

# 土地利用变化对乌江源区生态系统服务价值的影响

韩会庆<sup>1</sup>, 罗绪强<sup>2</sup>, 郜红娟<sup>2</sup>, 白玉梅<sup>1</sup>, 张新鼎<sup>1</sup>

(1. 贵州理工学院 建筑与城市规划学院, 贵阳 550003; 2. 贵州师范学院 地理与旅游学院, 贵阳 550018)

**摘要:**基于 2000 年和 2015 年乌江源区土地利用数据,利用 CLUE-S 模型,预测了 2030 年乌江源区土地利用数据。并利用生态系统服务价值系数法,分析了 2000—2030 年乌江源区土地利用变化对生态系统服务价值的影响。结果表明:2000—2015 年和 2015—2030 年,乌江源区生态系统服务总价值均呈增加趋势。耕地面积减少导致耕地生态系统服务价值和食物生产服务价值下降,林地面积大幅增加使得大部分生态系统服务功能价值增加。生态系统服务价值变化空间破碎化严重与土地利用变化空间破碎有关。生态修复工程驱动下大量耕地转为林地是乌江源区生态系统服务价值增加的主要因素。

**关键词:**生态系统服务价值; 土地利用变化; 空间格局; 乌江源区

中图分类号:X171; F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)04-0270-04

## Impacts of Land Use Change on Ecosystem Service Values in Source Region of Wujiang

HAN Huiqing<sup>1</sup>, LUO Xuqiang<sup>2</sup>, GAO Hongjuan<sup>2</sup>, BAI Yumei<sup>1</sup>, ZHANG Xinding<sup>1</sup>

(1. College of Architecture and Urban Planning, Guizhou Institute of Technology, Guiyang 550003, China; 2. College of Geography and Tourism, Guizhou Normal College, Guiyang 550018, China)

**Abstract:** Based on land use data for 2000 and 2015 in source region of Wujiang, land use map for 2030 has been projected with the help of the CLUE-S model. We analyzed the change of ecosystem service value resulting from land use change from 2000 to 2030 by using the method of ecosystem service value coefficients. The results showed that the total ecosystem service value increased from 2000 to 2015 and from 2015 to 2030, farmland ecosystem service value and food production service value presented the decreasing trend due to the decrease of farmland area. Most ecosystem service function values presented the increasing trend owing to the prominent increase of woodland area. There was the significant spatial fragmentation for ecosystem service value change which is related to spatial fragmentation for land use change. The implementation of ecological rehabilitation project resulted in the conversion of farmland to woodland, which led the increasing trend for ecosystem service value in source region of Wujiang.

**Keywords:** ecosystem service value; land use change; spatial pattern; source region of Wujiang

自然生态系统为人类社会提供了一系列有利于经济发展的生态系统服务和产品<sup>[1]</sup>。然而,在过去几十年间,土地利用变化大大改变了生态系统服务,使其难以满足人类的需求<sup>[2]</sup>。探讨土地利用变化对生态系统服务的影响对区域生态环境保护、社会经济发展战略制定具有重要的意义<sup>[3]</sup>。目前,不同空间尺度的土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究已受到学者关注。如 Brown<sup>[4]</sup>分析了全球尺度生态系统服务的社会价值与土地覆盖变化的关系。Zorrilla-

Miras 等<sup>[5]</sup>分析了西班牙这一国家尺度土地利用变化对湿地生态系统服务价值的影响。Lauf 等<sup>[6]</sup>分析了城市这一地区尺度的城市扩张对生态系统服务价值的影响。然而,在区域尺度很少关注河源地区这一生态脆弱区。此外,当前研究主要关注过去时点的土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究,魏慧等<sup>[7]</sup>分析了德州市 2006—2014 年土地利用变化对生态系统服务价值的时空变化的影响。刘桂林等<sup>[8]</sup>分析了 1980—2010 年长三角地区土地利用变化对生态

