

浙江省杭嘉湖平原生态资产评估研究

苏小亚¹, 刘芳¹, 卢剑波^{1,2}

(1. 杭州师范大学 生命与环境科学学院, 浙江 杭州 310036; 2. 杭州师范大学 钱江学院, 浙江 杭州 310036)

摘要:杭嘉湖平原作为浙江北部城市发展的核心区域,欲在城镇快速发展的大背景下探究区域生态服务价值的变化状况,定量分析该区的生态服务价值变化状况,现通过对下载自美国地质勘探局的1974、1983、1995、2002、2015年5个时期遥感影像,对41年的影像进行分类,分析杭嘉湖平原地区的土地覆被的变化(LUCC)。结果表明:1974—2015年湿地面积减少113.2 km²,农业用地面积减少941.2 km²,空地面积减少269.4 km²,建设用地和林地面积分别增加1 298.9、24.9 km²。相应的生态资产总量变化分别为-11.6、-10.6、-0.18、0.89、0.89亿元,杭嘉湖平原区生态服务资产总额总体减少了20.6亿元。因此生态用地的大量被侵占对地区生态服务价值的提升极为不利,主要是地区经济的发展和人为的开发程度提高导致区域内的生态服务价值不断递减,其中研究区内湿地与农业生态用地大量减少是主要原因,今后在开发利用过程中应对区内生态用地进行科学适当合理的利用与保护。

关键词:土地覆被变化;杭嘉湖平原;生态服务价值

中图分类号:S0 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)13-0128-07

生态服务功能(ecosystem service value, ESV)为生态系统以及生态过程所形成的维持人类生存的自然环境条件与效用^[1]。最早在19世纪70年代提出,1998年COSTANZA等^[2]提出并建立了全球尺度的生态系统服务功能评价模型,虽然对生态服务价值的评价有能值分析法、物

质量评价法、价值量评价法^[3-6],但是COSTANZA的模型是被国内外学者较为普遍接受并且广泛应用于目前的生态服务价值的评价当中。随着经济的不断发展,人类对待价值的认识有了很大的变化,对于自然资源的价值认识也是其中的重要反映。改革开放后,我国经济得到了迅速的发展,伴随着经济水平的提高,科学技术的发展以及城市化的不断推进,赖以生存和发展的土地类型也发生了很大的变化。土地利用的变化对目前的生态服务价值的影响已经被国内外学者所关注,并逐渐成为目前地理和生态以及人文社会科学领域的热点。目前国内外学者对全球或者区域的尺

第一作者简介:苏小亚(1991-),男,福建宁德人,硕士研究生,研究方向为景观生态学。E-mail:sxyhznu@163.com.

责任作者:卢剑波(1963-),男,浙江淳安人,博士,教授,研究方向为景观生态学与遥感应用。E-mail:jianbo.lu@hznu.edu.cn.

收稿日期:2017-02-03

difference of the total nitrogen content in spinach plants between 10 mg · kg⁻¹ DA-6 treatment and the control; 5, 10 mg · kg⁻¹ DA-6 spraying treatments significantly reduced yield and biomass of spinach in comparison with the CK2 (the concentration of DA-6 was 0 mg · kg⁻¹), the vitamin C content in leaf was decreased while the nitrogen content in leaf increased. Therefore, the basal application of 10 mg · kg⁻¹ DA-6 could not only improve the yield of spinach, but also enhance the quality of spinach.

