

# “三江”流域(云南部分)土地利用变化的生态环境效应研究

赵成<sup>1,2</sup>, 顾小华<sup>1,2</sup>, 姜宏雷<sup>1,2</sup>, 李增<sup>1,2</sup>, 朱艳艳<sup>1,2</sup>, 连振龙<sup>1,2</sup>

(1. 云南秀川环境工程技术有限公司, 昆明 650021; 2. 云南省水利水电勘测设计研究院, 昆明 650021)

**摘要:**以云南省三江流域为例,通过对区域土地利用变化的生态系统服务价值的研究,分析土地利用变化对生态系统服务功能的影响及效应。土地利用的变化,最终导致了区域生态系统服务功能的整体变化。结果表明,单位面积生态系统服务功能价值中,湿地生态系统服务功能单价最高,其次为水域及森林。建设用地最低,均为负值。从地区分布看,三江流域中昆明市、大理州等单价较高,但建设用地的生态功能负效应最大值也出现在该州市。2000—2008年三江流域生态系统服务功能总价值增加1 032.13亿元,增幅为13.75%。

**关键词:**三江流域; 土地利用; 生态系统服务价值; 生态环境效应

**中图分类号:** F301.24; X171.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2016)01-0240-04

## Study on Ecoenvironmental Effects of Land Use Change of Three River Basin in Yunnan Province

ZHAO Cheng<sup>2</sup>, GU Xiaohua<sup>1,2</sup>, JIANG Honglei<sup>1,2</sup>, LI Zeng<sup>1,2</sup>, ZHU Yanyan<sup>1,2</sup>, LIAN Zhenlong<sup>1,2</sup>

(1. Yunnan Xiuchuan Environmental Engineering Technique Co., Ltd., Kunming 650021, China;

2. Yunnan Water Conservancy and Hydroelectric Survey, Design and Research Institute, Kunming 650021, China)

**Abstract:** Based on the research for the ecosystem service value of land use change, taking Three River Basin in Yunnan Province as an example, we analyze the impacts and effects of land use on ecosystem service functions. The land utilization change has finally caused whole change of the region ecosystem service function. The results show that in the unit area ecosystem service function value, the wetland ecosystem service function unit price is the highest, followed by waters and forest. The construction uses are the least, their ecosystem service function unit prices are the negative values. With respect to the local distribution, three river basin unit prices of Kunming City, Dali states and so on are high, but constructs with the place ecology function negative effect maximum value also were found in these states or cities. The total ecosystem service value of Three River Basin increased by 103.213 billion Yuan with the rate of 13.75%.

**Keywords:** Three River Basin; land use; ecosystem service value; environmental effect

所谓生态系统服务价值是指从生态系统功能中直接或间接获得利益的货币价值<sup>[1]</sup>。土地利用的变化影响着生态系统的结构和功能,对维持生态系统服务功能起着决定性作用。由于土地利用与生态系统服务关系密切,相关研究把土地利用驱动下的生态系统服务价值变化作为环境效应的一个重要量化指标。土地利用及由此导致的土地覆盖变化影响着生态系统的结构和功能,对维持生态系统服务功能起着决定性作用<sup>[2]</sup>。通过计算特定研究区域的生态系统服务价值,可定量分析生态环境质量对土地利用演变的响应,进而对土地资源的可持续利用提出有益建议。

根据三江流域具体情况,在土地利用现状数据的基础上核算2000年、2008年三江流域(云南部分)土地利用生态系统服务价值的变化,以求对三江流域土地利用下的生态环境效应进行定量表述,进而对土地资源的可持续利用提出建议。

## 1 研究区概况

“三江”指金沙江、澜沧江、怒江,是云南省主要的过境河流,其中金沙江是中国第一大河,是长江上游河段的重要组成部分,澜沧江和怒江则为我国西南重要的跨国界河流。“三江”流域(云南部分)指金沙江、澜

沧江及怒江流域位于云南省境内部分(以下简称“三江流域”),地理坐标  $98^{\circ}11'—108^{\circ}8'E, 21^{\circ}33'—29^{\circ}15'N$ , 面积 22.52 万  $km^2$ , 占全省国土面积的 57.16%, 涉及云南省的 12 个州(市)、78 个县(市、区), 涵盖了云南省西部、北部及东北部的广大区域。2008 年“三江”流域人口 2 607.83 万人, 其中农业人口为 1 998.90 万人, 农业人口所占的比例为 76.65%。流域内平均人口密度为 115.79 人/ $km^2$ , 农村人口密度 88.75 人/ $km^2$ 。流域 GDP 总量为 3 019.57 亿元, 其中农业生产总值 562.49 亿元, 工业生产总值 1 195.66 亿元, 第三产业生产总值 1 261.42 亿元, 流域主要经济支柱为工业和第三产业, 人均 GDP 达到 11 579 元。流域总面积为 22.52 万  $km^2$ , 农用地比重较大, 草地面积明显偏小, 林业发展较为迅速, 陡坡耕作现象较为突出。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

