

# 区域生态用地变化对生态服务价值的影响

于开芹 (上海城建职业学院, 上海 200438)

**摘要** [目的]定量分析城市化进程中泰安市岱岳区生态用地变化对生态服务价值变化的影响,为该地区科学合理地规划生态用地布局、提高人居环境质量提供理论依据和决策支持。[方法]利用遥感技术和地理信息系统,获取并分析泰安市岱岳区2000和2010年2期的卫星影像数据。[结果]2000—2010年岱岳区生态用地总面积减少了183.76 hm<sup>2</sup>;生态系统服务价值总量减少了2.83×10<sup>6</sup>元,其中水域减少的最多,达17.19×10<sup>6</sup>元。[结论]林地生态系统和水域生态系统对生态系统服务价值影响较大,是影响该区域整个生态系统服务价值变化的重要子系统。因此,合理规划生态用地的结构和布局,特别是林地和水域布局,可有效地提高生态系统服务价值。

**关键词** 生态系统服务价值;土地利用;生态用地

中图分类号 F301.24 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)23-0052-03

## Effects of Regional Ecological Land Use Changes on Ecosystem Services Values

YU Kai-qin (Shanghai Urban Construction Vocational College, Shanghai 200438)

**Abstract** [Objective] Effects of ecological land use changes on ecosystem services values were quantitatively analyzed during urbanization process in Daiyue District of Tai'an, which provides theoretical basis and decision support for the scientific and rational planning of ecological land use and improving the quality of human settlements. [Method] Two remote sensing images of Daiyue District in Tai'an in 2000 and 2010 were analyzed with the aid of GIS and RS. [Result] From 2000 to 2010, the total area of ecological land in Daiyue District decreased by 183.76 hm<sup>2</sup>; the total value of ecosystem services decreased by 2.83×10<sup>6</sup> yuan, of which waters decreased the most, reaching 17.19×10<sup>6</sup> yuan. [Conclusion] Forest ecosystems and water ecosystems have a significant impact on the value of ecosystem services and are important subsystems that affect the value of ecosystem services throughout the region. Therefore, rational planning of the structure and layout of ecological land, especially the layout of forest land and waters, can effectively improve the value of ecosystem services.

**Key words** Ecosystem service value; Land use; Ecological land

生态用地是指区域或城镇土地中以提供生态系统服务功能为主的土地利用类型,对维持区域生态平衡和可持续发展具有重要意义<sup>[1]</sup>。它既关系到区域生态系统的稳定性、安全性和弹性,也是土地利用与生态建设的直接联系<sup>[2-3]</sup>。城乡结合部生态用地作为城市中具有反馈调节作用的子系统,是城市重要的协调要素,不仅对城市生态环境质量起着至关重要的作用,也是保障城镇居民良好人居环境的重要组成部分。近年来,城市生态环境保护问题受到越来越多的关注,城乡结合部的生态用地作为调节城市生态环境的重要因子,可为城市提供众多的生态服务功能,如气候调节、水文调节等,所以关于城市生态用地的研究也逐渐增多<sup>[4-7]</sup>。而区域生态用地变化及其对生态系统服务价值影响的研究对于如何科学规划城市用地、优化生态用地的布局以及结构功能,改善区域生态环境、人居环境,保持生态系统平衡,促进人口、资源、环境的可持续发展等方面都具有重要的意义。笔者选取泰安市城乡结合部这一生态脆弱区为研究对象,通过对研究区域2000—2010年生态用地变化和生态系统服务价值变化的耦合研究,分析各类生态用地类型的变化对生态系统服务价值的影响,从而为该区域生态环境保护提供指导,也为土地利用规划提供依据。

## 1 资料与方法

**1.1 研究区域概况** 研究区域泰安市岱岳区为环绕在泰安市建成区周围的一个环状地带(116°50'26"~117°28'16"E、35°52'29"~36°28'36"N),总体地势北高南低,东高西低,山

地、丘陵、平原各占1/3,属温带大陆性半湿润季风气候,南北长66 km,东西宽56 km,总面积为175 km<sup>2</sup>,对泰安建成区形成半包围状态,是泰安市经济发展的资源基础和风险的缓冲地带。2016年统计资料显示,岱岳区下辖2街道、9镇,常住人口99.56万人。

