

刘亚男, 李淑杰, 孙 博, 等. 扶余市生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(3): 592-597.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2017.03.016

扶余市生态服务价值对土地利用变化的响应

刘亚男, 李淑杰, 孙 博, 黄烁秋, 马晓葳

(吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061)

摘要: 以扶余市 2009–2015 年土地利用变更调查数据为基础, 动态分析了扶余市土地利用变化, 结合敏感性指数分析计算了生态系统服务价值, 运用灰色关联理论分析了土地利用变化与生态系统服务价值的关联性。结果表明: 2009–2015 年间, 草地、交通运输用地、建设用地面积变化较大, 交通运输用地和建设用地面积分别增加 415.21 hm² 和 360.83 hm², 草地面积减少 893.27 hm²; 生态系统服务价值由 4.977 317 9×10⁹ 元减少到 4.973 789 5×10⁹ 元; 草地生态系统服务价值与总价值的关联度最大, 为 0.999 2, 其次为耕地, 关联度为 0.492 1。

关键词: 生态服务价值; 土地利用变化; 灰色关联分析

中图分类号: F301.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2017)03-0592-06

Responses of ecosystem service value to land use change in Fuyu city, Jilin province

LIU Ya-nan, LI Shu-jie, SUN Bo, HUANG Shuo-qiu, MA Xiao-wei

(College of Earth Sciences, Jilin University, Jilin 130061, China)

Abstract: Based on the data of land use change from 2009 to 2015 in Fuyu city, Jilin province, the dynamic changes of land use was analyzed. Together with sensitivity index analysis, the ecosystem service value was calculated. From 2009 to 2015, the area of grassland, transportation land, construction land changed greatly, transportation land and construction land area being increased by 415.21 hm² and 360.83 hm², and grassland area being reduced by 893.27 hm². Ecosystem services value reduced from 4.977 317 9×10⁹ yuan to 4.973 789 5×10⁹ yuan. The grey correlation analysis revealed that the correlation degree between grassland ecosystem service value and the total value was the largest (0.999 2), followed by cultivated land (0.492 1).

Key words: ecosystem service value; land use change; grey correlation analysis

土地是人类生存和发展的场所与物质支撑, 土地各自然要素与人类活动的综合作用形成土地综合生态系统。生态系统服务是自然界生态系统与组成该系统的各个要素能维持和满足人类各项活动的环

境条件和过程^[1]。生态系统服务价值是能够被量化的由生态系统提供的生态系统服务^[2]。土地利用变化必然会导致生态系统服务价值的变化, 研究土地利用变化对生态系统服务价值变化的影响及两者间的关联性, 可了解生态环境变化情况, 促进资源的合理配置, 推进社会经济的持续发展。

生态系统服务价值研究已是国内外永续发展研究的热点话题^[3-6]。1970 年开始, 国外学者就开始关注生态系统服务价值研究。1997 年 Costanza 等基于全球尺度系统量化了全球生态系统服务价值^[7]。Loomis 等利用条件评估法量化了受损水域

收稿日期: 2016-12-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(71303006); 中国科学院知识创新项目(KZCX2-YW-Q1-07)

作者简介: 刘亚男(1990-), 女, 山西大同人, 硕士, 主要从事土地经济管理与利用规划研究。(E-mail) 1146060313@qq.com

通讯作者: 李淑杰, (E-mail) shujieli@126.com

的生态系统服务价值^[8]。Bolund 等研究了城市生态系统服务价值^[9]。20 世纪 80 年代以来,中国学者也意识到生态系统服务价值研究的重要性。谢高地等参考 Costanza 等对全球生态系统服务价值评估的部分成果,对中国 200 位相关专家进行问卷调查,得到中国陆地生态系统单位面积服务价值表^[10]。随后中国学者开展了重点区域、城市及森林、水域等生态系统服务价值研究^[11-16]。研究地区生态系统服务价值对区域乃至全国生态环境及人类与自然和谐发展都有重要意义。

扶余于 2013 年 1 月撤县设市,正处于快速发展中,研究分析 2009—2015 年间扶余市土地利用变化与生态系统服务价值变化及两者间关联性,可为扶余市土地利用规划与生态文明建设提供现实基础,同时促进土地资源合理配置,为扶余市资源可持续利用、科学发展提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 区域概况

