地、水域地类代表的农田、河流湖泊的生态服务价值较高,原因是由于耕地面积占有较大的比例,而水域的单位面积生态服务价值较高的缘故,而建设用地、盐田等地类的生态服务价值则相对较低。总的来看,耕地、建设用地、盐田的生态服务价值是增加的,林地、水域、湿地及未利用地的生态服务价值是减少的(表 2)。

对不同地类的不同生态服务功能价值进行分项核算,表中列出了生态系统的供给服务、调节服务、支持服务及文化功能等 4 个一级生态服务类型,其中,供给服务中包括食物生产和原材料生产两个二级服务类型,调节服务包括气体调节、气候调节、水文调节及废物处理 4 个二级服务类型,支持服务包括土壤保持、生物多样性两个二级服务类型,文化功能则体现了美学景观的二级服务类型。各项生态服务功能的单位面积价值系数见表 3,其中,数据缺失栏表示该生态系统无此项生态服务功能。

表 2 江苏省沿海地区不同土地利用类型的生态系统服务价值

年份	耕地	林地	水域	建设用地	盐田	湿地	未利用地	总计
1990	93.5320	2.1082	69.3873	0.5102	0.1953	5.9693	0.3476	172.0499
2000	93.5025	1.2732	70.9561	0.5590	0.2086	3.5905	0.1716	170.2616
1990—2000 变化量	-0.0294	-0.8350	1.5688	0.0488	0.0133	-2.3788	-0.1761	-1.7883
变化率/%	-0.03	-39.61	2.26	9.56	6.84	-39.85	-50.65	-1.04
2009	93.7145	1.2486	65.3223	0.5840	0.2111	5.0582	0.1673	166.3060
2000—2009 变化量	0.2120	-0.0246	-5.6338	0.0250	0.0024	1.4677	-0.0042	-3.9556
变化率/%	0.23	-1.93	-7.94	4.47	1.16	40.88	-2.46	-2.32

表 3 生态系统单位面积不同生态服务功能价值当量

元/(hm²·a)

一级类型	二级类型	农田	森林	河流湖泊	城镇村用地	盐田	湿地	荒漠
供给服务	食物生产	449.10	148.20	238.02	—	—	161.68	8.98
	原材料生产	175.15	1338.32	157.19	—	82.60	107.78	17.96
	气体调节	323.35	1940.11	229.04	—	—	1082.33	26.95
调节服务	气候调节	435.63	1827.84	925.15	—	—	6085.31	58.38
	水文调节	345.81	1836.83	8429.61	—	—	6035.90	31.44
	废物处理	624.25	772.45	6669.14	—	—	6467.04	116.77
支持服务	土壤保持	660.18	1805.38	184.13	—	—	893.71	76.35
	生物多样性	458.08	2025.44	1540.41	—	—	1657.18	179.64
文化功能	美学景观	76.35	934.13	1994.00	165.20	82.60	2106.28	107.78
合计		3547.89	12628.69	20366.69	165.20	165.20	24597.21	624.25

通过对江苏省沿海地区 1990 年、2009 年生态服务功能价值进行分项核算(表 4、5),结果显示,在两个计算年份中,耕地及水域类型提供的生态服务价值是整个生态系统总服务价值的主要构成来源,其中,1990 年耕地类型的 4 项一级功能类型的生态服务价

值分别为 16.456 9 亿元,45.582 2 亿元,29.480 4 亿元,2.012 8 亿元,2009 年则分别为 16.489 0 亿元,45.671 1 亿元,29.537 9 亿元,2.016 7 亿元。可以看出,耕地类型的一级生态功能类型的服务价值在年际变化中并不是很明显,耕地类型的调节服务功能价值

是最主要的生态服务价值,支持服务次之,文化功能最弱,而耕地类型的二级生态功能类型的服务价值较高的为食物生产、气候调节、废物处理及土壤保持、生物多样性等;水域类型在 1990 年的 4 项二级服务功能价值分别为 1.346 4 亿元,55.372 1 亿元,5.875 3 亿元,6.793 4 亿元,2009 年则分别为 1.267 6 亿元,52.128 2 亿元,5.531 1 亿元,6.395 4 亿元,可以看出,调节服务是水域类型的主要生态服务功能,且主要体现在水文调节和废物处理两类二级功能类型,水域类型以较小的面积提供较耕地类型为高的美学景观功能价值,体现出了水域类型在土地利用结构的重

