

# 长沙—株洲—湘潭市主城区土地利用变化的生态环境效应

郭荣中<sup>1,2</sup>, 杨敏华<sup>1</sup>

(1. 中南大学 地球科学与信息物理学院, 湖南 长沙 410083; 2. 长沙环境保护职业技术学院, 湖南 长沙 410004)

**摘要:** 根据长株潭(长沙—株洲—湘潭市)主城区 1996—2008 年土地利用变更调查数据, 采用 Costanza 生态系统服务价值的计算方法, 参照谢高地的生态服务价值系数, 结合敏感性(CS)分析, 评估了研究区域土地利用类型的生态系统服务价值, 并利用灰色模型对其发展趋势进行了预测分析。结果表明, 研究期内, 研究区生态系统服务价值从 1996 年的  $1.69 \times 10^9$  元减少至 2008 年的  $1.48 \times 10^9$  元。根据灰色模型的预测结果, 得到 2035 年研究区域生态系统服务价值将减少至  $1.08 \times 10^9$  元。区域价值受损的主要原因是土地利用转化导致生态服务价值的流向变化, 耕地、林地、水域向建设用地的转移导致生态服务价值的负流向。研究区域快速城市化和以追求 GDP 高速增长的发展模式已给生态安全带来了巨大压力。

**关键词:** 土地利用变化; 生态系统服务价值; 灰色模型; 长株潭主城区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)02-0261-04

中图分类号: F301.24

## Eco-environmental Effects of Landuse Change in Main Districts of Changsha—Zhuzhou—Xiangtan City

GUO Rong-zhong<sup>1,2</sup>, YANG Min-hua<sup>1</sup>

(1. School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha, Hu'nan 410083, China;

2. Changsha Environmental Protection Occupation Technical College, Changsha, Hu'nan 410004, China)

**Abstract:** According to the landuse change data of the city group of Changsha—Zhuzhou—Xiangtan obtained from 1996 to 2008 year, the value of ecosystem services (ESV) was calculated using the Costanza method with reference to the area of Chinese terrestrial ecosystem service value unit table. Combing sensitive analysis, we evaluated the ecosystem services of the area considering land use changes. We also predicted and analyzed land use changing trends with the gray model(1,1). The results showed that the ecosystem service values of the studied area have reduced from  $1.69 \times 10^9$  yuan in 1996 to  $1.48 \times 10^9$  yuan in 2008. According to the prediction by the Gray Model, the values of the ecosystem services will be reduced to  $1.08 \times 10^9$  yuan in 2035. The main reason for regional service value loss is that the conversion of land use types has led to negative ESV flow as cultivated and forest lands and water bodies were converted to construction land. Rapid urbanization and development in pursuit of the high increasing rate of GDP have created enormous pressure on ecological safety.

**Keywords:** landuse change; ecosystem services value; gray model; Changsha—Zhuzhou—Xiangtan City

土地利用/土地覆盖变化(land use and land cover change, LUCC)是全球环境变化研究的核心领域之一,LUCC 通过改变生态系统的结构和功能,对维持生态系统的服务功能起到决定性的作用<sup>[1-5]</sup>。国内外学者对不同尺度的 LUCC 驱动下的生态服务价值(ESV)变化做了大量的理论研究和实证分析<sup>[6-12]</sup>,研

究表明,通过 LUCC 对生态系统的服务功能价值进行评估,可以定量地分析和比较研究区域土地利用变化对生态系统的综合影响,具有重要的现实意义。长沙、株洲、湘潭(简称长株潭)城市群经国家发改委 2007 年正式批准为全国资源节约型和环境友好型社会建设综合配套改革试验区,长株潭区域经济社会得

收稿日期:2012-03-03

修回日期:2012-05-02

资助项目:湖南省科技厅科技计划项目“基于 RS 和 GIS 的长株潭区域土地利用覆被变化及其生态环境效应研究”(2011SK3203);长沙环境保护职业技术学院科研课题“长株潭城市群生态安全评价方法与预测模型研究”(10KY002)

