

文章编号: 1000-5862(2017)05-0538-08

# 鄱阳湖流域生态系统服务价值演变研究

朱治州 钟业喜\* 徐羽

(江西师范大学地理与环境学院 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室 江西 南昌 330022)

摘要: 基于鄱阳湖流域 2005 年、2010 年、2013 年土地利用数据, 利用 GIS 数据处理和空间分析技术、修正 Costanza 方法定量计算鄱阳湖流域生态系统服务价值, 系统地分析了鄱阳湖流域生态系统服务价值的基本特征和演变规律. 结果表明: 1) 鄱阳湖流域的生态系统服务价值呈现出持续增长的趋势, 2005 年、2010 年、2013 年全流域的生态系统服务价值总量分别为 3 935.94 亿元、5 855.94 亿元、7 215.37 亿元, 其中林地对生态系统服务价值的贡献率最大, 而水域面积的变化是影响生态价值变化的主要因素; 2) 各子流域中赣江流域的生态价值最高, 其次是鄱阳湖区, 而饶河流域的生态系统服务价值最低, 各流域内上中下游的生态价值分布特征也各有不同; 3) 鄱阳湖流域生态价值空间分布出现明显的不均衡性, 鄱阳湖及附近区域要远远高于其他地区, 而各流域之间的相对差距和绝对差距则是呈现先扩大后缩小的趋势.

关键词: 生态系统服务价值; 演变规律; 空间分布; 鄱阳湖流域

中图分类号: X 171.1 文献标志码: A DOI: 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2017.05.17

## 0 引言

生态系统服务是指生态系统形成和维持的人类赖以生存和发展的环境条件与效用, 人类能够通过生态系统的功能直接或间接得到的产品和服务, 其主要功能是供给功能、调节功能和文化功能, 以及对维持生态系统的其它功能<sup>[1]</sup>, 它是衡量一个地区能否实现可持续发展的核心指标<sup>[2]</sup>. 生态系统服务价值评估, 现已成为生态学界的重点, 是建立绿色国民经济核算体系的基础工作, 并且有助于人类福利及经济可持续发展. 鄱阳湖流域是全球水安全和生物多样性保护的关键区域之一<sup>[3]</sup>, 拥有丰富的生物多样性和物种资源<sup>[4]</sup>, 科学评估鄱阳湖流域的生态系统服务价值及其动态变化, 可为中国其他地区优化资源配置、协调经济与生态平衡发展提供借鉴<sup>[5]</sup>.

R. Costanza 等<sup>[6]</sup>开创性地建构了生态系统服务价值评价的理论和方法体系, 并成为迄今为止生态系统服务价值评估运用最为广泛的方法<sup>[7]</sup>. J. N. Abramovitz 等<sup>[8]</sup>指出, 生态系统服务具有广泛的经济价值, 但没有记录它们所提供的市场价值, 直到它们被耗尽. 而 U. P. Kreuter<sup>[9]</sup>进行了生态系统服务的时间序列研究, 确定了土地覆被类型的平行变化, 量

化积极土地覆被变化对圣安东尼奥市负面影响的潜在中和影响蔓延生态系统服务的价值. 与国外的研究相比, 中国生态系统服务功能或生态资产的研究相对要晚些, 谢高地等<sup>[10]</sup>结合中国实际对 R. Costanza 的评估方法进行修正, 制定了中国陆地生态系统单位面积生态系统服务价值表, 为我国区域生态系统服务价值评价提供了参考范例, 并得到普遍应用. 任平等<sup>[11]</sup>基于成都崇州市耕地实地采样数据和修正的 IBIS 模型测算数据, 对耕地生产有机质、调节大气、涵养水源、保持土壤和净化环境等 5 种自然生态系统服务价值进行测算, 对科学合理地确定耕地保护具有一定的指导意义. 陈青峰等<sup>[12]</sup>构建了生态系统服务价值的动态测算模型, 引入动态度与相对变化率指数, 对怀来县内近 20 年各地类以及各乡镇生态系统服务价值的变化进行时空分异特征分析. 曹先磊等<sup>[13]</sup>从现代消费选择理论出发, 建立居民接受城市生态系统休闲娱乐服务的支付意愿模型, 采用 logit 模型等和实际调查数据, 分析了居民对温江区城市生态系统休闲娱乐服务的支付意愿及其影响因素, 并运用 CVM 方法对其休闲娱乐服务价值进行了测算, 发现城市生态系统具有较大的潜在休闲娱乐服务价值, 居民的收入和受教育程度对支付数量有影响.

目前区域的生态系统服务价值已受到许多学者

收稿日期: 2017-05-25

基金项目: 国家自然科学基金(41561025)和江西省重大生态安全问题监控协同创新中心(JXS-EW-00)资助项目.