系统服务价值的影响。然而,这些研究很少关注未来时点土地利用变化对生态系统服务价值的影响。

乌江源区位于典型生态脆弱山区,其环境质量对长江流域生态安全具有重要意义<sup>[9]</sup>。然而,由于复杂的地形、脆弱的生态环境、过高的人口压力,该区出现了土地退化、土壤侵蚀、环境污染等环境问题<sup>[10]</sup>。故而,在20世纪后期,政府开始实施石漠化治理、退耕还林还草工程、天然林保护工程等生态修复工程<sup>[11]</sup>。因此,本研究以乌江源区为例,探究其土地利用变化对生态系统服务价值的影响,以期对河流源区土地利用优化、生态环境保护提供科学依据。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区概况

乌江全长1 037 km,面积8.79万km<sup>2</sup>,发源于中国西部的云贵高原,是长江上游重要支流。乌江源区位于贵州省西部,素有南北两源之说,南源为三岔河,北源为六冲河。河道河谷深切,纵坡陡峻,伏流众多,洪枯水位变幅较大。本研究选取六冲河、三岔河流域作为乌江源区。气候属亚热带季风气候,年平均气温13~18℃,年平均降水量1 100~1 300 mm。地形由滇东高原向黔中山区倾斜,地势西高东低,地形以山地为主。黄壤、黄棕壤、石灰土是主要土壤类型。马尾松、华山松和云南松是主要植被类型。受特殊的喀斯特地貌及较强的人类活动影响,乌江源区生态环境脆弱,水土流失严重。研究区涉及贵州省毕节市、安顺市、贵阳市3个地级市14个县级行政单元,该区经济发展水平较低,农业产值比例较高<sup>[12]</sup>。

### 1.2 数据来源和处理

遥感数据来源于2000年和2015年的Landsat卫星影像(分辨率30 m)。采集时间6—10月。利用ENVI软件解译遥感影像,具体步骤包括:几何纠正、图像配准、去云和图像拼接等。利用最大似然分类法,将解译结果划分为耕地、林地、草地、建设用地、水域和未利用地6种地类。利用ArcGIS软件得到土地利用转移矩阵。坡度和高程数据来自美国国家航空航天局ASTER GDEM(分辨率30 m)。年平均降水量、年平均气温、太阳辐射量数据由贵州省气候中心提供。交通、土壤肥力数据来源于贵州地图集和贵州土地资源地图集。人口密度、固定资产投资和人均GDP数据来源于贵州省统计年鉴。利用ArcGIS软件,将土地利用变化的驱动因子转换为栅格格式,分辨率为100 m×100 m。将驱动因子导入CLUE-S模型用于预测2030年乌江源区土地利用数据。

### 1.3 CLUE-S 模型

CLUE-S模型是基于区位适宜性的经验分析,结合空间和时间的竞争关系,模拟和预测未来土地利用变化空间格局。该模型包括4个部分:空间政策和限制、土地利用类型转换设置、土地利用需求和区位特征<sup>[13]</sup>。转换弹性系数介于0~1。分值越高,表示转为其他土地利用类型的难度较大,反之,越简单<sup>[14]</sup>。依据研究区特点及参考相关文献<sup>[15]</sup>,耕地、林地、草地、建设用地、水域和建设用地的弹性系数分别为0.3,0.5,0.7,1,0.9,0.6。区位特征是土地利用变化的潜在影响因素。利用Logistic模型进行计算:

$$\lg\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right)=\beta_0+\beta_1 X_{1,i}+\beta_2 X_{2,i}+\cdots+\beta_n X_{n,i} \quad (1)$$

式中: $P_i$ 是在某一位置上土地利用类型转化概率; $i$ 和 $X$ 是位置因素。通过Logistic模型计算系数。利用ROC曲线评价Logistic模型拟合度。拟合度越接近1,说明Logistic模型的拟合越好<sup>[16]</sup>。

### 1.4 生态系统服务评估

乌江源区位于贵州省西部的毕节市和安顺市,依据毕节市和安顺市单位面积农田每年自然粮食产量的经济价值,对谢高地等<sup>[17]</sup>提出的中国6种陆地生态系统单位面积服务价值表进行修正,具体方法请见参考文献<sup>[18]</sup>。