Keywords: spinach; DA-6; yield; quality; nitrogen content

度、城市景观尺度、流域尺度、湿地尺度、湖泊尺度、公路线尺度等^[7-12]的生态系统服务功能有许多详细的论述与研究。

杭嘉湖平原是浙江省内面积最大的平原,平原面积广,水网密布,居民点分布集中,在平原内分布在杭州、嘉兴、湖州等浙北重要城市,随着城市经济的不断发展和扩展,杭嘉湖平原的土地利用类型也发生了很大的变化,从 19 世纪 80 年代以来,我国的遥感技术逐渐在野外得到广泛应用,利用遥感技术精确便捷的优点与生态定量研究的结合,可以较为准确的衡量一个地区生态服务价值的变化。通过对 1974、1983、1995、2002、2015 年等 5 个时期的遥感影像进行分析,可以更好地了解杭嘉湖平原生态服务价值的变化状况。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

杭嘉湖平原位于浙江省北部,太湖以南,钱塘江和杭州湾以北,天目山以东。地处北纬 $30^{\circ}09' \sim 31^{\circ}02'$,东经 $119^{\circ}52' \sim 121^{\circ}16'$,平原面积约 $7\,607\text{ km}^2$,范围包括嘉兴市全部,湖州市大部以及杭州市的东北部。地势极为低平,河网密布,平均海拔 3 m 左右。地面形成东、南高起而向西、北降低的以太湖为中心的浅碟形洼地,是浙江最大的堆积平原,平原上水网稠密,河网平均密度 $12.7\text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$,为中国之冠。

1.2 数据来源

数据下载自美国地质勘探局(United States Geological Survey),下载网站: <http://glovis.usgs.gov/> 的 5 个时期遥感影像分别选用 1974、

1983、1995、2002、2015 年。影像全部选用 Landsat TM 遥感影像的 MSS\TM\ETM\OIL 影像。首先对于下载的影像进行基于谷歌地球的几何校正,校正误差控制在一个像元之内,其次对影像进行快速大气校正,对校正后的影像做镶嵌拼接与融合处理。最后对拼接完好的影像做研究区的裁剪与制图。

对于 5 个时期影像的分类处理前,利用 ENVI 软件的波段计算功能,利用绿光波段与红光波段对水体的反射特征进行 NDWI 水体提取,此外结合 NDVI 等进行不断的组合分类分析,力求精确地将研究区进行分类。利用 ENVI 进行监督分类,对分类结果进行小斑块聚类处理。分类的类型分别为湿地、农业用地、城镇用地、林地和空地。

1.3 生态服务评价方法

生态服务价值指的是生态系统对人类所提供的服务和价值。在快速城市化背景下,杭嘉湖平原地区的生态环境也发生了很大的变化,针对杭嘉湖平原土地利用类型的变化基础上,对该区的总体生态服务价值进行评价,评价指标有气体调节、气候调节、水源涵养等 9 个方面的统计,建立 5 种土地利用类型的生态服务价值量表。

1.3.1 生态服务价值当量因子表的确定

借用目前研究学者常用的 COSTANZA 评价体系,其对生态服务价值评价确定的生态系统服务的九大功能分别是气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废弃物处理、生物多样性保护、食物生产、原材料生产、文化娱乐,结合文章的分类,归纳总结出杭嘉湖平原地区的生态服务当量的权重,见表 1。

表 1 杭嘉湖平原生态服务价值当量因子

Table 1 The Hangjiahu Plain ecological service value equivalent factor

评价指标 Evaluation index	林地 Forest	农业用地 Agricultural land	湿地 Wetland	建设用地 Land use for building	空地 Open space
气体调节 Gas regulation	3.50	0.50	1.80	0.00	0.00
气候调节 Climate regulation	2.70	0.89	17.10	0.00	0.00
水源涵养 Water conservation	3.20	0.60	15.50	0.03	0.03
土壤形成与保护 Soil formation and conservation	3.90	1.46	1.71	0.02	0.02
废物处理 Waste disposal	1.31	1.64	18.18	0.01	0.01
生物多样性保护 Biodiversity conservation	3.26	0.71	2.50	0.34	0.34
食物生产 Food production	0.10	1.00	0.30	0.01	0.01
原材料 Raw material	2.60	0.10	0.07	0.00	0.00
娱乐文化 Entertainment culture	1.28	0.01	5.55	0.01	0.01
合计 Total	21.85	6.91	62.71	0.42	0.42