作者简介:郭荣中(1979—),女(汉族),湖南省桂东县人,博士研究生,讲师,研究方向为土地信息与土地利用。E-mail:gyun91@163.com。

到快速发展,城市化水平不断提高,但由此带来了一系列生态环境问题。基于这一背景,选取长株潭主城区为研究区域,结合谢高地等人<sup>[13]</sup>的研究成果,运用生态服务价值评价方法,研究 1996—2008 年 13 a 间区域生态系统对土地利用变化的响应,为研究区域实现土地资源的可持续利用和保护生态环境,为长株潭城市群建设成为全国“两型”社会建设综合配套改革试验区提供决策支持。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

长株潭城市群市区位于湖南省中东部,呈“品”字形分布于湘江中游两岸,是湖南省自然条件优越,社会经济条件和基础设施条件最发达的区域。包括长沙市(雨花区、芙蓉区、天心区、岳麓区、开福区),株洲市(荷塘区、芦淞区、天元区、石峰区),湘潭市(雨湖区、岳塘区)共计 11 个市辖区。2008 年末,土地总面积 1 371.46 km<sup>2</sup>,占湖南省总面积的 0.65%;人口 423.19 万人,占该省总人口的 6.18%;地区生产总值 2 651.21 亿元,占该省总产值的 22.11%;人均 GDP 为 6.26 万元,城市化水平达 94.74%。

### 1.2 数据来源与处理

以 1996—2008 年长株潭主城区土地利用变更调查数据库为基础,来源于湖南省国土资源厅。土地分类系统按照《土地利用现状调查技术规程》,面积统计至 1 级地类,分别是耕地、园地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域、未利用地等 8 大类。社会经济资料来源于同期《湖南省统计年鉴》。

### 1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化分析 土地利用动态变化度可定量描述区域土地利用变化的速度,它对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用。单一土地利用类型动态度可表达区域一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,即:

$$K = \frac{(U_b - U_a)}{T \times U_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中:K——研究时段内某一土地利用类型动态度;U<sub>a</sub>、U<sub>b</sub>——研究期初、期末某种土地利用类型的数量;T——研究时段长,设定为年。

1.3.2 研究区生态系统服务价值测算 结合谢高地等人<sup>[13]</sup>的研究成果来确定研究区单位面积生态服务价值。根据研究区域的特点,在计算生态系统服务价值时当量因子的操作原则为:耕地对应农田,园地取森林和草地的平均值,林地对应森林,牧草地对应草地,

水域对应水域,未利用地对应难利用地,对居民地、工矿用地及交通用地按照 Costanza 等学者的估算方法,不估算其生态系统服务功能经济价值。据此可测算出各类土地利用类型单位面积年度生态系统服务功能经济价值 VC<sub>k</sub>。生态系统服务价值的计算公式为:

$$ESV = \sum_k (A_k \times VC_k) \quad (2)$$

$$ESV_f = \sum_k (A_k \times VC_{fk}) \quad (3)$$

式中:ESV——研究区生态系统服务总价值(元);A<sub>k</sub>——研究区 k 种土地利用类型的面积(hm<sup>2</sup>);VC<sub>k</sub>——单位面积上土地利用类型 k 的生态系统服务价值[元/(hm<sup>2</sup>·a)];ESV<sub>f</sub>——研究区生态系统单项服务价值(元);VC<sub>fk</sub>——单位面积上土地利用类型 k 的生态系统单项服务价值[元/(hm<sup>2</sup>·a)]。

1.3.3 敏感性分析方法 为了验证以上生态系统类型对于各种土地覆被类型代表性以及选用生态价值系数的准确性,引入敏感性数(CS)来反映生态系统服务价值对生态价值系数的依赖程度。计算方法为:

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

式中:CS——敏感性指数;i,j——初始价值和生态价值系数调整后的价值。当 CS<1,表明生态系统服务价值对于生态价值系数是缺乏弹性的,当 CS>1,表明生态系统服务价值对于生态价值系数是富有弹性的,比值越大,表明生态价值系数的准确性越高。

1.3.4 土地利用对生态服务价值影响预测 为了预测在当前土地利用状态下研究区域 ESV 的水平,本研究利用 GM(1,1)模型<sup>[14]</sup>对研究区域 2011—2035 年的区域生态系统服务总价值的变化情况进行预测。即:

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = (x_{(1)}^{(0)} - \frac{u}{a})e^{-at} + \frac{u}{a} \quad (x_{(1)}^{(0)} \supset x_{(1)}^{(0)}) \quad (5)$$

$$\hat{x}^{(0)}(t) = \hat{x}^{(1)}(t) - \hat{x}^{(1)}(t-1) \quad (6)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 研究区土地利用动态变化

对研究区土地利用类型面积变化和动态度进行分析,可以看出(表 1),研究期内,研究区内除牧草地外,其余各类土地利用均发生了较大的变化。耕地、园地、林地、水域、未利用地面积减少,居民点及工矿用地、交通用地、牧草地面积增加。面积减少的地类中耕地减少数量居首位,达 7 605.42 hm<sup>2</sup>;其次为园地,减少面积达 2 493.11 hm<sup>2</sup>。面积净增的地类中,居民点及工矿用地增加居首位,达 13 742.01 hm<sup>2</sup>;交通用地次之,达 2 142.87 hm<sup>2</sup>。从变化幅度来看,牧草地变化幅度最大;其次是交通用地;再次是园地;最小的是林地。

表 1 长株潭主城区土地利用类型面积变化和动态度

土地类型	1996 年面积	1999 年面积	2002 年面积	2005 年面积	2008 年面积	变化率/%	动态度
耕地	33 993.85	33 172.95	31 511.89	29 801.65	26 388.43	-22.37	-1.72
园地	5 202.60	4 962.15	4 676.49	4 493.03	2 709.49	-47.92	-3.69
林地	32 694.53	32 027.29	32 150.73	31 093.57	30 427.56	-6.93	-0.53
牧草地	1.55	1.55	8.52	7.36	3.73	140.65	10.82
居民点及工矿用地	37 130.32	39 074.30	41 601.41	44 628.72	50 872.33	37.01	2.85
交通用地	2 614.00	2 995.55	3 314.99	3 963.17	4 756.87	81.98	6.31
水域	19 164.63	18 767.53	18 440.08	17 886.49	17 050.65	-11.03	-0.85
未利用地	6 344.23	6 144.41	5 441.62	5 271.74	4 936.65	-22.19	-1.71

注:面积单位为  $\text{hm}^2$ 。

## 2.2 生态系统服务价值和生态系统单项服务价值变化

运用中国陆地生态系统单位面积生态服务价值表和长株潭主城区土地利用变更数据,估算 1996—2008 年长株潭主城区生态系统服务功能价值(ESV)。从表 2 可知,长株潭主城区 1996—2008 年间 ESV 呈

下降演变趋势。其中水域、耕地、林地、园地、未利用地 ESV 减少。仅牧草地 ESV 增加,其增加量可忽略不计。说明由于长株潭城市化过程中,城市基础设施建设力度加大,城市范围不断扩张,生态价值较高的地类不断转化为无生态价值的建设用地,导致了研究区域生态系统服务价值快速减少。