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

式中:ESV是生态系统服务价值; $A_k$ 是面积; $VC_k$ 是某一土地利用类型的价值系数。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用变化

2000—2030年,林地和耕地一直是该区主要的土地利用类型,占土地利用总面积的80%以上。草地、建设用地、水域和未利用地的面积和比例相对较小。研究期间,耕地和未利用地呈下降趋势,林地、草地、建设用地和水域呈增加趋势,其中,耕地、林地和草地面积变化较大。建设用地、水域和未利用地面积变化较小(表1)。从空间上看,北部和中部以林地为主,东部、南部和西南部以耕地为主,南部以草地为主,其他地类分布较为分散。

2000—2015年和2015—2030年土地利用转移矩阵中,耕地、林地和草地是土地利用转换的主要类型。建设用地、水域和未利用地转化的面积较小。耕地转为林地的面积最大,其次是林地转为耕地。而耕地转为草地、草地转为耕地以及林地转为草地面积相对较小。建设用地、水域和未利用地之间转化以及建设用地、水域和未利用地与其他地类转化面积均较小(表2)。

表 1 乌江源区土地利用变化

土地利用类型	2000 年		2015 年		2030 年		2000—2015 年		2015—2030 年	
	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
耕地	5334	35.80	4731	31.65	4127	27.61	−603	−4.15	−604	−4.04
林地	7990	53.62	8332	55.74	8777	58.71	342	2.11	445	2.98
草地	1257	8.44	1522	10.18	1645	11.00	265	1.75	123	0.82
建设用地	224	1.50	239	1.60	245	1.64	15	0.10	6	0.04
水域	65	0.44	100	0.67	131	0.88	35	0.23	31	0.21
未利用地	30	0.20	25	0.17	24	0.16	−5	−0.03	−1	−0.01

表 2 乌江源区土地利用转换矩阵 km<sup>2</sup>

土地利用类型		2015 年					
		耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地
2000 年	耕地	2636	2070	455	114	46	10
	林地	1638	5630	600	81	30	6
	草地	324	487	422	11	12	1
	建设用地	92	82	18	30	2	0
	水域	18	25	11	2	9	0
	未利用地	9	5	7	0	1	8
土地利用类型		2030 年					
		耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地
2015 年	耕地	2490	1661	443	94	39	4
	林地	1247	6444	533	67	33	8
	草地	262	572	656	15	11	6
	建设用地	98	73	12	53	3	0
	水域	22	24	8	1	45	0
	未利用地	8	3	8	0	0	6

2.2 生态系统服务价值变化

研究期间,林地生态系统服务价值一直在生态系

统服务总价值中占突出地位。其次为耕地。水域、草地和未利用地的生态系统服务价值均较低。2000—2015 年和 2015—2030 年,研究区生态系统服务总价值分别增加 11.16 亿元和 12.85 亿元。耕地面积下降导致耕地生态系统服务价值呈下降趋势。林地、草地和水域面积增加导致其生态系统服务价值呈增加趋势,其中,林地生态系统服务价值增加量较大,建设用地和未利用地生态系统服务价值无变化(表 3)。

研究期间,土壤形成与保护、生物多样性保护、水源涵养、气体调节服务价值较高,气候调节、废物处理、原材料服务价值居中,食物生产和娱乐服务价值较低。2000—2015 年和 2015—2030 年,耕地大幅减少导致食物生产服务价值呈下降趋势,林地大幅增加导致其他生态系统服务功能价值呈增加趋势,其中,水源涵养服务价值增加较大,其次为气体调节、土壤形成与保护、生物多样性保护、原材料服务价值,气候调节、娱乐服务和废物处理服务价值增加较小(表 4)。