1.3.2 生产服务功能生态资产价值的估算

以杭州、嘉兴、湖州等地区的稻米、小麦、薯类、油菜、玉米、大豆、油菜籽 7 种农业作物播种面积以及相应的产量为研究对象,选用 2015 年浙江省的粮食平均价格,结合如下的生态服务功能模型^[13-16]: $E_a = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot p_i \cdot q_i}{M}$ 。式中: i 为杭州市主要的粮食作物类型; P_i 为第 i 类粮食平均价格 (元 \cdot t⁻¹); m_i 为 i 种粮食作物的播种面积 (hm²); q_i 为第 i 类粮食单产 (t \cdot hm⁻²); M 为粮食作物总的播种面积 (hm²), 由此模型计算出杭嘉湖地区生态系统服务价值功能的生态资产价值为 1 633 元 \cdot hm⁻²。在计算生态服务价值当量后结合研究区土地利用类型的面积计算区域整体的生态服务价值总资产的评估,其公式如下: $ESV_i = \sum_{j=1}^n P_j \times A_j$, 式中: ESV_i 表示为 i 年的生态系统服务总价值, P_i 为 i 类型土地单位面积生态系统服

务价值系数, A_j 为土地利用类型 j 的面积。

2 结果与分析

2.1 土地覆被类型的变化

通过对 5 个时期的遥感影像进行处理分析,以及监督分类法中的极大似然值法对遥感影像进行分类处理,土地利用类型分为 5 类(湿地、农业用地、建设用地、林地、空地)。其中对分类结果进行必要分类后处理,合并极小的斑块,结合目视解译对分类结果与实际影像进行比对分析,尽量减小分类过程中的误差,较好的反映杭嘉湖平原地区实际的土地利用类型的变化,其中 A、B、C、D、E 分别表示杭嘉湖平原主要地区的 1974、1983、1995、2002、2015 年 5 个时期的遥感影像分类结果图(图 1)。