通信作者: 钟业喜(1973-), 男, 江西赣州人, 教授, 博士, 主要从事经济地理与空间规划研究. E-mail: zhongyexi@126.com

的关注,不仅提出了各种测算数据模型和计算方法,而且取得了一定的学术成果,但是大规模的计算地区生态系统服务价值的研究比较欠缺,没有明显地突出区域内部的差异性.本文在参照生态系统服务研究的基础上,确定了适合鄱阳湖流域生态系统服务的评估指标体系和空间分布差异方法,评估结果为提高鄱阳湖流域生态与经济协调发展提供重要参考<sup>[14]</sup>.

## 1 研究区域与数据来源

### 1.1 研究区概况

鄱阳湖流域位于长江中下游南岸,属于亚热带温暖湿润季风气候,年平均气温为 17.9℃,年平均降雨量为 1 642 mm,它是具有中国典型代表性的内陆流域<sup>[15]</sup>.流域内三面环山、矿产丰富<sup>[16]</sup>、水系发

达.赣江流域、抚河流域、饶河流域、修河流域、信江流域和鄱阳湖区分别由南、东、西向北汇集,形成一个周高中低、向鄱阳湖倾斜的盆地,是我国南方重要的生态屏障<sup>[17]</sup>.鄱阳湖流域总面积 16.2 万 km<sup>2</sup>,其中在江西省的流域面积为 15.7 万 km<sup>2</sup>,占整个流域面积的 96.9%,占江西省国土面积的 93.9%<sup>[18]</sup>,其流域范围与江西省行政区高度吻合.由于两者边界的高度重合和数据的完整性,故采用江西省矢量地形数据和土地利用数据对鄱阳湖流域生态系统服务价值的动态变化和空间分布进行分析.

### 1.2 研究区划分

根据洪熊等<sup>[19]</sup>对鄱阳湖流域的划分方法,并考虑上栗县、芦溪县为独立县域研究单元,鄱阳湖流域的研究单元共 91 个县(市).划分结果如表 1 所示.

表 1 鄱阳湖流域区域范围划分情况

流域	分区	区域范围
抚河流域	上游	黎川县、南丰县、广昌县
	中游	南城县、宜黄县
	下游	抚州市、崇仁县、金溪县、东乡县
赣江流域	上游	赣州市、赣县、南康市、信丰县、大余县、上犹县、崇义县、安远县、龙南县、定南县、全南县、宁都县、于都县、兴国县、瑞金县、会昌县、寻乌县、石城县、遂川县、井冈山市
	中游	萍乡市、莲花县、吉安市、吉安县、峡江县、吉水县、新干县、永丰县、泰和县、万安县、安福县、永新县、乐安县
	下游	新余市、分宜县、宜春市、丰城市、高安市、樟树市、万载县、上高县、宜丰县
鄱阳湖区	内区	南昌县、新建县、进贤县、星子县、湖口县、都昌县、余干县、鄱阳县、九江市
	外环	南昌市、德安县、九江县、瑞昌市、彭泽县
饶河流域	上游	德兴市、婺源县、浮梁县
	下游	景德镇市、乐平市、万年县
信江流域	上游	上饶市、上饶县、广丰县、玉山县
	中游	铅山县、横峰县、弋阳县
	下游	鹰潭市、贵溪市、余江县、资溪县
修河流域	上游	铜鼓县、修水县
	中游	武宁县、奉新县、靖安县
	下游	永修县、安义县

赣江流域共 44 个县(市),抚河流域共 9 个县(市),信江流域共 11 个县(市),修河流域共 7 个县(市),饶河流域共 6 个县(市),由于其流域面积较小,将其只划为上游和下游,鄱阳湖区共 14 个县(市),分为内区和外环.

### 1.3 数据来源及处理

本研究采用的主要数据是江西省矢量地形图和 2005 年、2010 年、2013 年 3 年同时期的 Landsat TM/ETM 遥感影像.将地形图和遥感影像进行相应地校正处理,统一所有空间投影为双标准纬线等积圆锥投影.依据国土资源部 2007 年颁布的《土地利用现状分类(GB/T21010—2007)》,结合鄱阳湖区域当

地土地利用方式、特点和覆被等特征,将鄱阳湖区域用地类型划分为林地、草地、耕地、水域、建设用地、未利用地等 6 种用地类型.借助 ERDAS 软件,对遥感数据进行监督分类,得到鄱阳湖流域土地利用数据,总体解译精度达到 88% 以上.从国家基础地理信息系统数据中提出江西省所有县域、城区的行政边界图,将其作为参照,对全省土地利用数据进行划分,最后将得到江西省各个县的土地利用数据合并到“五河一区”.从江西省统计年鉴中查找到近 20 年全省的粮食单产数据以及 2005、2010 和 2013 年全省粮食平均价格数据,作为计算生态系统服务价值的重要参数.