扶余市坐落在嫩江、松花江冲击平原的东北部边缘,位于东经 $125^{\circ}56' \sim 126^{\circ}11'$,北纬 $44^{\circ}45' \sim 45^{\circ}30'$,处于吉林省西北部、松原市东部,位于吉林省长春市、黑龙江省哈尔滨市的中间(图 1)。东与榆树市接壤,南接德惠市,北以松花江、拉林河为界与黑龙江省双城市、肇源县为邻,西与松原市宁江区毗邻且和前郭罗斯蒙古族自治县、农安县隔松花江相望,南北两面被松花江、拉林河环绕,地势东高西低中间洼,且地貌类型差异明显。扶余市属东部温带季风气候区,大陆性明显。扶余市下辖 5 个乡、12 个镇,其中包括 7 个居委会、383 个行政村。截至 2015 年年末,扶余市土地总面积为 $4\,647.05\text{ km}^2$,常住人口总数为 725 463 人;实现地区生产总值 $3.575\,094 \times 10^{10}$ 元,人均地区生产总值 49 280 元,略低于吉林省平均水平(51 843 元)。

1.2 数据来源

研究数据来源于扶余市 2009—2015 年土地利用现状和土地利用变更调查数据以及《扶余市统计年鉴》,研究中采用最新的土地利用现状分类(GB/T 21010—2007),并结合中国科学院土地资源分类系统,考虑当地实际情况,且为了研究过程中生态系统服务价值计算的方便,将地类归并为耕地、园地、林地、草地、其他农用地、水域、交通运输用地、建设用

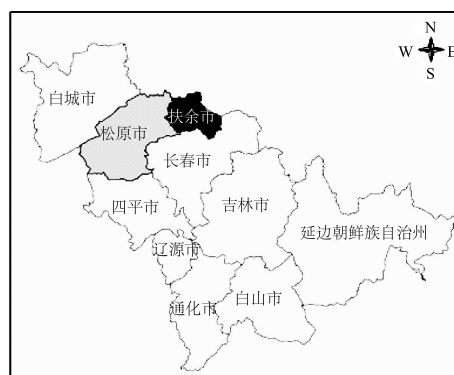


图 1 吉林省松原市扶余市位置示意图

Fig.1 The location of Fuyu city in Songyuan city, Jilin province

地和未利用地 9 类。

1.3 土地利用变化研究

1.3.1 单一土地利用动态度计算 单一土地利用动态度反映的是单一土地利用类型在一定时间段数量的动态变化,从定量角度衡量土地利用类型变化,其计算模型^[17]如下:

$$K = (U_b - U_a) / U_a \times 1/T \times 100\%$$

其中, K 为一定时间段土地利用类型数量变化动态度, T 为研究时段, U_a 、 U_b 分别为研究时段土地利用类型初期、末期的数量。

1.3.2 综合土地利用动态度计算 综合土地利用动态度反映研究区域土地利用类型在一定时间段内变化的频率,综合显示土地利用类型相互转移的变化情况,其计算模型^[18]如下:

$$C = \sum_i^n \Delta U_{i-j} / 2 \sum_i^n U_i \times 1/T \times 100\%$$

其中, C 为研究时间段综合土地利用动态度, T 为研究时段, U_i 为研究起始年份第 i 类土地利用类型的面积; ΔU_{i-j} 为研究时间段第 i 类土地利用类型转化为非 i 类土地利用类型面积的绝对值。

1.4 生态系统服务价值研究

1.4.1 生态系统服务价值评估 借鉴 Costanza 等^[7]与谢高地等^[10]的研究成果,参考中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表^[10]和以下计算模型^[8]计算生态系统服务价值:

$$ESV = \sum (\sum S_i \times VC_{ij})$$

其中, ESV 为研究区域生态系统服务总价值(元), S_i 为第 i 种土地利用类型的面积(hm^2), VC_{ij}

为第 i 种土地利用类型第 j 种生态服务功能单位面积的价值量 (元, 1 hm^2), i 为土地利用类型, j 为生态服务功能类型。

1.4.2 生态价值敏感性分析 生态系统服务价值的评估依赖于生态服务功能单位面积的价值量。为探究生态系统服务价值在随时间变化的过程中, 与生态服务功能单位面积的价值量的关系以及生态服务功能单位面积价值量确定的合理性, 引入投资经济评价中一种常用的不确定性研究方法——敏感性分析, 敏感性分析指数计算公式^[19]如下:

$$SAI = \left| \frac{(ESV_b - ESV_a) / ESV_a}{(VC_b - VC_a) / VC_a} \right|$$

其中, SAI 为生态价值敏感性分析指数, ESV_a 、 ESV_b 分别为研究区域调整前、后生态系统服务总价值, VC_a 、 VC_b 分别为调整前、后生态服务功能单位面积价值量。若 $SAI > 1$, 则说明 ESV 对 VC 是具有经济弹性的, VC 是否合理很关键; 若 $SAI < 1$, 则说明 ESV 对 VC 是缺少经济弹性的。 SAI 值越大, 则说明生态服务功能单位面积价值量的精确度对生态系统服务价值的评估影响越大。

1.5 灰色关联分析

灰色理论是华中科技大学邓聚龙教授在 1982 年提出的, 深化发展了系统思想, 计算方法如下:

表 1 扶余市单位土地生态系统服务价值表

Table 1 Unit land ecosystem service value of Fuyu city

生态系统服务功能	1 hm^2 土地生态系统服务价值 (元)								
	耕地	园地	林地	草地	其他农用地	水域	交通运输用地	建设用地	未利用地
气体调节	442.2	1 902.45	3 097.0	707.9	575.05	1 592.7	0	0	0
气候调节	787.5	1 592.75	2 389.1	796.4	791.95	15 537.9	0	0	0
水源涵养	530.9	1 769.70	2 831.5	707.9	619.40	31 748.4	26.5	26.5	26.5
土壤形成与保护	1 291.9	2 588.20	3 450.9	1 725.5	1 508.70	1 521.9	17.7	17.7	17.7
废物处理	1 451.2	1 159.20	1 159.2	1 159.2	1 305.20	32 173.2	8.8	8.8	8.8
生物多样性与保护	628.2	1 924.55	2 884.6	964.5	796.35	4 415.5	300.8	300.8	300.8
食物生产	884.9	177.00	88.5	265.5	575.20	354.0	8.8	8.8	8.8
原材料	88.5	1 172.40	2 300.6	44.2	66.35	70.7	0	0	0
娱乐文化	8.8	584.00	1 132.6	35.4	22.10	8 751.1	8.8	8.8	8.8
总计	6 114.1	12 870.25	19 334.0	6 406.5	6 260.30	96 165.4	371.4	371.4	371.4

2.2 研究区域土地利用变化

从表 2 可以看出, 2009–2015 年间, 土地利用类型面积变化量较大的是草地、交通运输用地、建设用

地。先将各土地利用类型与生态系统服务总价值数据转换成可比较的数列。各因素之间关联系数计算公式为: $\beta_{0i}(T) = (\alpha_{\min} + r\alpha_{\max}) / [\alpha_{0i}(T) + r\alpha_{\max}]$

$$\alpha_{0i}(T) = |X_0(T) - X_i(T)|$$

$$\alpha_{\max} = \max \alpha_{0i}(T) \quad \alpha_{\min} = \min \alpha_{0i}(T)$$

其中 r 为分辨系数, $r > 0$, 通常取 0.5。 $\beta_{0i}(T)$ 为因素 X_i 与 X_0 在 T 研究时段内的关联系数。

为了整体性比较, 根据 $\beta_{0i}(T)$ 求其各个时段关联系数的平均值, 作为比较数列与参考数列间关联程度的数量表示, 公式为 $\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_{0i}(T)$, 若 X_i 与 X_0 的关联度越大, 则 X_i 因素 X_0 的影响程度越大, 反之, 则影响越小。

2 结果与分析

2.1 扶余市单位土地生态服务价值

在中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表基础上计算扶余市单位土地生态服务价值, 其中耕地对应于农田, 园地对应于森林和草地的均值, 林地对应于森林, 其他农用地对应于农田和草地的均值, 交通运输用地和建设用地对应于荒漠, 水域对应于水体与湿地。基于扶余市土地利用变更调查数据, 得到扶余市单位土地生态系统服务价值表 (表 1)。