**1.2 研究数据来源与处理** 该研究采用的数据资料主要有泰安市岱岳区2000年空间分辨率为30 m的ETM图像;2010年空间分辨率为30 m的TM图像,2008年研究区行政区划图;国家测绘局调绘的泰安市岱岳区地形图(比例尺1:50 000,坐标系为1980西安坐标系)。泰安市岱岳区社会经济和人口资料来源于《泰安市统计年鉴》。

数据处理采用软件ENVI 4.7对研究区遥感影像进行解译,根据遥感影像特征和研究区域概况,参考《土地利用现状分类》国家标准。在ERDAS 9.2中采取监督分类和目视解译相结合的方法对遥感影像进行解译,遥感影像解译结果显示2000年Kappa指数精度达到0.88;2010年Kappa指数精度达到0.83,满足遥感解译的精度要求,解译数据可以用于研究。

**1.3 生态服务价值评价方法** 生态系统服务是生态系统与生态过程所形成的及所维持的人类赖以生存的自然条件与效用。它不仅为人类提供了食物、水源和其他生产生活原料,更重要的是维持和调节了人类赖以生存的生命支持系统<sup>[8]</sup>。生态系统服务价值现已成为生态经济学和环境经济学的研究重点<sup>[9]</sup>。Costanza等<sup>[10]</sup>在1997年提出了生态系统服务经济价值估算方法,使生态系统服务价值评估的原理与方法从科学意义上得以明确。1999年欧阳志云等<sup>[8]</sup>首先采用生态系统服务的概念,初步评估了我国陆地生态系统的6种服务功能及其经济价值。2015年,谢高地等<sup>[11]</sup>基于扩展的劳动价值论原理,利用单位面积生态系统价值当量因子的

**基金项目** 上海城建职业学院教育科研项目(cjjgz201816)。

**作者简介** 于开芹(1969—),女,山东乳山人,副教授,博士,从事土地生态经济与可持续利用、工程管理等方面的研究。

**收稿日期** 2018-01-09;修回日期 2018-02-26

方法,对我国的 11 种生态服务类型价值进行评估。

将研究区生态用地划分为林地、园地、水域和未利用地四大类<sup>[1,3-4]</sup>,在生态系统服务功能划分上,遵从谢高地等<sup>[11]</sup>的 9 类生态服务功能划分原则,将土壤形成与保护划分为侵蚀控制和土壤形成两部分。在计算生态服务价值时当量因

子按以下原则操作:园地取森林和草地的平均值<sup>[12]</sup>;未利用地对应难利用地。根据谢高地等<sup>[11]</sup>的生态系统服务经济价值的区域修正系数制订了适合该研究区域的生态服务价值当量表,如表 1 所示。

表 1 岱岳区生态用地生态系统服务价值因子当量

生态用地类型 Ecological land type	气体调节 Gas regulation	气候调节 Climate regulation	水分调节 Moisture regulation	侵蚀控制 Erosion control	土壤形成 Soil formation	废物处理 Waste treatment
园地 Garden	1 746.39	1 615.01	57.27	1 099.58	1 782.82	996.50
林地 Forest	2 625.45	2 198.06	2 442.19	1 099.58	3 571.72	1 599.70
水域 Waters	0	561.66	24 885.82	0	12.14	22 199.51
未利用地 Unutilized land	0	0	36.57	0	24.43	12.14

  

生态用地类型 Ecological land type	生物多样性 Biodiversity	食物生产 Food production	原材料 Raw material	娱乐文化 Entertainment culture	合计 Total
园地 Garden	22.91	492.52	1 580.65	755.96	10 149.61
林地 Forest	2 655.95	244.26	1 617.91	805.92	18 860.74
水域 Waters	3 040.55	122.13	12.14	5 299.48	56 133.43
未利用地 Unutilized land	415.10	12.14	—	12.14	512.52