## 2 研究方法

### 2.1 生态系统服务价值的评估方法

基于谢高地等<sup>[20]</sup>建立的“中国陆地生态系统服务价值当量表”根据“一个生态服务价值当量因子的经济价值量等于当年平均粮食单产市场价值的1/7”规则<sup>[21]</sup>,并结合鄱阳湖区域实际情况进行修正.为了保证数据的完整性,本研究以森林—林地、草地—草地、农田—耕地、水体—水域、荒地—未利用地的形式将不同土地利用类型与相应的生态系统类型对应起来<sup>[22]</sup>,从而得到鄱阳湖区域土地利用类型价值系数.生态系统服务价值评估以 R. Costanza 等<sup>[6]</sup>的研究方法为基础,计算公式为

$$E_{SV} = \sum A_k \times V_{Ck}, \quad (1)$$

其中  $E_{SV}$  为该研究区域生态系统服务价值总量,  $A_k$  为第  $k$  类土地利用类型的面积 ( $\text{hm}^2$ ),  $V_{Ck}$  为第  $k$  类土地利用类型对应的生态系统服务价值系数.

### 2.2 标准差指数和变异系数

为反映流域间生态系统服务价值的差距,引入标准差指数和变异系数方法,其常用于从相对和绝对意义上测度区域间经济差距,此方法同样适用于测度流域间生态系统服务价值的差距,测度公式为

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^N (Y_i - Y_0)^2 / N}, V = S / Y_0,$$

其中  $Y_i$  为第  $i$  个流域的单位面积生态价值量,  $N$  为流域个数,  $Y_0$  为全流域的单位面积生态价值量.  $S$  值越大表示流域间相对差距越大;  $V$  值越大表明流域间绝对差距越大.

### 2.3 敏感性指数

为验证修正后的生态系统服务价值估算的准确性及合理性,利用敏感性指数分析鄱阳湖区域生态

服务价值随时间变化对生态价值系数变化的依赖程度<sup>[23]</sup>.将各土地利用类型的生态价值系数分别调整 50% 得到相应的敏感性指数,计算公式为

$$C_s = \frac{(E_{SVj} - E_{SVi}) / E_{SVi}}{(V_{Cjk} - V_{Cik}) / V_{Cik}},$$

其中  $E_{SVi}$  和  $E_{SVj}$  分别表示调整前后的生态系统服务价值,  $V_{Ci}$  和  $V_{Cj}$  分别表示调整前后的价值系数,  $k$  为某类土地利用类型.若  $C_s > 1$  则表明  $E_{SV}$  对  $V_C$  富有弹性,其准确度较差;若  $C_s < 1$  则表明  $E_{SV}$  对  $V_C$  缺乏弹性,若其准确度较高,且  $C_s$  越小,其结果越可信.

## 3 结果与分析

### 3.1 生态系统服务价值时空变化

#### 3.1.1 土地利用变化分析

由遥感解译数据得到 2005—2013 年鄱阳湖流域土地利用变化(见表 2).从表 2 可以看到,鄱阳湖区域以林地、耕地为主,其中林地面积约占整个流域的 56%,其次为水域和建设用地,草地和未利用地最少.从时间变化来看,耕地、草地和未利用地持续减少,其中百分比减少最快的是草地,从 2005—2013 年持续减少,共减少 21.95%;另一方面,耕地面积减少的最多,2005—2010 年减少 1 388.38  $\text{km}^2$ ,而 2010—2013 年又减少 2 633.29  $\text{km}^2$ ,年均减少 0.65%;与耕地减少相对应的是建设用地持续增加,2 个时间段分别增加了 1 767.68  $\text{km}^2$  和 1 117.59  $\text{km}^2$ ,共增加 39.01%,为变化幅度最大的土地类型.水域面积是先增后减,其先增加 7.64%,然后再减少 2.84%,最终增加了 411.12  $\text{km}^2$ ;与水域变化相对应的是林地,其变化为先减后增,其面积先减少 538.80  $\text{km}^2$ ,再增加 745.16  $\text{km}^2$ ,总体才增加 0.22%,基本保持相对稳定.