要文化功能;另外,建设用地的生态服务价值功能主要体现在文化功能价值,盐田类型则主要体现了供给服务价值及文化功能价值,这两类用地类型提供的生态服务价值相对功能较为单一,且价值也相对较低;湿地类型的生态服务价值仅次于耕地和林地类型,其主要表现在调节服务功能价值方面,具体是气候调节、水文调节和废物处理功能;林地类型则能提供一定的调节服务和支持服务价值,且主要体现在气体调节、气候调节、水文调节及土壤保持、生物多样性等几个二级功能类型;未利用地的生态服务价值总量则相对较小,年际变化不明显。

表 4 沿海地区 1990 年土地利用类型的不同生态服务功能价值								亿元
一级类型	二级类型	耕地	林地	水域	建设用地	盐田	湿地	未利用地
供给服务	食物生产	11.8395	0.0247	0.8109	—	—	0.0392	0.0050
	原材料生产	4.6174	0.2234	0.5355	—	0.0976	0.0262	0.0100
	气体调节	8.5244	0.3239	0.7803	—	—	0.2627	0.0150
调节服务	气候调节	11.4844	0.3051	3.1519	—	—	1.4768	0.0325
	水文调节	9.1165	0.3066	28.7188	—	—	1.4648	0.0175
	废物处理	16.4569	0.1290	22.7211	—	—	1.5694	0.0650
支持服务	土壤保持	17.4041	0.3014	0.6273	—	—	0.2169	0.0425
	生物多样性	12.0762	0.3381	5.2480	—	—	0.4022	0.1000
文化功能	美学景观	2.0128	0.1559	6.7934	0.5102	0.0976	0.5112	0.0600
合计		93.5320	2.1082	69.3873	0.5102	0.1953	5.9693	0.3476

表 5 沿海地区 2009 年土地利用类型的不同生态服务功能价值								亿元
一级类型	二级类型	耕地	林地	水域	建设用地	盐田	湿地	未利用地
供给服务	食物生产	11.8626	0.0147	0.7634	—	—	0.0332	0.0024
	原材料生产	4.6264	0.1323	0.5042	—	0.1055	0.0222	0.0048
	气体调节	8.5410	0.1918	0.7346	—	—	0.2226	0.0072
调节服务	气候调节	11.5068	0.1807	2.9672	—	—	1.2514	0.0156
	水文调节	9.1343	0.1816	27.0364	—	—	1.2412	0.0084
	废物处理	16.4890	0.0764	21.3900	—	—	1.3299	0.0313
支持服务	土壤保持	17.4381	0.1785	0.5906	—	—	0.1838	0.0205
	生物多样性	12.0998	0.2003	4.9406	—	—	0.3408	0.0482
文化功能	美学景观	2.0167	0.0924	6.3954	0.5840	0.1055	0.4331	0.0289
合计		93.7145	1.2486	65.3223	0.5840	0.2111	5.0582	0.1673

3 结 论

1990—2009 年江苏省沿海地区建设用地面积增长较快,未利用地及水域面积净减少趋势较为明显。生态系统服务价值从 1990 年的 172.049 9 亿元减少到 2009 年的 166.306 0 亿元,净减少 5.743 9 亿元。其中,耕地、建设用地、盐田的生态服务价值分别增加了 0.182 5 亿元,0.073 8 亿元,0.015 8 亿元,林地、水域、湿地及未利用地的生态服务价值分别减少了 0.859 6 亿元,4.065 0 亿元,0.911 1 亿元,0.180 3

亿元。耕地类型的调节服务功能价值是最主要的生态服务价值,支持服务次之,文化功能最弱,而耕地类型的二级生态功能类型的服务价值较高的为食物生产、气候调节、废物处理及土壤保持、生物多样性等;水域类型的主要生态服务功能为调节服务,且主要体现在水文调节和废物处理两类二级功能类型;建设用地的生态服务价值功能主要体现在文化功能价值,盐田类型则主要体现了供给服务价值及文化功能价值;湿地类型主要表现在调节服务功能价值方面,具体是气候调节、水文调节和废物处理功能;林地类型则能