表 3 乌江源区各地类生态系统服务价值变化

土地利用类型	2000 年		2015 年		2030 年		2000—2015 年		2015—2030 年	
	价值/10 <sup>6</sup> 元	比例/%	价值/10 <sup>6</sup> 元	比例/%	价值/10 <sup>6</sup> 元	比例/%	价值/10 <sup>6</sup> 元	比例/%	价值/10 <sup>6</sup> 元	比例/%
耕地	60.22	16.49	53.41	14.19	46.59	11.97	−6.81	−2.30	−6.82	−2.22
林地	285.27	78.10	297.49	79.03	313.37	80.50	12.21	0.93	15.89	1.47
草地	14.87	4.07	18.01	4.78	19.46	5.00	3.13	0.71	1.46	0.22
建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
水域	4.88	1.34	7.51	2.00	9.84	2.53	2.63	0.66	2.33	0.53
未利用地	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计	365.26	100.00	376.43	100.00	389.28	100.00	11.16	0.00	12.85	0.00

表 4 乌江源区各类生态系统服务价值变化

服务类型	10 <sup>6</sup> 元				
	2000 年	2015 年	2030 年	2000—2015 年	2015—2030 年
食物生产	10.65	9.85	9.00	−0.79	−0.85
原材料	34.92	36.29	38.09	1.38	1.80
气体调节	51.70	53.51	55.72	1.81	2.21
气候调节	44.91	45.95	47.24	1.05	1.29
水源涵养	50.82	53.52	56.45	2.71	2.93
废物处理	36.02	36.75	37.27	0.72	0.52
土壤形成与保护	67.65	69.24	71.03	1.59	1.79
生物多样性保护	51.27	53.00	55.01	1.73	2.01
娱乐文化	17.34	18.31	19.46	0.97	1.15

3 讨论与结论

3.1 讨论

我国西部地区生态修复工程的实施,使得大量耕

地转化为林地和草地,进而使得耕地生态系统服务价值下降,林地和草地生态系统服务价值增加,这与 Su 等<sup>[19]</sup>研究成果较为一致。由于林地具有较高的生态系统服务价值系数,同时该区林地面积和比例均呈增加趋势,这使得林地增加对该区生态系统服务价值增

加具有突出作用。耕地面积和比例的下降使得食物生产服务价值呈下降趋势。而其他服务价值的增加与林地和草地的增加密切相关。尽管水域生态系统服务价值系数很高,但其面积和比例变化不大,进而对生态系统服务价值增加的贡献较小。