注:“—”表示无此项生态服务功能

Note:“—” means no this ecological service function

具体的各年份土地生态系统的生态服务价值总量、各土地利用类型的贡献率和不同时间段的变化量计算公式如下:

$$ESV = \sum_{i=1}^6 (A_i \times VC_i) \quad (1)$$

$$ESVC_i = ESV_i / ESV \quad (2)$$

$$\Delta ESV_i = ESV_{i,t1} - ESV_{i,t2} \quad (3)$$

式中,ESV 表示年生态系统服务总价值,元/a;  $A_i$  表示第  $i$  种土地利用类型的面积,  $hm^2$ ;  $VC_i$  表示表示第  $i$  种土地利用类型的生态系统后果服务价值当量,元/( $hm^2 \cdot a$ );  $ESVC_i$  表示第  $i$  种土地利用类型的生态系统服务价值贡献率;  $\Delta ESV_i$  表示研究时段内第  $i$  种土地利用类型生态服务价值变化量,元/a。

**1.4 敏感性分析** 为验证以上的生态系统类型对各生态用地类型的代表性和谢高地等<sup>[11]</sup>所提供的价值系数的准确性,可应用经济学中常用的弹性系数概念来计算价值系数的敏感性指数 (coefficient of sensitivity, CS),以确定生态系统服务价值随时间的变化情况对于价值系数的依赖程度。CS 的含义是指 VC 变动 1% 引起 ESV 的变化情况,如果  $CS > 1$ ,说明 ESV 对 VC 是敏感的、富有弹性的,即 1% 的自变量变动将引起应变量大于 1% 的变动;如果  $CS < 1$ ,则说明 ESV 对 VC 是缺乏弹性的,即 1% 的自变量变动将引起应变量小于 1% 的

变动。比值越大,表明 VC 的准确性对估算的 ESV 就越关键。该研究通过将各生态用地类型的生态价值系数分别上调和下调 50% 来计算 CS,从而来分析 ESV 对 VC 的敏感程度。其计算公式如下:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \right| \quad (4)$$

式中,ESV 为总生态服务价值量;VC 为生态服务价值系数; $i$  和  $j$  为最初的价值系数和调整后的价值系数; $k$  为某种生态用地类型;CS 为生态服务价值的敏感度。

## 2 结果与分析

**2.1 城乡结合部生态用地变化及其生态服务价值变化分析** 对遥感数据解译和实地调研后,得到 2000—2010 年岱岳区土地利用类型/覆被变化表(表 2)。从表 2 可看出,2000 年岱岳区生态用地总面积为 76 189.98  $hm^2$ ,占研究区总面积的 43.54%,其中园地在生态用地中所占比例最大,为 42.85%。2010 年生态用地总面积为 76 006.22  $hm^2$ ,相比 2000 年减少 183.76  $hm^2$ ,其结构特征为林地>园地>水域>未利用地,除林地面积有所增加外,其余各类生态用地面积均减少,其中,园地面积减少最多,达 768.24  $hm^2$ ;未利用地的变化幅度最大,变化率为 5.185%。

表 2 2000—2010 年泰安市岱岳区生态用地结构变化情况

Table 2 Structure change of ecological land-use in Daiyue District of Taian City from 2000 to 2010

生态用地类型 Ecological land type	2000 年		2010 年		变化量 Variable quantity $hm^2$	变化率 Rate of change//%
	面积 Area/ $hm^2$	比例 Proportion//%	面积 Area/ $hm^2$	比例 Proportion//%		
林地 Forest	30 797.63	40.422	31 980.61	42.076	+1 182.98	+3.841
园地 Garden	32 649.10	42.852	31 880.86	41.945	-768.24	-2.353
水域 Waters	7 106.61	9.327	6 800.36	8.947	-306.25	-4.309
未利用地 Unutilized land	5 636.64	7.398	5 344.39	7.032	-292.25	-5.185