表 2 1996—2008 年长株潭主城区生态系统服务价值变化

地类	单位面积生态价值/ (元· $\text{hm}^{-2}$ )	生态价值/ $10^7$ 元					变化率/%
		1996 年	1999 年	2002 年	2005 年	2008 年	
耕地	6 114.30	20.78	20.28	19.27	18.22	16.13	-22.37
园地	12 870.25	6.70	6.39	6.02	5.78	3.49	-47.92
林地	19 334.00	63.21	61.92	62.16	60.12	58.83	-6.93
牧草地	6 406.50	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
水域	4 0676.40	77.95	76.34	75.01	72.76	69.37	-11.02
未利用地	371.40	0.24	0.23	0.20	0.20	0.18	-22.19
合计	85 772.85	168.88	165.16	162.66	157.08	148.00	-12.36

根据中国陆地生态系统单位面积生态服务价值表和长株潭主城区土地利用类型面积变化及动态度,计算出 1996—2008 年长株潭主城区生态系统单项服务价值(表 3)。从表 3 可知,长株潭主城区  $ESV_f$  的总体变化趋势表现为气体调节等全部功能价值均在

减少,其中水源涵养减少量最大,达到  $5.30 \times 10^7$  元;其次是废物处理,达到  $5.06 \times 10^7$  元,减少的主要原因是城市人口的急剧增加和城市规模的快速扩张,过多的具有较高生态系统服务价值的农用地、未利用地转为了无生态系统服务价值的建设用地。

表 3 长株潭主城区生态系统单项服务功能价值变化

生态系统服务功能	单项服务功能价值 $ESV_f/10^7$ 元					1996—2008 年变化量
	1996 年	1999 年	2002 年	2005 年	2008 年	
气体调节	12.62	12.33	12.24	11.80	11.11	-1.51
气候调节	12.10	11.82	11.66	11.22	10.47	-1.62
水源涵养	46.56	45.57	44.87	43.45	41.26	-5.30
土壤形成与保护	17.05	16.65	16.40	15.77	14.64	-2.41
废物处理	40.16	39.30	38.51	37.23	35.10	-5.06
生物多样性保护	16.98	16.60	16.38	15.81	14.86	-2.12
食物生产	3.56	3.48	3.32	3.15	2.81	-0.76
原材料生产	8.45	8.26	8.24	7.96	7.57	-0.88
休闲娱乐	11.40	11.16	11.03	10.68	10.18	-1.22
合计	168.88	165.16	162.66	157.08	148.00	-20.89

## 2.3 生态系统服务的敏感性分析

根据公式(4),将各土地利用类型的生态价值系数调整了 50%,计算出研究区 1996,1999,2002,2005

和 2008 年各种土地利用类型的敏感性指数(表 4)。由表 4 可以看出,各种情况下价值系数的敏感性指数都小于 1,且各年份之间差别不大。其中,水域的敏感

性指数最高,说明当水域的生态价值系数增加 1% 时,生态系统服务总价值将增加 0.461 6% ~ 0.468 6%。表明研究区生态系统服务价值是缺乏弹性的,并且相对于价值系数来说是相对稳定的。因此本研究所选用的价值系数适用于该研究区。

表 4 长株潭主城区 1996—2008 年的生态系统服务价值敏感性指数

敏感性系数	1996 年	1999 年	2002 年	2005 年	2008 年
水域	0.461 6	0.462 2	0.461 1	0.463 2	0.468 6
林地	0.374 3	0.374 9	0.382 1	0.382 7	0.397 5
耕地	0.123 1	0.122 8	0.118 5	0.116 0	0.109 0
园地	0.039 6	0.038 7	0.037 0	0.036 8	0.023 6
未利用地	0.001 4	0.001 4	0.001 2	0.001 2	0.001 2
牧草地	0	0	0	0	0

#### 2.4 生态系统服务价值预测

以 1996—2008 年长株潭主城区土地利用变更调查数据为基础,利用 GM(1,1) 模型,即公式(5)—(6),对研究区域 2011—2035 年生态系统服务价值进行预测分析(表 5)。

预测模型为: $Y = -4690.68e^{-0.3617t} + 4859.5576$   
( $t = 1, 2, \dots, n$ ) (7)