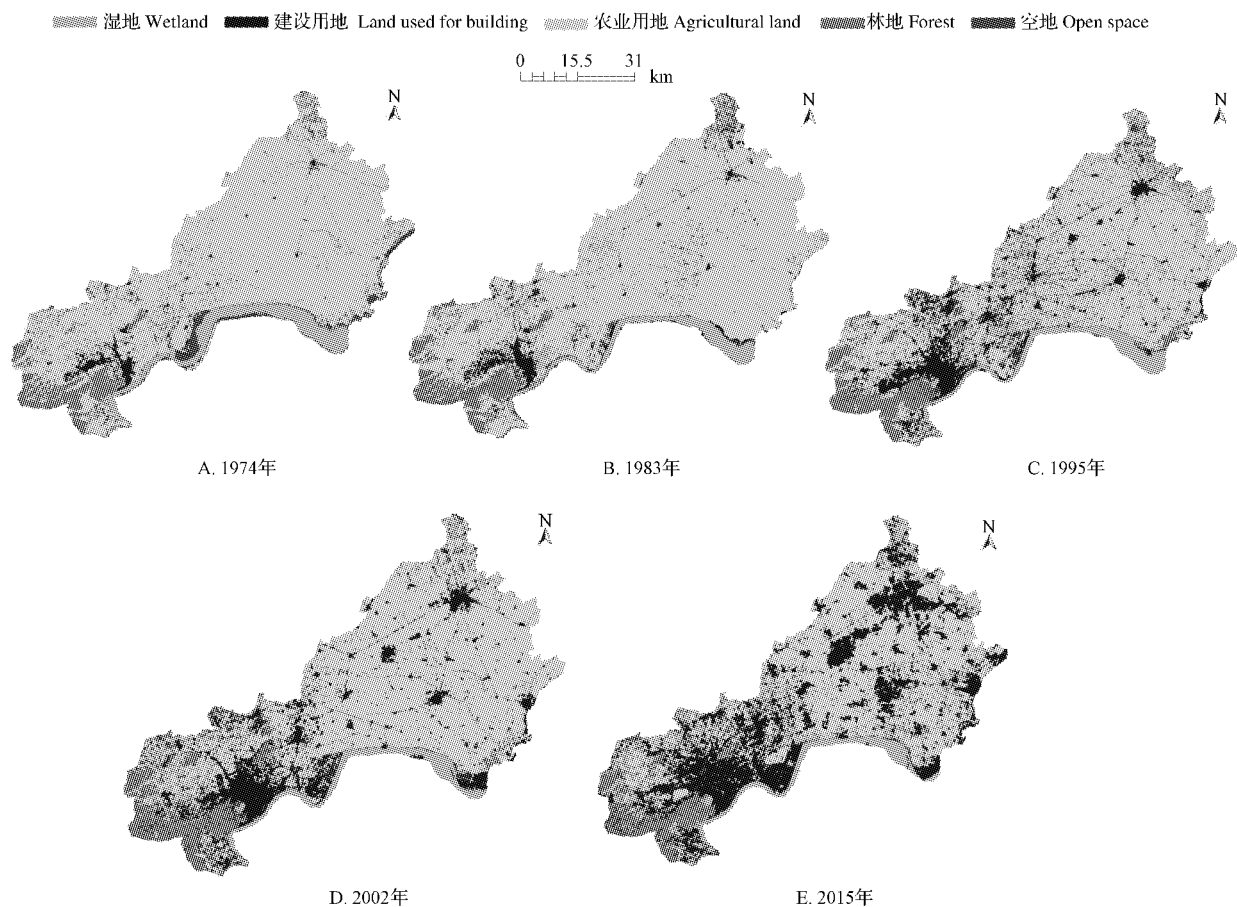


图 1 1974—2015 年杭嘉湖平原区土地覆被图

Fig. 1 1974—2015 land cover map of Hangjiahu Plain

将遥感影像进行分类解译处理,得到 1974—2015 年杭嘉湖平原地区土地覆被类型变化情况。其中农业用地所占比重最大,但是呈逐年减少的趋势;建设用地比重逐年增加,后期逐渐成为比重第二的土地利用类型;林地面积虽有波动,但是总体呈上升趋势;空地面积以及水域面积均有不同程度的下降。

由表 2 可知,近 41 年间,湿地面积减少了 113.2 km²,变化比重为-32.5%,年均变化率为-0.8%;农业用地面积减少了 941.2 km²,减少部分所占比重为-26.7%,年均变化率为-0.7%;建设用地面积增加了 1 298.9 km²,增加比重为 559.1%,年变化率为 13.6%;林地面积增加了 24.9 km²,增加比重为 10.9%,年均变化率为 0.3%;空地面积减少了 269.4 km²,减少比重为-95.8%,年均变化比重为-2.3%。由此可

见,杭嘉湖平原土地利用类型变化的最大特点就是湿地资源以及农业土地资源的不断减少,林地资源相对保持稳定,空地也不断减少,建设用地的增加速度最快,可见该区城市化过程中对生态用地的侵占和破坏的比重相当大而且速度较快。

2.2 生态服务价值量变化

基于文章计算出杭嘉湖地区生态系统服务价值功能的生态资产价值与生态服务价值当量结合计算可以计算出杭嘉湖地区生态资产价值。

由表 3 可以看出,林地的资产总价值为 35 681.05 元·hm⁻²、农业用地的资产总价值为 11 284.03 元·hm⁻²、湿地的资产总价值为 102 405.40 元·hm⁻²、建设用地的价值为 685.86 元·hm⁻²、空地的服务价值为 685.86 元·hm⁻²。