三江流域土地利用数据来源于云南省土地利用现状调查数据; 各州市主要粮食作物的播种面积、复种指数等数据来源于 2000 年和 2008 年《云南统计年鉴》, 主要粮食作物全国平均价格来源于 2008 年《全国农产品成本收益资料汇编》。

### 2.2 生态系统服务价值评价方法

谢高地等<sup>[3]</sup>在全球生态系统服务研究的基础上, 根据中国的具体情况, 总结了气体调节、水源涵养、废物处理等 9 项生态系统服务功能, 制定出我国生态系统生态服务价值当量因子表, 为在宏观层面上开展广域生态系统的生态服务功能提供了重要的标准。但由于该表最初是以青藏高原这一特定的生态系统为基准调查所得, 类型体系也采取自然资源类型体系的分类方法, 李边疆<sup>[4]</sup>在应用于全国层面上区域差异明显的土地利用现状分类数据时加以校正, 并构建土地生态资产类型体系与土地利用现状类型体系接合表。

### 2.3 各州(市)单位面积农田自然生态系统服务功能价值的确定

在 2000 年与 2008 年三江流域各州(市)粮食作物种植结构中, 选择稻谷、小麦、玉米 3 种主要作物作为校正因子, 然后依据以下公式计算:

$$E_{aj} = \frac{1}{7 \sum_{i=1}^n \frac{m_{ij} q_{ij} p_i}{M_j}} I_j \quad (1)$$

式中:  $E_{aj}$ —— $j$  州(市)单位面积农田自然生态系统服务功能价值(元/ $hm^2$ );  $i$ —— $j$  州(市)主要粮食作物种类;  $m_{ij}$ —— $j$  州(市)第  $i$  种粮食作物播种面积( $hm^2$ );  $q_{ij}$ —— $j$  州(市)第  $i$  粮食作物播面单产( $kg/hm^2$ );

$p_i$ ——当年  $i$  作物全国平均价格(元/ $kg$ );  $M_j$ —— $j$  州(市)  $i$  种作物播种总面积( $hm^2$ );  $I_j$ —— $j$  州(市)粮食作物复种指数(%)。1/7 是指在没有人力投入的自然生态系统提供的经济价值是现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的 1/7。

### 2.4 各州(市)区域土地利用生态系统生态服务功能单价的确定

根据修正后的“中国生态系统服务价值当量因子表”和各州(市)农田生态系统单位面积食物生产服务的经济价值, 相乘可得到各州(市)其他生态系统或其他服务功能的单价:

$$E_{\alpha\beta j} = e_{\alpha\beta j} E_{aj} \quad (2)$$

式中:  $E_{\alpha\beta j}$ —— $j$  州(市)第  $\alpha$  种生态系统类型的第  $\beta$  种生态系统服务功能单价;  $\alpha$ ——生态系统类型;  $\beta$ ——生态系统服务功能类型;  $e_{\alpha\beta j}$ —— $j$  州(市)第  $\alpha$  种生态系统类型的第  $\beta$  种生态系统服务当量因子。

### 2.5 各州(市)区域生态系统服务功能价值总量的确定与年际变化

根据各类土地生态系统面积与各类生态系统服务功能的单价, 可以计算出  $t$  年份各州(市)各类型生态系统服务功能的经济价值量为:

$$V_{ajt} = \sum_{\beta=1}^9 A_{ajt} E_{\alpha\beta jt} \quad (3)$$

各州(市)各类型系统生态系统服务功能价值总量为:

$$V_{jt} = \sum_{\alpha=1}^8 \sum_{\beta=1}^9 A_{ajt} E_{\alpha\beta jt} \quad (4)$$

式中:  $V_{ajt}$ —— $t$  年份第  $j$  州(市)第  $\alpha$  种生态系统类型生态服务功能的总价值;  $V_{jt}$ —— $t$  年份第  $j$  州(市)各种生态系统类型生态服务功能的总价值;  $A_{ajt}$ —— $t$  年份第  $j$  州(市)第  $\alpha$  种生态系统类型的面积。

由各类型生态系统服务功能价值与区域总价值, 根据公式  $\Delta V = V_{jt_2} - V_{jt_1}$  计算  $t_2, t_1$  年份第  $j$  州(市)生态系统生态服务功能增量, 并据此分析其区域分异。