地。草地、林地、未利用地和园地土地类型面积减少, 减少量分别为 893.27 hm^2 、 144.61 hm^2 、 24.10 hm^2 和 15.26 hm^2 , 一部分转移到耕地、其他农用地

与水域上,大部分转移到交通运输用地和建设用地土地类型上,交通运输用地和建设用地分别增加 415.21 hm²和 360.83 hm²,其中 2009–2012 年水域面积增加,而 2012–2015 年水域面积减少。从综合

动态度上来看,2009–2012 年综合动态度为 0.05,而 2012–2015 年综合动态度为 0.03,表明 2012–2015 年间土地利用类型面积变化没有 2009–2012 年间变化迅速。

表 2 2009–2015 年间扶余市土地利用类型面积变化

Table 2 Changes of land use area for each type of land in Fuyu city from 2009 to 2015

土地利用类型	2009–2012 年		2012–2015 年		2009–2015 年	
	变化量(hm ²)	单一动态度(%)	变化量(hm ²)	单一动态度(%)	变化量(hm ²)	单一动态度(%)
耕地	72.39	0.01	61.22	0.01	133.61	0.01
园地	-9.51	-1.25	-5.75	-0.78	-15.26	-1.00
林地	-131.12	-0.11	-13.49	-0.01	-144.61	-0.06
草地	-501.37	-0.63	-391.90	-0.51	-893.27	-0.57
其他农用地	37.98	18.24	95.78	29.73	133.76	32.12
水域	34.37	0.06	-0.54	0	33.83	0.03
交通运输用地	369.31	1.28	45.90	0.15	415.21	0.72
建设用地	151.61	0.20	209.22	0.28	360.83	0.24
未利用地	-23.66	-0.33	-0.44	-0.01	-24.10	-0.17

2.3 扶余市生态系统服务价值及其变化

根据评估模型计算扶余市 2009–2015 年间生态系统服务总价值(表 3)。扶余市 2009–2015 年间生态系统服务总价值由 4.977 317 9×10⁹ 元减少到 4.973 789 5×10⁹ 元,减少了 3.528 4×10⁶ 元。在此期间,土地利用类型结构变化对扶余市区域生态系统服务价值影响较大,其他农用地、交通运输用地、建设用

地、水域和耕地的生态系统服务价值增长率分别为 192.74%、4.31%、1.45%、0.17% 和 0.04%;园地、草地、未利用地和林地由于其土地类型面积的减少,生态系统服务价值也呈现减少的现象,其生态系统服务价值增长率分别为 -6.00%、-3.39%、-1.00% 与 -0.35%。

表 3 扶余市生态系统服务价值总表

Table 3 The total value of ecosystem service in Fuyu city

年份	生态系统服务价值(×10 ⁴ 元)									
	耕地	园地	林地	草地	其他农用地	水域	交通运输用地	建设用地	未利用地	合计
2009	207 793.22	327.47	80 011.21	16 870.36	43.45	191 315.20	357.69	923.27	89.92	497 731.79
2010	208 113.55	324.21	79 796.95	16 560.22	54.06	191 664.09	358.05	924.55	89.04	497 884.71
2011	207 886.88	315.98	79 769.15	16 556.52	50.08	191 656.58	371.22	925.86	89.04	497 630.31
2012	207 837.48	315.23	79 757.70	16 549.16	67.22	191 645.72	371.40	928.90	89.04	497 561.86
2013	207 911.10	311.92	79 753.18	16 331.32	115.22	191 642.74	372.07	933.74	89.04	497 460.32
2014	207 900.25	307.83	79 736.16	16 317.58	118.39	191 645.91	372.06	935.45	89.04	497 422.67
2015	207 874.91	307.83	79 731.62	16 298.09	127.18	191 640.52	373.11	936.67	89.02	497 378.95

2.4 扶余市生态价值敏感性

为了使研究结果更精确,将各类生态服务功能

单位面积价值量上下调整 50%,利用生态敏感性分析指数计算公式,计算扶余市区域 2009–2015 年生

态敏感性分析指数情况(表 4)。由表 4 可以看出,各种土地类型的生态敏感性分析指数均小于 1,生态系统服务价值对生态服务功能单位面积价值量缺少经济弹性,说明研究中生态系统价值计算是合理的。其中,未利用地的敏感性分析指数为 0,园地、其他农用地、交通运输用地的敏感性分析指数几乎