表 2 杭嘉湖平原区土地利用变化度

年份	湿地	农业用地	建设用地	林地	空地
Year	Wetland	Agricultural land	Land used for building	Forest	Open space
1974	348.7	3 525.4	232.3	227.4	281.1
1983	230.7	3 641.6	279.2	315.1	148.3
1995	245.2	3 067.2	348.2	865.7	88.6
2002	253.1	3 162.4	846.7	330.1	22.6
2015	235.5	2 584.2	1 531.2	252.3	11.7
比重 Proportion / %	-32.5	-26.7	559.1	10.9	-95.8

表 3 杭嘉湖地区生态资产价值

评价指标	林地	农业用地	湿地	建设用地	空地
Evaluation index	Forest	Agricultural land	Wetland	Land used for building	Open space
气体调节 Gas regulation	5 715.50	816.50	2 939.40	0.00	0.00
气候调节 Climate regulation	4 409.10	1 453.37	27924.30	0.00	0.00
水源涵养 Water conservation	5 225.60	979.80	25 311.50	48.99	48.99
土壤形成与保护 Soil formation and conservation	6 368.70	2 384.18	2 792.43	32.66	32.66
废物处理 Waste disposal	2 139.23	2 678.12	29 687.94	16.33	16.33
生物多样性保护 Biodiversity conservation	5 323.58	1 159.43	4 082.50	555.22	555.22
食物生产 Food production	163.30	1 633.00	489.90	16.33	16.33
原材料 Raw material	4 245.80	163.30	114.31	0.00	0.00
娱乐文化 Entertainment culture	2 090.24	16.33	9 063.15	16.33	16.33
合计 Total	35 681.05	11 284.03	102 405.40	685.86	685.86

将各类生态用地的服务资产价值与杭嘉湖平原地区的土地利用类型的变化结合,能够更加清晰的得出杭嘉湖地区生态服务价值的年际变化。

从图 2 可以看出,建成区的生态服务资产变化量为 0.89 亿元,年变化率为 13.6%;空地的生

态服务资产变化量为-0.18 亿元,年变化率为 2.3%;林地的生态资产变化量为 0.89 亿元,年变化率为 0.3%;农业用地的生态服务资产变化量为-10.6 亿元,为所有土地利用类型中损失价值量最多的,年变化率为 0.7%;湿地的生态服务资

产价值变化量为-11.6亿元,年变化率为0.8%;杭嘉湖平原1974—2015年生态资产的损失量为20.6亿元,年均0.6%的损失速率。在所有的土地利用类型中,湿地的生态服务价值损失量最大,农业用地的损失量次之,空地的生态服务价值也是负增长,但是建设用地以及林地的生态服务价值均为增加的趋势,杭嘉湖平原地区的总体生态服务价值资产量为不断的递减趋势。

由图3可知,杭嘉湖平原地区的总体生态服务价值资产量呈不断的递减趋势,主要由于湿地资源的破坏以及农业用地的不断减少,水域与农田生态系的生态服务资产占总资产的38.1%~42.5%和46.0%~47.4%,由此可见二者的生态系统资产总额几乎占据了杭嘉湖平原生态服务价值的84.0%~89.9%,因此,这2类生态用地对

全区总体的生态服务价值有重要的意义;其次为林地生态系统服务资产总额约占总额的9.7%~14.2%,林地的生态服务价值当量为所有生态用地中最高的,但是本区中的林地资源较少,绝大部分为平原地形,而且开发的程度较高^[17],因此林地的生态服务资产总额占总资产比重并不大。建设用地与空地的比重就比较小,虽然建设用地在41年间呈现不断增加的趋势,但是建设用地与空地的生态服务当量价值比较小,对全区的生态服务价值的贡献比重也比较小。因此,在杭嘉湖平原地区生态服务价值的主要贡献因子为湿地、农业用地和林地资源,今后可加强对湿地资源的保护,对林地资源的维持以及农业用地的适当保护是促进该区域生态服务价值总资产提高的关键。