提供一定的调节服务和支持服务价值,且主要体现在气体调节、气候调节、水文调节及土壤保持、生物多样性等几个二级功能类型;未利用地的生态服务价值总量则相对较小,年际变化不明显。本研究主要应用了谢高地等学者的生态系统服务价值核算体系,研究结果在一定程度上反映出了不同年份研究区域生态系统价值,但该核算体系中生态服务价值系数是面向国家尺度层面上提出的,因此应用于特定研究区域时,不可避免会对研究结果产生一定的偏差,在下一步的研究中,将针对研究区域实际情况对部分系数进行实地调查调整,以期更为精确地量化研究区域生态系统服务价值。

土地利用结构变化深刻影响区域生态系统服务价值。通过对江苏省沿海地区土地利用变化的生态系统服务价值核算,量化了研究区域土地利用结构变化导致的生态系统服务价值。研究区域作为国家级重大发展战略区域,土地利用结构变化较为剧烈,不同的土地利用结构势必会影响区域生态质量,因此,研究区域地方政府在制定相关发展规划时应统筹考虑土地利用结构变化带来的生态系统服务价值变化影响,优化土地利用结构,尽量控制生态系统服务价值较低的土地利用类型,增加高生态价值用地比重,突出土地生态功能,建立环境友好型土地利用格局,为区域经济社会生态持续健康发展做出贡献。

参考文献:

- [1] Costanza R, d'Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1998, 387(15): 253-260.
- [2] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. *自然资源学报*, 2008, 23(5): 911-919.
- [3] Rodrigues J, Domingos T, Conceição P, et al. Constraints on dematerialisation and allocation of natural capital along a sustainable growth path[J]. *Ecological economics*, 2005, 54(4): 382-396.
- [4] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units[J]. *Ecological Economics*, 2007, 63(2): 616-626.
- [5] Christie M, Hanley N, Warren J, et al. Valuing the diversity of biodiversity[J]. *Ecological Economics*, 2006, 58(2): 304-317.
- [6] Loomis J, Kent P, Strange L, et al. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey[J]. *Ecological economics*, 2000, 33(1): 103-117.
- [7] Lal P. Economic valuation of mangroves and decision-making in the Pacific[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2003, 46(9): 823-844.
- [8] Martínez M L, Pérez-Maqueo O, Vázquez G, et al. Effects of land use change on biodiversity and ecosystem services in tropical montane cloud forests of Mexico[J]. *Forest Ecology and Management*, 2009, 258(9): 1856-1863.
- [9] Dominati E, Patterson M, Mackay A. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils[J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(9): 1858-1868.
- [10] Müller F, Burkhard B. The indicator side of ecosystem services[J]. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 26-30.
- [11] 陈春阳, 戴君虎, 王焕炯, 等. 基于土地利用数据集的三江源地区生态系统服务价值变化[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(7): 970-977.
- [12] 戴君虎, 王焕炯, 王红丽, 等. 生态系统服务价值评估理论框架与生态补偿实践[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(7): 963-969.
- [13] 王友生, 余新晓, 贺康守, 等. 基于土地利用变化的怀柔水库流域生态服务价值研究[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(5): 246-251.
- [14] 李进鹏, 王飞, 穆兴民, 等. 延河流域土地利用变化对其生态服务价值的影响[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(3): 110-114.
- [15] 徐丽芬, 许学工, 罗涛, 等. 基于土地利用的生态系统服务价值当量修订方法: 以渤海湾沿岸为例[J]. *地理研究*, 2012, 31(10): 1775-1784.
- [16] 王天伟, 高照良, 李永红, 等. 土地利用类型变化对生态服务价值的影响[J]. *水土保持通报*, 2011, 31(3): 225-228.
- [17] 李保杰, 顾和和, 纪亚洲, 等. 基于 RS 和 GIS 的矿区土地利用变化对生态服务价值损益影响研究: 以徐州市九里矿区为例[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(5): 123-128.
- [18] 李冰, 毕军, 田颖. 太湖流域重污染区土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. *地理科学*, 2012, 32(4): 471-476.
- [19] 冉圣宏, 李秀彬, 吕昌河. 土地覆被及生态服务价值变化的多时间尺度模拟[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(10): 1113-1120.
- [20] 冉圣宏, 吕昌河, 贾克敬, 等. 基于生态服务价值的全国土地利用变化环境影响评价[J]. *环境科学*, 2006, 27(10): 2139-2144.