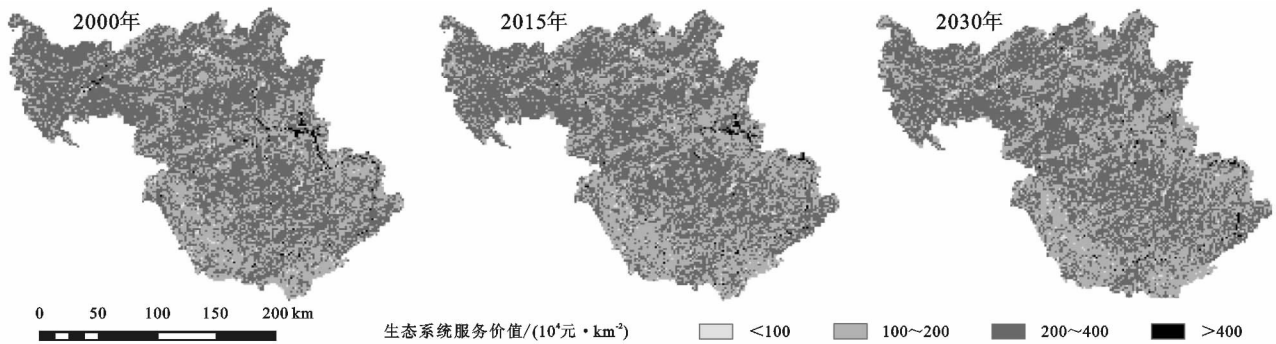


图 1 乌江源区生态系统服务价值空间格局

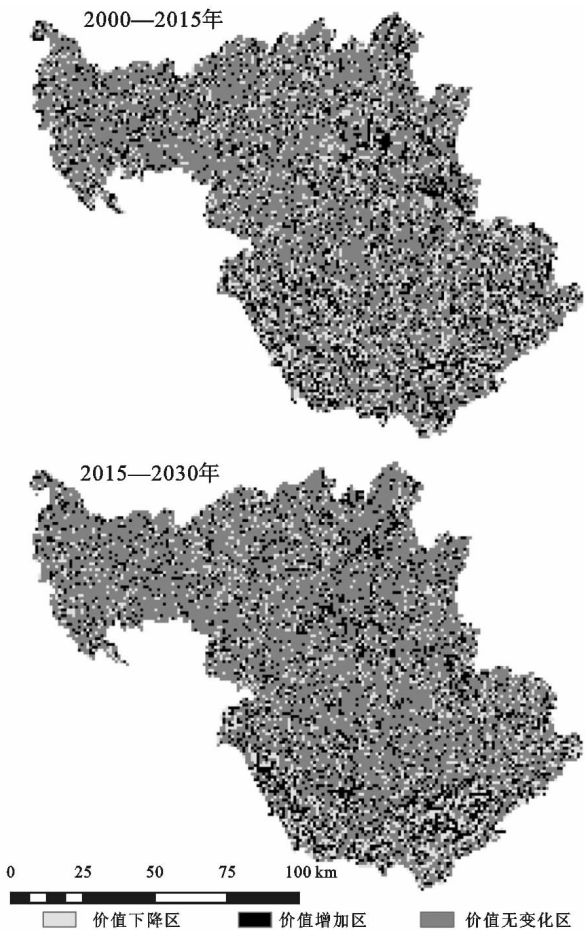


图 2 乌江源区生态系统服务价值变化空间格局

本研究发现,该区生态系统服务价值呈增加趋势,这与李正等<sup>[20]</sup>对贵州省的研究结论较为一致。然而,受复杂山地地形影响,乌江源区生态系统服务价值变化的破碎化严重,这明显有别于其他地区生态系统服务变化空间特点。此外,乌江源区是贫困的喀斯特山区。尽管该区生态系统服务价值呈增加趋势,但粮食生产服务价值的下降会对社会经济可持续发

展带来不利影响。

3.2 结 论

(1) 2000—2015 年和 2015—2030 年,乌江源区生态系统服务总价值分别增加 11.16 亿元和 12.85 亿元。林地对生态系统服务总价值的贡献达 75% 以上。耕地面积减少使得耕地生态系统服务价值呈下降趋势,林地、草地和水域面积增加使得林地、草地和水域的生态系统服务价值呈增加趋势。

(2) 2000—2015 年和 2015—2030 年,耕地大幅减少导致食物生产服务价值呈下降趋势,林地大幅增加导致大部分生态系统服务功能价值呈增加趋势。土地利用变化空间较为破碎使得生态系统服务价值变化空间破碎化严重。生态修复工程的实施使得大量耕地转为林地,进而导致该区生态系统服务价值呈增加趋势。

参考文献:

[1] Bryan B A. Incentives, land use, and ecosystem services: Synthesizing complex linkages[J]. Environmental Science & Policy, 2013, 27(27): 124-134.

[2] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: the assessment series (four volumes and summary)[M]. Washington DC: Island Press, 2005.

[3] Mendoza-González G, Martínez M L, Lithgow D, et al. Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico[J]. Ecological Economics, 2012, 82(20): 23-32.

[4] Brown G. The relationship between social values for ecosystem services and global land cover: An empirical analysis[J]. Ecosystem Services, 2013, 5: 58-68.

[5] Zorrilla-Miras P, Palomo I, Gómez-Baggethun E, et al. Effects of land-use change on wetland ecosystem services: A case study in the Doñana marshes(SW Spain)[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 122: 160-174.