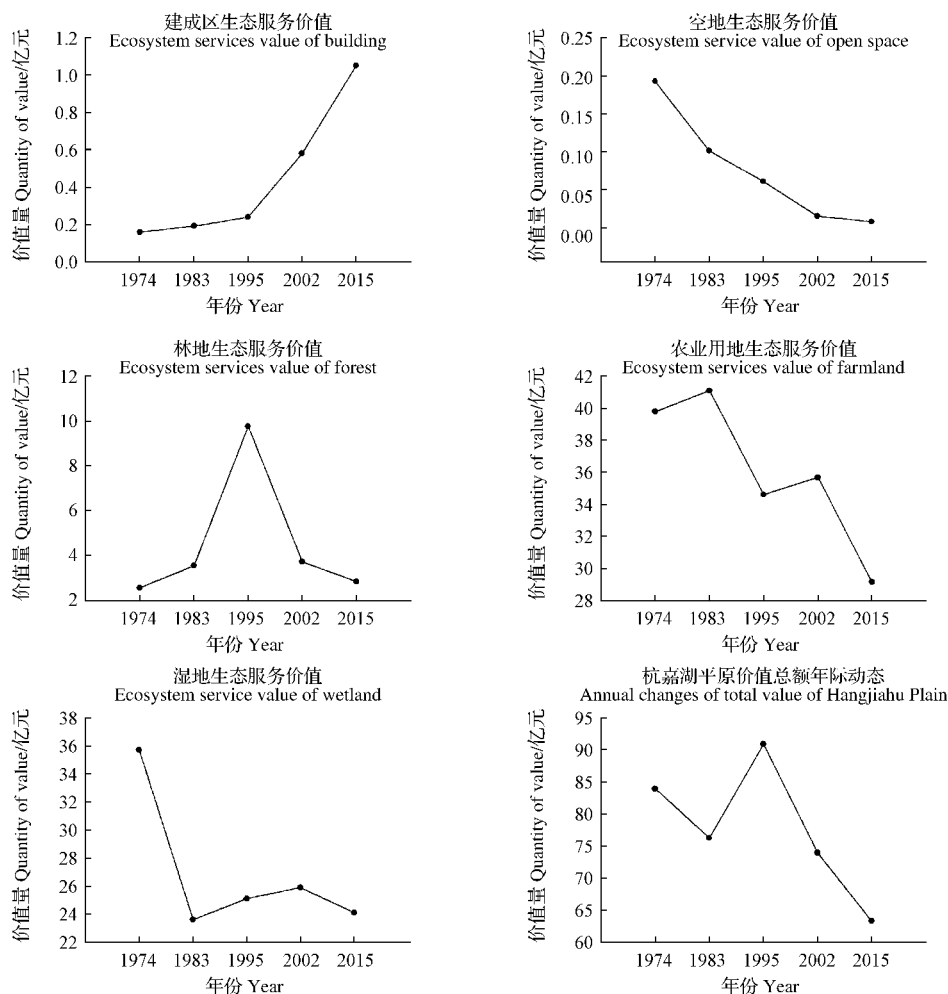


图2 杭嘉湖平原1974—2015年生态服务价值变化

Fig. 2 Value of ecosystem services changes of Hangjiah Lake Plain from 1974 to 2015