表 2 2005—2013 年鄱阳湖流域各土地利用面积及变化

$\text{km}^2$

土地利用类型	土地利用面积			2005—2010 年		2010—2013 年		2005—2013 年	
	2005 年	2010 年	2013 年	变化面积	变化率/%	变化面积	变化率/%	变化面积	变化率/%
林地	95 005.16	94 466.36	95 211.52	-538.80	-0.57	745.16	0.79	206.36	0.22
耕地	51 047.11	49 658.73	48 413.82	-1 388.38	-2.72	-1 244.91	-2.51	-2 633.29	-5.16
草地	2 901.90	2 527.32	2 264.97	-374.59	-12.91	-262.34	-10.38	-636.93	-21.95
水域	8 979.71	9 665.48	9 390.83	685.77	7.64	-274.65	-2.84	411.12	4.58
建设用地	7 396.35	9 164.03	10 281.62	1 767.68	23.90	1 117.59	12.20	2 885.27	39.01
未利用地	1 465.75	1 313.86	1 238.17	-151.90	-10.36	-75.69	-5.76	-227.59	-15.53

从 2005—2013 年来看,鄱阳湖流域出现如此的

土地利用类型变化的最主要原因是人类频繁活动和

社会经济发展. 经济发展使得大量的耕地、草地和未利用地减少, 与此相反是建设用地的增加, 以供人类的活动需求. 当时江西省倡导的退耕还林、退田还湖政策使得部分地区水域面积增大, 但后来却抵不过社会发展所需建设用地.

3.1.2 生态系统服务价值动态变化分析 根据不同土地利用类型类型的面积和生态系统服务价值系数, 利用(1)式计算得到 2005—2013 年鄱阳湖流域的生态系统服务价值及其变化情况(见表 3). 2005 年、2010 年、2013 年全流域生态系统服务价值总量分别为 3 935.94 亿元、5 855.94 亿元、7 215.37 亿元, 出现持续增长的趋势. 2005—2010 年全流域生

态系统服务价值总量增加了 1 920.00 亿元, 增长了 48.78%, 在 2010—2013 年全流域生态系统服务价值总量又增加了 1 359.43 亿元, 增长率为 23.21%. 期间共增加了 3 279.43 亿元, 年均增长 10.42%. 2005—2010 年水域生态系统服务价值贡献率增长最快, 增加了 338.98 亿元, 贡献率也从 14.42% 增加到 15.48%. 尽管林地、草地、耕地面积略有减少(见表 2), 但其生态价值系数较低, 不足以影响整体增长的趋势. 2010—2013 年, 生态用地中除了林地略微的增加外, 其余全部都有不同程度的减少, 但是全流域的粮食平均价格的增长引起价值系数增大, 从而出现整体增长的情况.

表 3 不同用地类型生态系统服务价值变化

土地利用类型	$E_{sv}$ /亿元			百分比/%			变化率/%		
	2005	2010	2013	2005	2010	2013	2005—2010	2010—2013	2005—2013
林地	2 853.79	4 210.97	5 242.02	72.51	71.91	72.65	-0.57	0.79	0.22
草地	28.88	37.33	41.32	0.73	0.64	0.57	-12.91	-10.4	-21.96
耕地	484.92	700.05	842.96	12.32	11.95	11.68	-2.72	-2.51	-5.16
水域	567.49	906.47	1087.77	14.42	15.48	15.08	7.64	-2.84	4.58
建设用地	0	0	0	0	0	0	0	0	0
未利用地	0.85	1.13	1.31	0.02	0.02	0.02	-10.66	-5.5	-15.57
总计	3 935.94	5 855.94	7 215.37	100	100	100	0.26	-0.24	0.02

尽管经济发展, 建设用地迅速扩张, 人类活动更加频繁, 以及生态空间被压缩, 但是江西省当时所倡导的是退耕还林、退田还湖政策, 使整个流域的生态系统服务价值得以不断升高, 同时流域内粮食平均价格的增长也是其关键因素之一. 流域内土地利用类型增加最多的为水域, 由于其生态价值系数高而主导着生态系统服务价值变化.

从鄱阳湖各子流域(见表 4)的角度来看, 赣江流域的生态系统服务价值最高, 约占全流域的 52%, 其流域面积大为最主要的因素; 其次是鄱阳湖区, 2005 年、2010 年和 2013 年鄱阳湖区的生态系统服务价值分别为 522.11 亿元、816.40 亿元和 979.14 亿元, 约占全流域的 13%, 鄱阳湖区内含鄱阳湖, 水域面积大, 从而生态系统服务价值较高; 单位面积生态系统服务价值最高的是修河流域, 2005—2013 年, 其单位面积生态系统服务价值从 25 198.89 元·hm<sup>-2</sup> 持续增加到 46 797.00 元·hm<sup>-2</sup>; 饶河流域的生态系统服务价值在各流域中最低, 约占全流域的 7%, 主要原因是其流域面积小, 水体含量不够丰富, 林地、草地等生态用地较少.