- [33] 庄腾飞,柳云龙,章立佳,等.上海城郊土壤重金属含量的空间变异与分布特征:以上海市闵行区为例[J].长江流域资源与环境,2012,21(S1):99-104.
- [34] Cambardella C A, Moorman T B, Novak J M, et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1994,58(5):1501-1511.
- [35] 郭旭东,傅伯杰,马克明,等.基于GIS和地统计学的土壤养分空间变异特征研究:以河北省遵化市为例[J].应用生态学报,2000,11(4):557-563.
- [36] Robertson G P, Klingensmith K M, Klug M J, et al. Soil resources, microbial activity and primary production across an agricultural ecosystem[J]. Ecological Applications, 1997,7(1):158-170.
- [37] 黄绍文,金继运,杨俐苹,等.县级区域粮田土壤养分空间变异与分区管理技术研究[J].土壤学报,2003,40(1):79-88.
- [38] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析试验教程[M].北京:科学出版社,2006.
- [39] 胡玉福,邓良基,张世熔,等.川中丘陵区典型小流域土壤氮素空间变异特征及其影响因素研究[J].水土保持学报,2008,22(3):70-81.
- [40] Yang X L, Zhu B, Li Y L. Spatial and temporal patterns of soil nitrogen distribution under different land uses in a watershed in the hilly area of purple soil, China[J]. Journal of Mountain Science,2013,10(3):410-417.
- [41] Xue Z J, Cheng M, An S S. Soil nitrogen distributions for different uses and landscape positions in a small watershed on Loess Plateau, China[J]. Ecological Engineering, 2013,60(11):204-213.
- [42] 李寿田,周健民,王火焰,等.不同土壤磷的固定特征及磷释放量和释放率的研究[J].土壤学报,2003,40(6):908-914.
- [43] 王晖,丁伟,许自成,等.贵州烟区紫色土与其他土壤类型养分特点的差异[J].贵州农业科学,2006,34(3):22-25.
- [44] 张彬,杨联安,冯武煊.基于改进 TOPSIS 和 COK 的土壤养分综合评价[J].干旱区资源与环境,2016,30(7):180-185.

(上接第 273 页)

- [6] Lauf S, Haase D, Kleinschmit B. Linkages between ecosystem services provisioning, urban growth and shrinkage: A modeling approach assessing ecosystem service trade-offs[J]. Ecological Indicators, 2014, 42(1809):73-94.
- [7] 魏慧,赵文武,张骁,等.基于土地利用变化的区域生态系统服务价值评价:以山东省德州市为[J].生态学报,2017,37(11):3830-3839.
- [8] 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.
- [9] 郜红娟,韩会庆,俞洪燕,等.乌江流域重要生态系统服务地形梯度分布特征分析[J].生态科学,2016,35(5):154-159.
- [10] 易武英,苏维词.基于RS和GIS的乌江流域生态安全度变化评价[J].中国岩溶,2014,33(3):308-318.
- [11] 曹建华,袁道先,童立强,等.中国西南岩溶生态系统特征与石漠化综合治理对策[J].资源与生态学报,2015,6(4):247-256.
- [12] 韩会庆,蔡广鹏,郜红娟,等.基于生态敏感性和人类活动扰动强度的乌江源区生态补偿空间配置研究[J].贵州师范大学学报:自然科学版,2017,35(4):17-22.
- [13] Luo G P, Yin C Y, Chen X, et al. Combining system dynamic model and CLUE-S model to improve land use scenario analyses at regional scale: A case study of Sangong watershed in Xinjiang, China[J]. Ecological Complexity, 2010,7(2):198-207.
- [14] Verburg P H, Britz W, Leip A. Modelling of land cover and agricultural change in Europe: Combining the CLUE and CAPRI-Spat approaches[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2011,142(1):40-50.
- [15] 谢莹,匡鸿海,吴晶晶,等.基于CLUE-S模型的重庆市渝北区土地利用变化动态模拟[J].长江流域资源与环境,2016,25(11):1729-1737.
- [16] Shoyama K, Yamagata Y. Predicting land-use change for biodiversity conservation and climate-change mitigation and its effect on ecosystem services in a watershed in Japan[J]. Ecosystem Services, 2014,8:25-34.
- [17] 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.
- [18] 郜红娟,罗绪强,韩会庆,等.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,2016,40(1):135-141.
- [19] Su C H, Fu B J. Evolution of ecosystem services in the Chinese Loess Plateau under climatic and land use changes[J]. Global and Planetary Change, 2013,101(1):119-128.
- [20] 李正,王军,白中科,等.贵州省土地利用及其生态系统服务价值与灰色预测[J].地理科学进展,2012,31(5):577-583.