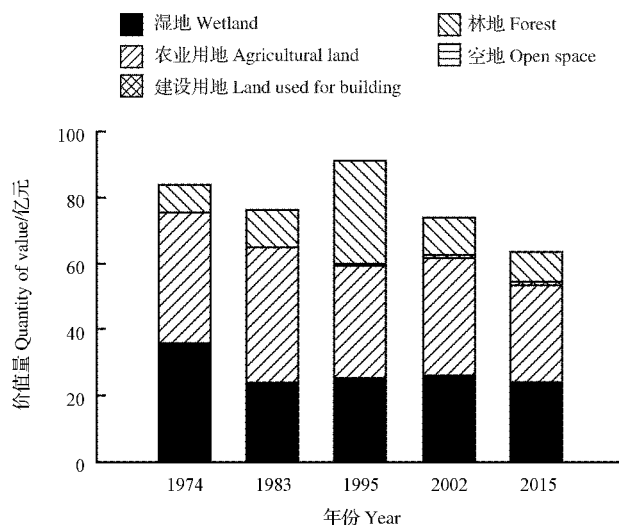


图 3 杭嘉湖平原生态服务资产总额

Fig. 3 Total ecological service asset of Hangjiahui Plain

3 结论与讨论

该研究通过对下载自美国地质勘探局 1974、1983、1995、2002、2015 年 5 个时期的 Landsat TM/ETM/MSS/OIL 等遥感影像进行下载与处理分析,通过监督分类法分析提取杭嘉湖平原主要区域的土地利用类型各自比重以及变化特点,利用 ENVI 软件来统计分析研究区内 5 类地物的变化格局的变化特征和规律性,主要有如下结论。

1) 对 41 年的遥感影像分析统计可以得知,在杭嘉湖平原地区的土地利用类型发生了很大的变化,其中湿地面积与农业用地面积减少最大,分别减少了 113.2、941.2 km²,空地面积减少了 269.4 km²,建设用地和林地呈现增加趋势,其面积分别增加了 1 298.9、24.9 km²。从中也可以看出区域经济的发展和开发力度的增强,人为侵占生态用地的现象十分明显,而且有加剧的趋势,这与该区地处长江三角洲、周边城市人口密集、对土地的开发力度较大和程度较高有很大关系。

2) 研究分析发现,杭嘉湖平原地区的生态服务资产总额总体呈现不断减小的趋势,损失总量为 20.6 亿元,其中服务价值增加的部分只有建成区的 0.89 亿元和林地的 0.89 亿元,空地的生态服务资产变化量为 -0.18 亿元,农业用地与湿地的生态服务资产变化量分别为 -10.6、-11.6 亿

元。41 年间只有 1995 年的生态服务价值为增加趋势,主要原因是由于林地资源的增加导致总体生态服务价值的提升,从中也可以看出林地资源对地区总体生态服务价值的重要性。

3) 总体而言,任何一个地区的生态服务价值是经济指标所不能体现的,因为生态用地不仅仅体现在经济价值上,更多的生态与环境价值是很难通过经济指标准确的体现,因此如果要精确反映一个地区的生态服务价值资产量,就要更深入的研究和完善。但是该研究利用固定的指标对杭嘉湖平原主要地区多年尺度的研究,可以相对较为真实和准确的反映出该地区生态系统的健康状况和发展趋势。

4) 土地作为目前世界各国的重要自然资源,不仅要利用好其生产功能,同时生态功能也值得人们关注,对区域生态资产的合理开发利用,需要各方协调,对于未来的研究可以具体精确某个生态利用类型的价值评价,或者指标评价体系的优化等方面开展工作。因此,对于区域的生态资产价值测量与评估就是一个长期、不断完善的过程,需要国内外专家学者的共同研究与完善。

参考文献

- [1] 牛安逸,陈志云,徐颂军,等. 基于 LUCC 的珠海淇澳岛生态系统服务功能价值动态评估[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2016(2): 81-87.
- [2] COSTANZA R, D'ARCE R, GROOT R D, et al. The value

of ecosystem services: Putting the issues in perspective[J]. *Ecological Economics*, 1998, 25(1): 67-72.

[3] CECILIA M H, M ONICA H. Ecosystem services generated by fish populations[J]. *Ecological Economics*, 1999, 29: 253-268.

[4] 赖瑾瑾, 刘雪华, 靳强. 顺义地区生态系统服务功能价值的时空变化[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2008(9): 1466-1471.

[5] 曹牧, 薛建辉. 崇明东滩湿地生态系统服务功能与价值评估研究述评[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2016(5): 1-6.