从鄱阳湖各子流域内(见表 5)的角度来看, 鄱阳湖区和饶河流域内的生态系统服务价值分布差异

最大, 极不均衡, 这也是土地利用差异最为显著的流域. 鄱阳湖区区内区和饶河流域上游的生态系统服务价值所占比例分别为 78.99% 和 71.73%, 并且随着时间的推移, 其子流域内生态系统服务价值差异不断扩大. 鄱阳湖区区内区多为鄱阳湖水域, 外环多为耕地和建设用地; 饶河流域上游多为林地, 下游则是建设用地居多, 这些因素造成了其子流域内生态系统服务价值巨大反差. 相反地, 抚河流域和信江流域内上中下游的生态系统服务价值比例均衡, 分别占比为 30% 左右, 其主要原因为流域内土地利用类型相似, 都以林地为主, 上中下游的面积也大致相同. 赣江流域的生态系统服务价值上游一家独大, 上中下游分布比例大约为 10:5:4, 上游囊括了整个赣州市行政区, 面积将近占了赣江流域的 50%, 因此面积成为影响赣江流域内生态系统分布的主要因素. 修河流域的生态系统服务价值上中游大同小异, 占据主导优势, 但下游只占 17% 左右, 上游修水、中游武宁都是生态系统服务价值高的地区, 其境内水系发达、林地分布广、总面积大. 总而言之, 流域内的生态系统服务价值差异的决定因素是土地利用类型和区域面积.

表4 2005—2013年鄱阳湖各子流域生态系统服务价值

流域	面积 /hm <sup>2</sup>	比例 /%	2005年		2010年		2013年	
			$E_{SV}$ /亿元	比例/%	$E_{SV}$ /亿元	比例/%	$E_{SV}$ /亿元	比例/%
抚河流域	1 514 573	9.07	352.33	8.95	518.59	8.86	638.06	8.84
赣江流域	8 824 933	52.82	2 048.50	52.05	3 012.35	51.44	3 736.57	51.79
鄱阳湖区	2 207 560	13.21	522.11	13.27	816.40	13.94	979.14	13.57
饶河流域	1 143 497	6.84	283.57	7.20	420.03	7.17	517.07	7.17
信江流域	1 487 424	8.90	344.03	8.74	509.26	8.70	628.83	8.72
修河流域	1 529 393	9.15	385.39	9.79	597.32	9.89	715.71	9.92

表5 2005—2013年鄱阳湖各子流域内生态系统服务价值

流域	分区	2005年		2010年		2013年	
		$E_{SV}$ /亿元	比例/%	$E_{SV}$ /亿元	比例/%	$E_{SV}$ /亿元	比例/%
抚河流域	上游	124.01	35.20	183.06	35.30	226.22	35.45
	中游	95.34	27.06	139.73	26.89	172.12	26.92
	下游	132.97	37.74	195.79	37.61	239.72	37.42
赣江流域	上游	1 093.43	53.38	1 617.92	53.71	2 027.04	54.25
	中游	549.63	26.83	809.09	26.85	993.57	26.58
	下游	405.45	19.79	585.33	19.42	715.96	19.15
鄱阳湖区	内区	405.31	77.63	644.84	78.99	769.18	78.56
	外环	116.80	22.37	171.56	20.99	209.96	21.42
饶河流域	上游	202.63	71.46	300.65	71.58	370.87	71.73
	下游	80.94	28.47	119.39	28.35	146.19	28.20
信江流域	上游	128.01	37.21	190.71	37.45	237.23	37.73
	中游	104.98	30.45	155.63	30.50	191.46	30.38
	下游	111.05	32.15	162.92	31.86	200.14	31.70
修河流域	上游	147.76	38.34	227.41	39.25	284.00	39.68
	中游	170.12	44.06	248.19	42.76	305.04	42.55
	下游	67.51	17.46	103.72	17.84	126.67	17.64

3.1.3 生态系统服务价值空间分布格局分析 为了更加深入研究生态系统服务价值的空间分异特征,在鄱阳湖流域内各土地利用类型面积的基础上,依据等间距系统采样方式将鄱阳湖区域划分为1 831个10 km×10 km的网格.基于网格采样法,计算每个网格样区的生态系统服务价值量,然后将网格要素转为点要素,以每个网格中心样点的价值量代替该网格的价值量,再对所有样点的生态系统服务价值进行克里金插值分析,得到鄱阳湖区域的生态系统服务价值空间分布结果.