表 5 长株潭主城区生态系统服务价值及预测值

年份	生态价值/ $10^7$ 元	年份	生态价值/ $10^7$ 元
1996 年	168.88	2017 年	134.12
1999 年	165.16	2020 年	129.36
2002 年	162.67	2023 年	124.76
2005 年	157.08	2026 年	120.33
2008 年	148.00	2029 年	116.05
2011 年	144.18	2032 年	111.93
2014 年	139.06	2035 年	107.96

### 3 结论

(1) 研究区生态系统服务价值快速下降,反映了该研究区域生态系统为人类提供各种服务能力在持续下降,说明该区域随着城市化水平的提高,环境保护问题日益突出,城市粗放外延扩张式发展不符合两型社会的要求。

(2) 从生态系统单项服务价值  $ESV_f$  变化可以看出,单项功能价值均在减少,这主要是因为过多的具有较高生态系统服务价值的农用地、未利用地转为无生态系统服务价值的建设用地造成的。主要采取的对策为优化城市土地利用结构,实现城市空间结构的生态化,加快旧城区改造,盘活城市闲置土地,提高城市容积率,加大城市地下空间的开发与利用。

(3) 运用敏感性指数(CS)检验生态服务价值系

数在研究区的适用性。研究结果表明,研究区  $ESV$  相对于  $VC$  的敏感性指数都小于 1,说明  $ESV$  对  $VC$  缺乏弹性,研究结果是可信的。

(4) 利用 GM(1,1) 模型,预测研究区域 2011—2035 年生态系统服务价值的变化情况。研究发现,该区域到 2035 年  $ESV$  将下降到  $1.08 \times 10^9$  元。对于这种不容乐观的生态前景,当地政府必须引起高度重视并进行有效控制。

(5) 根据研究区域的具体情况,建议采取的措施主要有加大农村土地综合整治的力度,加强基本农田保护区的建设;抓紧实施城乡建设用地增减挂钩工作,促进土地资源节约集约利用;建立区域生态补偿机制,加强生态工程治理,促进生态文明建设。

#### [参 考 文 献]

- [1] Daily G. Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Washington: Island Press, 1997.
- [2] IIASA. Modeling land-use and land-cover change in Europe and Northern Asia [R]. IIASA: 1999 Research Plan, 1998.
- [3] IGBP/IHDP. Land-use and land-cover change science/research plan[R]. IGBP: IGBP Report and IHDP Report, 1995.
- [4] Moran E F. News on the land project [J]. Global Change Newslett, 2003, 54(6): 19-21.
- [5] GLP. Science plan and implementation strategy [R]. GLP: IGBP Report and IHDP Report, 2005.
- [6] 郭荣中, 申海建. 湖南省土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 国土资源科技管理, 2008, 25(6): 82-85.
- [7] 徐庭慎, 李升峰. 基于土地利用变化的江苏省生态服务价值新评估[J]. 土壤, 2010, 42(5): 849-854.
- [8] 李偲, 韩桂红, 海米提·依米提. 土地利用变化对喀纳斯自然保护区生态系统服务价值的影响[J]. 地域研究与开发, 2011, 30(3): 123-127.
- [9] 李波, 宋晓媛, 谢花林, 等. 北京市平谷区生态系统服务价值动态[J]. 应用生态学报, 2008, 19(10): 2251-2258.
- [10] 张宝雷, 张淑敏, 周启刚, 等. 土地利用和生态系统服务功能变化研究: 以三峡库区大宁河流域为例[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(2): 181-185.
- [11] 郑江坤, 余新晓, 夏兵, 等. 基于生态服务价值的潮白河上游土地利用优化[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 337-334.
- [12] 邓伟, 杨华, 崔艳君. 重庆主城区近 30 年土地利用变化的生态环境效应评价[J]. 水土保持研究, 2010, 17(3): 232-236.
- [13] 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): 189-195.
- [14] 程建权. 城市系统工程[M]. 湖北 武汉: 武汉大学出版社, 1999.