[6] 王崇, 徐京京, 周亮广, 等. 安徽省生态系统服务价值变化及其趋势预测[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2015(4): 88-94.

[7] 郜红娟, 韩会庆, 王后阵. 贵州山区公路沿线生态系统服务价值变化[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2016(2): 1-8.

[8] XIE G, WENHUA L I, YU X, et al. Forest ecosystem services and their values in Beijing[J]. *Chinese Geographical Science*, 2010, 20(1): 51-58.

[9] GARRICK D, SIEBENTRITT M A, AYLWARD B, et al. Water markets and freshwater ecosystem services: Policy reform and implementation in the Columbia and Murray-Darling basins

[J]. *Ecological Economics*, 2009, 69(2): 366-379.

[10] 崔丽娟, 庞丙亮, 李伟, 等. 扎龙湿地生态系统服务价值评价[J]. *生态学报*, 2016(3): 828-836.

[11] 周德成, 罗格平, 许文强, 等. 1960—2008年阿克苏河流域生态系统服务价值动态[J]. *应用生态学报*, 2010(2): 399-408.

[12] 黄润, 王升堂, 倪建华, 等. 皖西大别山五大水库生态系统服务功能价值评估[J]. *地理科学*, 2014(10): 1270-1274.

[13] LI J, WANG W, HU G, et al. Changes in ecosystem service values in Zoige Plateau, China[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2010, 139(4): 766-770.

[14] 严恩萍, 林辉, 王广兴, 等. 1990—2011年三峡库区生态系统服务价值演变及驱动力[J]. *生态学报*, 2014(20): 5962-5973.

[15] 贾军梅, 罗维, 杜婷婷, 等. 近十年太湖生态系统服务功能价值变化评估[J]. *生态学报*, 2015(7): 2255-2264.

[16] 姚成胜, 朱鹤健, 吕晞, 等. 土地利用变化的社会经济驱动因子对福建生态系统服务价值的影响[J]. *自然资源学报*, 2009(2): 225-233.

[17] 张博. 杭嘉湖平原地区土地综合承载力评价研究[D]. 杭州: 浙江财经大学, 2015.

Evaluation of Zhejiang Province Hangjiahu Plain Ecological Assets

SU Xiaoya¹, LIU Fang¹, LU Jianbo^{1,2}

(1. College of Life and Environmental Science, Hangzhou Normal University, Hangzhou, Zhejiang 310036; 2. Qianjiang College, Hangzhou Normal University, Hangzhou, Zhejiang 310036)

Abstract: Hangjiahu Plain is north of Zhejiang Province as the core area of urban development, want to explore in the context of the rapid development of urban regional ecological service value change in status, quantitative analysis of the ecological value of the area changes in the health service. By downloading from the United States Geological Survey 1974, 1983, 1995, 2002, 2015, five remote sensing images, the image of the 41 years analysis to classify land cover changes in Hangjiahu Plain area was the (LUCC), mainly conclusions were 1974—2015 the wetland area reduced 113.2 km², agricultural land area decreased 941.2 km², open space area reduced 269.4 km², construction land and forest area increased by 1 298.9 km² and 24.9 km². Total assets of the corresponding ecological changes were -11.6×10^8 RMB, -10.6×10^8 RMB, -0.18×10^8 RMB, 0.89×10^8 RMB, 0.89×10^8 RMB, the overall ecological services Hangjiahu total assets reduced by Plain Area of 20.6×10^8 RMB. Therefore, a large number of occupation on the value of ecosystem services areas to enhance the ecological land was extremely unfavorable, mainly regional economic development and human development which would lead to the value of ecosystem services within the region diminishing wetlands significantly reduce the agricultural ecological land where the study area. It was the main reason, in the future to deal with ecological land area in the process of development and utilization of appropriate scientific and reasonable utilization and protection.

Keywords: land cover change; Hangjiahu Plain; value of ecosystem services