根据生态系统服务价值空间分布图(见图1),可看到2005—2013年鄱阳湖及附近区域的生态系统服务价值要远远高于其他地区,其原因为鄱阳湖水体资源丰富,而水域的生态价值系数较高.在修河流域内也出现了小范围的“深灰色”高值聚集区,其境内水体充足,林地覆盖度高,所以生态系统服务价值一直居高不下.然而在鄱阳湖区、赣江流域、抚河流域交界处出现明显低于周围的低值区.赣江、抚河

在这里交汇注入鄱阳湖,从而形成了以南昌为中心的都市区,这一区域经济发达、人类活动频繁,土地类型以建设用地为主,生态用地缺乏,导致生态系统服务价值偏低.从空间分布来看,鄱阳湖流域生态系统服务价值分布出现明显的不均衡性.

### 3.2 鄱阳湖区域内生态价值差距总体分析

通过计算鄱阳湖流域内各流域的标准差指数和变异系数,可以得到标准差指数和变异系数表(见表6).从标准差指数来看,发现鄱阳湖流域2005—2013年标准差指数呈现先增后减的趋势,先由878.52上升到2 031.58,年均增长达230.61,之后又下降到1 879.20,降低了约7.5%.这说明鄱阳湖流域内生态系统服务价值相对差距先扩大后缩小,并且前5年差距扩大的速度尽管大于后3年缩小的速度,但是区域内的相对差距整体呈缓慢扩大的趋势.

从变异系数来看,可以发现鄱阳湖流域2005—2013年变异系数也是先增大后减小,先从2005年

的 0.037 上升到 2010 年的 0.058, 增大了 0.021, 其后又下降到 0.044, 减小了 0.014。虽然鄱阳湖流域内的绝对差距整体增大了, 但是总体依然呈减小的趋势。

### 3.3 敏感性分析

根据上述介绍的敏感性指数的计算方法, 将林地、耕地、草地等 6 大类的生态价值系数分别上调 50%, 即为原来的 1.5 倍。然后再利用调整之后的各土地利用类型的生态价值系数分别对鄱阳湖区域 2005 年、2010 年和 2013 年鄱阳湖流域生态系统服务价值进行重新评估, 得到敏感性指数表(见表 7), 从表 7 可以看出, 经过调整后的各土地利用类型生态系统服务价值的敏感性指数都小于 1, 这意味着计算得到的鄱阳湖流域内生态系统服务价值对生态

系统服务价值系数是缺乏弹性的, 且准确度高, 研究结果可信。其中林地的敏感性指数最高, 在 0.72~0.73 之间; 而敏感性指数最低的是未利用地和草地, 都接近于 0, 这表示其生态系统服务价值对生态系统服务价值系数的调整几乎没有弹性, 即当它们的生态价值系数增加 1% 时, 流域内生态服务价值几乎无变化。在这 8 年期间, 水域的敏感性指数从 0.14 上升到 0.15, 这说明水域变化对鄱阳湖流域生态系统服务价值影响程度增加。