**2.2 研究区生态用地的生态系统服务总价值变化** 根据上述计算方法和表2,计算得到泰安市岱岳区生态用地的生态服务价值(表3)。从表3可以看到,2000和2010年岱岳区生态用地的生态系统服务价值总量分别为 $1\,314.06 \times 10^6$ 、 $1\,311.23 \times 10^6$ 元,2000—2010年岱岳区生态用地生态服务价

值总量减少 $2.83 \times 10^6$ 元。从生态用地和生态系统服务价值变化情况看,水域的生态服务价值减少是最快的,10年内减少了 $17.19 \times 10^6$ 元;林地的生态服务价值在此时期内增加了 $22.31 \times 10^6$ 元;园地和未利用地的生态服务价值变化相对较小。

表3 2000—2010年泰安市岱岳区生态用地的生态系统服务价值变化

Table 3 Ecosystem service value change of ecological land in Daiyue District of Taian City from 2000 to 2010

$\times 10^6$ 元/a

生态用地类型 Ecological land type	2000年		2010年		2000—2010年变化 Change in 2000—2010
	价值量 Value quantity	贡献率 Contribution rate//%	价值量 Value quantity	贡献率 Contribution rate//%	
园地 Garden	580.87	44.20	603.18	46.00	22.31
林地 Forest	331.38	25.22	323.58	24.68	-7.80
水域 Waters	398.92	30.36	381.73	29.11	-17.19
未利用地 Unutilized land	2.89	0.22	2.74	0.21	-0.15
合计 Total	1 314.06	100	1 311.23	100	-2.83

**2.3 研究区单项态服务价值的变化** 根据表3和生态服务价值计算公式,计算泰安市岱岳区各类生态用地的生态系统单项服务价值量及其变化情况,结果见表4。从表4可以看出,水分调节和废物处理在所有服务项目中生态服务功能价值所占比例相对较大。从生态系统单项服务功能价值变化

的总体趋势来看,2000—2010年所有服务项目的价值量中水分调节和废物处理价值量下降幅度最大,其中废物处理的价值量减少了 $5.67 \times 10^6$ 元,下降最多,而土壤形成的价值量增加最多,达 $2.85 \times 10^6$ 元,其次为生物多样性,价值量增加 $2.07 \times 10^6$ 元。

表4 2000—2010年泰安市岱岳区生态用地生态系统单项服务价值变化

Table 4 Individual ecosystem services value change of ecological land in Daiyue District of Taian City from 2000 to 2010

$\times 10^6$ 元/a

服务功能 Service function	2000年		2010年		2000—2010年变化 Change in 2000—2010
	ESV	比例 Proportion//%	ESV	比例 Proportion//%	
气体调节 Gas regulation	137.88	10.49	139.64	10.65	1.76
气候调节 Climate regulation	124.42	9.47	125.60	9.58	1.18
水分调节 Moisture regulation	254.14	19.34	249.36	19.02	-4.78
侵蚀控制 Erosion control	69.76	5.31	70.22	5.36	0.46
土壤形成 Soil formation	168.43	12.82	171.28	13.06	2.85
废物处理 Waste treatment	239.63	18.24	233.96	17.84	-5.67
生物多样性 Biodiversity	106.49	8.10	108.56	8.28	2.07
食物生产 Food production	24.54	1.87	24.41	1.86	-0.13
原材料 Raw material	101.52	7.72	102.22	7.79	0.70
娱乐文化 Entertainment culture	87.23	6.64	85.98	6.56	-1.25
合计 Total	1 314.06	100	1 311.23	100	-2.83

**2.4 敏感性分析** 从表5可以看出,研究区各生态用地类型的ESV对VC的敏感性指数均小于1,其中最低的是未利用地,2000和2010年的敏感性指数分别为为0.0022和0.0021,即当未利用地生态价值系数增加1%时,总价值增加

0.0022%和0.0021%。以上结果表明,该研究中所选取的价值系数对于研究区而言是较合适的。可见对于生态系统服务价值系数(VC)来说,总生态系统服务价值是缺乏弹性的,研究结果是可信的。

表5 2000—2010年泰安市岱岳区生态系统服务价值敏感指数分析

Table 5 Analysis of the sensitivity index of ecosystem services in Daiyue District of Tai'an City from 2000 to 2010