为 0,说明未利用地、园地、其他农用地、交通运输用地的生态服务功能单位面积价值量的调整对生态系统服务总价值的影响很小,而耕地、水域、林地的生态服务功能单位面积价值量的调整对生态系统服务总价值的影响较大。

表 4 扶余市生态系统服务价值敏感性分析指数

Table 4 The sensitivity index of ecosystem services value in Fuyu city

土地类型	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
耕地	0.417 5	0.418 0	0.417 8	0.417 7	0.417 9	0.418 0	0.417 9
园地	0.000 7	0.000 7	0.000 6	0.000 6	0.000 6	0.000 6	0.000 6
林地	0.160 8	0.160 3	0.160 3	0.160 3	0.160 3	0.160 3	0.160 3
草地	0.033 9	0.033 3	0.033 3	0.033 3	0.032 8	0.032 8	0.032 8
其他农用地	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 2	0.000 2	0.000 3
水域	0.384 4	0.385 0	0.385 1	0.385 2	0.385 2	0.385 3	0.385 3
交通运输用地	0.000 7	0.000 7	0.000 7	0.000 7	0.000 7	0.000 7	0.000 8
建设用地	0.001 9	0.001 9	0.001 9	0.001 9	0.001 9	0.001 9	0.001 9
未利用地	0	0	0	0	0	0	0

2.5 土地利用变化与生态服务价值间的关联度

通过灰色关联分析,得到扶余市土地利用变化与生态服务价值间的关联系数和关联度(表 5)。可以看出,草地的生态系统服务对扶余市生态系统服务总价值关联度最大为 0.999 2,其次为耕地,关联度为 0.492 1。这是由于 2009-2015 年草地的减少

量最大,对生态系统服务总价值的影响较大,耕地在所有土地类型中面积比重最大,对生态系统服务总价值的贡献较大。为了提高扶余市整个生态系统价值,应适当增加草地、耕地、水域面积,严格控制建设用地面积,平衡各土地类型面积。

表 5 土地利用变化与生态服务价值间的关联系数和关联度

Table 5 The correlation coefficient and correlation degree between land use change and ecosystem service value

土地类型	关联系数							关联度
	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	
耕地	0.492 1	0.492 2	0.492 2	0.492 2	0.492 1	0.492 1	0.492 1	0.492 1
园地	0.355 4	0.355 3	0.355 4	0.355 4	0.355 3	0.355 3	0.355 3	0.355 3
林地	0.397 8	0.397 6	0.397 7	0.397 7	0.397 6	0.397 6	0.397 6	0.397 6
草地	0.997 8	0.999 0	0.999 0	0.999 1	0.999 9	0.999 9	1.000 0	0.999 2
其他农用地	0.355 2	0.355 2	0.355 3	0.355 3	0.355 4	0.355 4	0.355 4	0.355 3
水域	0.477 5	0.477 6	0.477 8	0.477 8	0.477 7	0.477 7	0.477 7	0.477 7
交通运输用地	0.355 4	0.355 3	0.355 4	0.355 4	0.355 3	0.355 3	0.355 3	0.355 3
建设用地	0.355 6	0.355 5	0.355 7	0.355 7	0.355 6	0.355 6	0.355 6	0.355 6
未利用地	0.355 2	0.355 1	0.355 3	0.355 3	0.355 2	0.355 2	0.355 2	0.355 2

3 讨论

对扶余市 2009–2015 年土地利用数据的动态分析结果表明,扶余市土地利用类型中耕地所占比重最大,这源于扶余县是传统的农业大县,撤县设市后,城市化进程加快,基础设施有所改善,交通运输用地和建设用地面积增加,草地、林地、未利用地和园地面积减少。从综合动态度上来看,2012–2015 年间土地利用类型面积变化没有 2009–2012 年间变化迅速,这是由于一方面扶余市落实了国家“占补平衡”及“城乡建设用地增减挂钩”等城市发展政策,另一方面生态文明建设要求合理、有效地配置土地资源。