表 6 鄱阳湖流域的标准差指数和变异系数表

年份	2005	2010	2013
标准差指数	878.52	2 031.58	1 879.20
变异系数	0.037	0.058	0.044

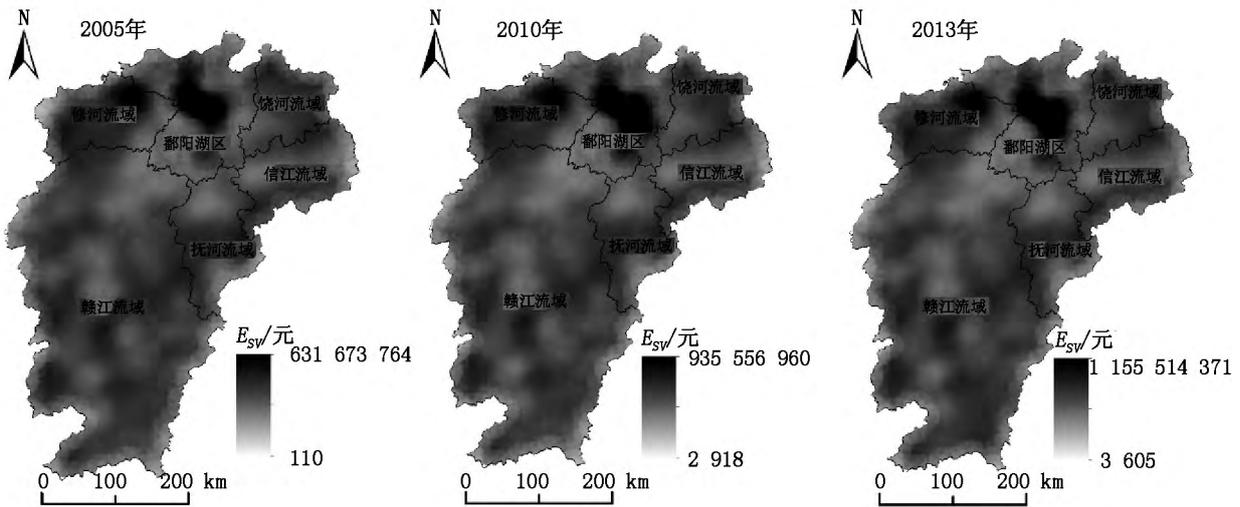


图 1 2005—2013 年鄱阳湖流域生态系统服务价值空间分布图

表 7 调整生态价值系数后生态系统服务价值及敏感性指数

土地利用类型	2005 年		2010 年		2013 年	
	$E_{svj}$ (亿元)	$C_s$	$E_{svj}$ (亿元)	$C_s$	$E_{svj}$ (亿元)	$C_s$
林地	5 362.83	0.73	7 961.42	0.72	9 836.38	0.73
耕地	4 178.40	0.12	6 205.96	0.12	7 636.85	0.12
草地	3 950.38	0.01	5 874.60	0.01	7 236.03	0.01
水域	4 219.68	0.14	6 309.17	0.15	7 759.25	0.15
建设用地	0		0		0	
未利用地	3 936.36	0	5 856.50	0	7 216.03	0

## 4 结论

利用 2005 年、2010 年和 2013 年 3 年同时期的鄱阳湖流域土地利用数据, 采用修正 Costanza 方法, 估算了鄱阳湖区域内总体生态系统服务价值, 并对各子流域进行了系统地比较。经过敏感性分析, 结果表明流域内生态系统服务价值对价值系数是缺乏弹

性的, 研究结果可信。通过以上分析, 可以得出如下结论:

1) 鄱阳湖流域土地利用类型以林地、耕地为主, 其次为水域和建设用地, 而草地和未利用地最少。从时间变化来看, 耕地、草地和未利用地持续减少, 建设用地持续增加, 林地保持相对稳定。主要原因为人类频繁活动和社会经济发展, 经济发展使得大量的耕地、草地和未利用地等转变为建设用地, 以

供人类的活动需求. 2005年、2010年、2013年全流域生态系统服务价值总量分别为3 935.94亿元、5 855.94亿元、7 215.37亿元, 出现持续增长的趋势. 尽管流域内生态系统服务价值贡献率最高的是林地, 但水域加的最为显著, 是影响鄱阳湖流域生态系统服务价值变化的主导因素. 鄱阳湖流域内生态系统服务价值增加主要是政策原因以及全流域粮食价格的增长. 各子流域中赣江流域的生态系统服务价值最高, 占全流域的50%以上; 其次是鄱阳湖区, 单位面积生态系统服务价值最高的是修河流域. 饶河流域的生态系统服务价值在各流域中最低. 在各子流域内, 鄱阳湖区和饶河流域内的生态系统服务价值分布内部差异巨大; 抚河流域和信江流域内上中下游的生态系统服务价值比例均衡, 分别占比为30%左右; 赣江流域的生态系统服务价值上游一家独大, 上中下游分布比例大约为10:5:4; 修河流域的生态系统服务价值上中游大同小异, 占据主导优势, 下游只占17%左右.

2) 鄱阳湖流域生态系统服务价值空间分布出现明显的不均衡性. 鄱阳湖区域的生态系统服务价值要远远高于其他地区, 在修河流域内也出现了小范围的“深灰色”高值聚集区, 而在鄱阳湖区、赣江流域、抚河流域交界处出现明显低于周围的低值区. 从标准差指数来看, 发现鄱阳湖流域2005—2013年标准差指数呈现先增后减的趋势, 即鄱阳湖流域内生态系统服务价值相对差距先扩大后缩小. 从变异系数来看, 发现鄱阳湖流域2005—2013年变异系数也是先增大后减小, 虽然鄱阳湖流域内的绝对差距整体增大了, 但是总体还是呈减小的趋势, 且区域内的绝对差距趋于平稳.

本文对鄱阳湖生态系统服务价值及其流域内差异性、时间动态变化和空间分布格局分别进行了定量计算和详细分析. 受研究者经验和知识水平等主观因素的限制, 没有考虑不同区域带来的生态价值系数的差异性, 忽视了城市建设用地提供的生态价值. 对分析各流域生态系统服务价值变化的因素也不够完美, 但是在一定程度上, 此结果具有一定的代表性, 可为近年来鄱阳湖流域生态与经济协调发展的提供一定的参考依据.

## 5 参考文献

[1] Daily G C. Nature's service: Societal dependence on natural ecosystems [M]. Washington, DC: Island Press, 1997.