生态用地类型 Ecological land type	VC调整 VC adjustment	ESV// $\times 10^6$ 元/a		敏感指数 Sensitivity index	
		2000年	2010年	2000年	2010年
林地 Forest	VC+50%	1 604.49	1 612.82	0.442 0	0.460 0
	VC-50%	1 023.62	1 009.64		
园地 Garden	VC+50%	1 479.74	1 473.02	0.252 0	0.247 0
	VC-50%	1 148.37	1 149.44		
水域 Waters	VC+50%	1 513.52	1 502.09	0.304 0	0.291 0
	VC-50%	1 114.60	1 120.36		
未利用地 Unutilized land	VC+50%	1 315.50	1 312.60	0.002 2	0.002 1
	VC-50%	1 312.61	1 309.86		

- 调节作用[J]. 癌变·畸变·突变, 2006, 18(1): 35-37.
- [3] 陈孝煊, 吴志新, 殷居易, 等. 大黄、穿心莲、板蓝根和金银花对异育银鲫免疫机能的影响[J]. 中国水产科学, 2003, 10(1): 36-40.
- [4] 苏永腾, 刘波, 周群兰. 大黄蒽醌提取物对罗氏沼虾抗鳃弧菌感染的研究[J]. 水产学报, 2008, 32(3): 455-463.
- [5] 李素莹, 周歧存. 大黄对凡纳滨对虾生长和非特异性免疫指标的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(6): 36-41.
- [6] 王芸, 李健, 刘淇, 等. 5种中草药对凡纳滨对虾生长及非特异性免疫功能的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(26): 8236-8239.
- [7] HIKIMA S, HIKIMA J, ROJTINNAKORN J, et al. Characterization and function of kuruma shrimp lysozyme possessing lytic activity against *Vibrio* species[J]. Gene, 2003, 316: 187-195.
- [8] JOLLÈS P, JOLLÈS J. What's new in lysozyme research? Always a model system, today and yesterday[J]. Molecular and cell biochemistry, 1984, 63(2): 165-189.
- [9] 蔡中华, 陈成勋, 邢克智, 等. 四种中药对鲤鱼非特异性免疫功能的影响[J]. 天津农学院学报, 1998, 5(2): 31-34.
- [10] 张明, 王建华, 赵毅, 等. 20味中药对鳃弧菌的药敏试验[J]. 动物医学进展, 2005, 26(8): 77-79.
- [11] 周群兰, 郑小平, 刘波, 等. 大黄提取物对嗜水气单胞菌的抑菌效果[J]. 江苏农业科学, 2007(2): 64-66.
- [12] 孙奕, 陈騄. 刺参体内微生物组成及其生理特性的研究[J]. 海洋与湖沼, 1989, 20(4): 300-307.
- [13] REGOLI F, CERRANO C, CHERICI E, et al. Seasonal variability of prooxidant pressure and antioxidant adaptation to symbiosis in the Mediterranean demosponge *Petrosia ficiformis*[J]. Marine ecology-progress series, 2004, 275(1): 129-137.
- [14] 陈忻, 周建平, 李玉红. 大黄等中药抗自由基损伤研究[J]. 北京中医, 1995(5): 48-49.
- [15] AI Q H, MAI K S, ZHANG L, et al. Effects of dietary  $\beta$ -1,3 glucan on in innate immune response of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* [J]. Fish & shellfish immunology, 2007, 22(4): 394-402.
- [16] SCHOLZ U, GARCIA DIAZ G, RICQUE D, et al. Enhancement of vibriosis resistance in juvenile *Penaeus vannamei* by supplementation of diets with different yeast products[J]. Aquaculture, 1999, 176(3/4): 271-283.
- [17] 樊永平, 周勇, 严宜左. 大黄水煎液对小鼠免疫功能的影响[J]. 中国中医药科技, 1995, 2(2): 24-25.
- [18] 陈清西, 陈素丽, 石艳. 长毛对虾碱性磷酸酶性质[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1996, 35(2): 257-261.
- [19] ZHANG R Q, CHEN Q X, ZHENG W Z, et al. Inhibition kinetics of green crab (*Scylla serrata*) alkaline phosphatase activity by dithiothreitol or 2-mercaptoproethanol[J]. The international journal of biochemistry and cell biology, 2000, 32(8): 865-872.
- [20] 聂月美. 饲料维生素C对中华鳖免疫、抗应激和体组成的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2006: 20-30.
- [21] CHENG T C. The role of Lysozymes in molluscan cellular response to immunologic challenge[J]. Comparative pathology, 1978, 4: 59-71.
- [22] MENG Z, SHAO J Z, XIANG L X. CpG oligodeoxynucleotides activate grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) macrophage[J]. Dev Comp Immunol, 2003, 27(4): 313-321.
- [23] 柯浩, 王江勇, 彭绪运, 等. 复方中草药对杂色鲍幼鲍血淋巴中几种酶活力的影响[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(5): 74-79.