参照谢高地等的中国陆地生态系统服务单位面积价值表^[10],并结合敏感性指数分析发现,2009–2015 年间扶余市区域内的生态系统服务总价值减少,且单一土地利用类型的变化对生态系统服务价值的影响较大。从生态价值敏感性分析结果可以看出,各种土地类型的生态敏感性指数均小于 1,生态系统服务价值对生态服务功能单位面积价值量缺少经济弹性,说明本研究中生态系统价值计算是合理的,耕地、水域、林地等单位面积生态系统服务价值对总价值影响较敏感。

对土地利用数据与生态系统服务总价值进行灰色关联分析,结果显示草地的生态系统服务对扶余市生态系统服务总价值的关联度最大,其次为耕地,说明草地对生态系统服务总价值的影响大,而耕地在所有土地类型中面积比重最大,对生态系统服务总价值的贡献较大。

扶余市现为松原市的县级市,其历史悠久,提高生态系统服务价值不仅关系到扶余市本身,且对松原市及吉林省生态文明建设有重要意义,优化土地利用结构,平衡土地类型是提高生态系统服务价值水平的关键。本研究结果能基本反映扶余市生态系统服务价值的变化情况,可以为扶余市土地利用规划、资源合理配置及持续发展提供科学的理论参考。

参考文献:

- [1] DAILY G C, ALEXANDCO J, EHRLICH P R, et al. Ecosystem services benefits supplied to human societies by natural Ecosystems

- [J]. *Issues in Ecology*, 1997, 2: 1-18.
- [2] 师晓娟. 兰州城市生态系统服务价值的评估方法与结果比较 [D]. 兰州: 西北师范大学, 2013.
- [3] 罗春香, 杨 君, 段建南, 等. 基于城乡接合部土地利用变化的生态系统服务价值研究 [J]. *江苏农业科学*, 2016, 44(5): 420-425.
- [4] 赵 丹, 李 峰, 王如松. 城市土地利用变化对生态系统服务的影响——以淮北市为例 [J]. *生态学报*, 2013, 33(8): 2343-2349.
- [5] SHERROUSE B, CLEMENT J, SEMMENTS D. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services [J]. *Applied Geography*, 2011, 31: 748-760.
- [6] 宋利利, 秦明周, 范云峰, 等. 县域土地利用总体规划实施的生态效应评价——以河南省叶县为例 [J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(7): 460-463.
- [7] COSTANZA R, D'ARCE R, DE GROAT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [8] LOOMIS J, KENT P. Measuring the total economics value restoring ecosystem services in an impaired river basin: Results from a contingent valuation survey [J]. *Ecological Economics*, 2000, 33: 103-117.
- [9] BOLUND P, HUNHAMMAR S. Ecosystem services in urban areas [J]. *Ecological Economics*, 1999, 29: 293-301.
- [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] 马 倩, 孙 虎, 胥 梅. 新疆艾比湖生态脆弱区生态服务价值对土地利用变化的响应 [J]. *地域研究与开发*, 2011, 30(4): 112-116.
- [12] 赖雪梅, 罗伟玲. 北部湾经济区生态用地生态系统服务价值研究 [J]. *技术经济研究*, 2014(11): 46-49.
- [13] 蒋 晶, 田光进. 1988 年至 2005 年北京生态服务价值对土地利用变化的响应 [J]. *资源科学*, 2010, 32(7): 1407-1416.
- [14] 钟 媛. 西安市土地生态系统服务价值研究 [D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2014.
- [15] 薛沛沛, 王 兵, 牛 香. 武宁县、江山市和邵武市森林生态系统服务功能及其价值评估 [J]. *水土保持学报*, 2013, 27(5): 249-254.
- [16] 赵振洋, 廖和平, 王 帅, 等. 三峡库区土地生态资产价值新评估——以重庆市巫山县为例 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 40(12): 72-77.
- [17] DUNN R. Global mapping of ecosystem disservices: The unspoken reality that nature sometimes kills us [J]. *Biotropica*, 2010, 42: 555-557.
- [18] 刘纪远. 国土资源环境遥感宏观调查与动态研究 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [19] 王 璐, 杨 洁, 胡月明, 等. 广州市土地利用生态服务价值测算研究 [J]. *水土保持通报*, 2009, 29(4): 229-234.

(责任编辑: 张震林)