- [2] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究 [J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- [3] Vorosmarty C J, McIntyre P B, Gessner M O, et al. Global threats to human water security and river biodiversity [J]. Nature, 2010, 467(7315): 555-561.
- [4] 金斌松, 聂明, 李琴, 等. 鄱阳湖流域基本特征: 面临挑战和关键科学问题 [J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(3): 268-275.
- [5] 钟业喜, 徐羽, 徐丽婷. 江西省城市效率与经济增长协调性研究 [J]. 江西师范大学学报: 哲学社会科学版, 2017(1): 125-131.
- [6] Costanza R, D'Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural Capital [J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [7] 徐羽, 钟业喜, 徐丽婷, 等. 1990年以来赣州都市区土地利用变化及其生态服务价值响应 [C]//2016中国新时期土地资源科学与新常态创新发展战略研讨会暨中国自然资源学会土地资源研究专业委员会30周年纪念会, 沈阳, 2016.
- [8] Abramovitz J N. Putting a value on nature's 'free' services [J]. Worldwatch, 1998(11): 10-19.
- [9] Kreuter U P, Hris H G, Malock M D, et al. Change in ecosystem service values in the San Antonio area [J]. Ecological Economics, 2001, 39(3): 333-346.
- [10] 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, 18(2): 189-196.
- [11] 任平, 洪步庭, 马伟龙, 等. 基于IBIS模型的耕地生态价值估算: 以成都崇州市为例 [J]. 地理研究, 2016(12): 2395-2406.
- [12] 陈青锋, 于化龙, 张杰, 等. 怀来县土地利用/覆被变化及生态系统服务价值时空演变 [J]. 水土保持研究, 2016(3): 137-143.
- [13] 曹先磊, 刘高慧, 张颖, 等. 城市生态系统休闲娱乐服务支付意愿及价值评估: 以成都市温江区为例 [J]. 生态学报, 2017(9): 1-12.
- [14] 叶嘉敏, 余厚平, 简闵菲, 等. 鄱阳湖流域农田重金属污染的生态风险评估 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2016, 40(4): 429-436.
- [15] Virginia V, Shafiqul I, Leticia R. Estimation of evaporative fraction and evapotranspiration from MODIS products using a complementary based model [J]. Remote Sensing of Environment, 2008(112): 132-141.
- [16] 徐羽, 钟业喜. 鄱阳湖生态经济区生态经济系统耦合研究 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2016, 40(3): 324-330.
- [17] 徐羽, 钟业喜, 冯兴华, 等. 鄱阳湖流域土地利用生态风险格局 [J]. 生态学报, 2016(23): 7850-7857.
- [18] 王晓鸿, 鄢帮有, 吴国琛. 山江湖工程 [M]. 北京: 科学

- 出版社,2006.
- [19] 洪熊,曾菊新.鄱阳湖流域区域经济差异研究[J].经济地理,2012,32(11):8-12.
- [20] 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.
- [21] 刘桂林,张落成,张倩.长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响[J].生态学报,2014,34(12):3311-3319.
- [22] 吴松,安裕伦,马良瑞.城市化背景下喀斯特流域生态系统服务价值时空分异特征:以贵阳市南明河流域为例[J].长江流域资源与环境,2015,24(9):1591-1598.
- [23] 马骏,马朋,李昌晓,等.基于土地利用的三峡库区(重庆段)生态系统服务价值时空变化[J].林业科学,2014,50(5):17-26.

## The Study on the Evolution of Ecosystem Service Value in Poyang Lake Basin

ZHU Zhizhou, ZHONG Yexi\*, XU Yu

(School of Geography and Environment, Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Ministry of Education, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China)

**Abstract:** Based on the land use classification data of Poyang Lake Basin, this paper evaluated the ecological service value of Poyang Lake Basin by using GIS data processing and spatial analysis technology, with modified Costanza methods, and the basic characteristics and changes rule of the ecological service value of Poyang Lake Basin were systematically analyzed. The main results are summed up as follows. 1) The value of ecological service in Poyang Lake Basin showed the trend of sustained growth, and the total basin value of ecological service value were 393.594, 585.594, 721.537 billion yuan in 2005, 2010 and 2013, of which the woodland to the ecological value was the largest contribution and the water land changes was the main factor affecting the ecological service value of change. 2) The ecological value of the Ganjiang Basin was the highest, followed by the Poyang lake area, the lowest value of the ecosystem service in the Raohe Basin. The distribution of ecological values in the upstream, middle stream and downstream of each basin was diverse too. 3) The spatial distribution of ecological value of Poyang Lake Basin was obviously disequilibrium, and the Poyang Lake and its nearby area was much higher than other regions. Between the relative disparities and absolute disparities were the first to expand after the narrow trend.

**Key words:** ecological service value; change rule; spatial distribution; Poyang Lake Basin

(责任编辑:曾剑锋)