(上接第54页)

### 3 小结与讨论

分析岱岳区生态用地对生态服务价值的影响可知, 在各类生态用地中, 林地生态系统和水域生态系统对生态系统服务价值影响度较大, 是影响整个生态系统服务价值变化的重要子系统。2000—2010年研究区生态用地总面积减少了183.76 hm<sup>2</sup>, 生态用地的生态系统服务价值总量减少了2.83×10<sup>6</sup>元, 其中水域减少的最多, 达17.19×10<sup>6</sup>元, 减少的原因主要是林地生态服务价值的增加不能弥补园地、水域和未利用地生态服务价值的减少。因此, 在城市规划过程中应尽量减少建设用地占用林地和水域的面积, 同时协调林地、水域与园地的面积, 以更好地发挥生态用地的生态系统服务功能。

### 参考文献

- [1] 邓红兵, 陈春娣, 刘昕, 等. 区域生态用地的概念及分类[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1519-1524.
- [2] 张红旗, 王立新, 贾宝全. 西北干旱区生态用地概念及其功能分类研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 5-8.
- [3] 赵丹, 李锋, 王如松. 城市生态用地的概念及分类探讨[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(专刊): 337-342.
- [4] 邓小文, 孙始超, 韩士杰. 城市生态用地分类及其规划的一般原则[J]. 应用生态学报, 2006, 16(10): 2003-2006.
- [5] 李洪远. 基于遥感和GIS的天津滨海新区30年间生态用地变化分析[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(1): 75-80.
- [6] 王振健, 李如雪. 城市生态用地分类、功能及其保护利用研究: 以山东聊城市为例[J]. 水土保持研究, 2006, 13(6): 306-308.
- [7] 李锋, 叶亚平, 宋博文, 等. 城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变: 以常州市为例[J]. 生态学报, 2011, 31(19): 5623-5631.
- [8] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评估[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640.
- [9] 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.
- [10] COSTANZA R, D'ARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(15): 253-260.
- [11] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746.
- [12] VAN DIJK A I J M, BRUIJNZEEL L A, ROSEWELL C J. Rainfall intensity-kinetic energy relationships: A critical literature appraisal[J]. Journal of hydrology, 2002, 261: 1-23.

### 名词解释

平均作者数: 指来源期刊每一篇论文平均拥有的作者数, 是衡量该期刊科学生产能力的一个指标。

地区分布数: 指来源期刊登载论文所涉及的地区数, 按全国31个省市计(不包括港澳台)。这是衡量期刊论文覆盖面和全国影响力大小的一个指标。

机构分布数: 指来源期刊论文的作者所涉及的机构数。这是衡量期刊科学生产能力的另一个指标。

海外论文比: 指来源期刊中, 海外作者发表论文占全部论文的比例。这是衡量期刊国际交流程度的一个指标。

基金论文比: 指来源期刊中, 各类基金资助的论文占全部论文的比例。这是衡量期刊论文学术质量的重要指标。

引用半衰期: 指该期刊引用的全部参考文献中, 较新一半是在多长一段时间内发表的。通过这个指标可以反映出作者利用文献的新颖度。