## 3 结果与分析

### 3.1 三江流域各州(市)单位面积生产服务功能单价

在各州(市)选择 3 种粮食作物稻谷、玉米、小麦作为主要农作物, 统计其在 2000 年与 2008 年的单产、播种面积、复种指数及全国平均价格等, 并据此计算各州(市)单位面积农田自然粮食生产功能的价值, 如表 1 所示。为了增强数据的可比性与现势性, 将 2000 年价格与价值统一换算成 2008 年价值。

由表 1 可知, 2000 年、2008 年三江流域各州(市)因农业投入的加大、农业基础设施与农业生产条件的改善, 单位面积农田粮食生产能力出现了不同程度的

上升,也体现出了较明显的区域差异。滇中、滇西南区域各州市均出现较大幅度的增长,大理增量最大,为 889.62 元/hm<sup>2</sup>。昆明、昭通、迪庆等州市增长较缓。

3.2 三江流域各州(市)各类型生态系统服务功能单价

根据各州(市)单位面积农田食物生产服务功能价值与修正的中国区域生态系统单位面积生态服务价值当量表,计算出 2000 年与 2008 年三江流域各州(市)各类用地生态系统服务功能单价(表 2)。

从表 2 可以看出,湿地生态系统服务功能单价最高,昆明市、曲靖市、丽江市、楚雄州、大理州、保山市、西双版纳州均超过 10 万元/hm<sup>2</sup>,其次为水域及森林。建设用地最低,单价均为负值。湿地生态系统服务功能单价为农田生态系统服务功能单价的 9.08 倍,为荒漠的 160.24 倍。

表 1 2000 年、2008 年各州(市)单位面积农田食物

州(市)	生产服务功能价值		元/hm <sup>2</sup>
	2000 年	2008 年	
昆明市	2515.65	2531.21	15.56
曲靖市	1988.37	2188.61	200.24
昭通市	1281.42	1307.58	26.16
丽江市	1373.56	1699.39	325.83
楚雄州	2455.64	2613.35	157.71
大理州	1958.72	2848.34	889.62
迪庆州	1163.27	1216.87	53.60
怒江州	1111.49	1202.32	90.83
保山市	2177.67	2683.98	506.31
普洱市	756.03	849.59	93.56
临沧市	974.12	1134.39	160.27
西双版纳州	2994.93	3484.80	489.87

表 2 2000 年、2008 年三江流域各州(市)各类用地生态系统服务功能价值

万元/hm<sup>2</sup>

州(市)	森林		园地		草地		农田		建设用地		湿地		水域		荒漠	
	2000 年	2008 年	2000 年	2008 年	2000 年	2008 年	2000 年	2008 年	2000 年	2008 年	2000 年	2008 年	2000 年	2008 年	2000 年	2008 年
昆明市	5.50	5.54	3.02	3.04	1.82	1.83	1.74	1.76	-4.89	-4.92	15.78	15.87	11.57	11.64	0.11	0.11
曲靖市	4.36	4.78	2.39	2.62	1.45	1.61	1.38	1.51	-3.86	-4.25	12.46	13.72	9.13	10.05	0.08	0.08
昭通市	2.80	2.86	1.55	1.58	0.94	0.94	0.88	0.90	-2.49	-2.54	8.04	8.22	5.89	6.01	0.04	0.04
丽江市	3.01	3.70	1.66	2.03	1.00	1.24	0.95	1.17	-2.66	-3.30	8.61	10.65	6.31	7.81	0.05	0.07
楚雄州	5.36	5.71	2.97	3.13	1.78	1.89	1.69	1.81	-4.77	-5.07	15.39	16.39	11.27	12.01	0.09	0.11
大理州	4.29	6.22	2.35	3.42	1.43	2.07	1.36	1.96	-3.81	-5.53	12.28	17.86	9.00	13.09	0.08	0.12
迪庆州	2.53	2.67	1.40	1.46	0.83	0.89	0.80	0.84	-2.26	-2.36	7.29	7.64	5.33	5.59	0.04	0.04
怒江州	2.43	2.61	1.34	1.43	0.81	0.88	0.77	0.84	-2.16	-2.33	6.97	7.56	5.11	5.53	0.04	0.04
保山市	4.77	5.86	2.62	3.22	1.58	1.92	1.50	1.85	-4.23	-5.21	13.66	16.83	10.01	12.33	0.08	0.11
普洱市	1.65	1.86	0.91	1.03	0.54	0.62	0.53	0.58	-1.47	-1.65	4.74	5.33	3.47	3.90	0.03	0.03
临沧市	2.12	2.48	1.18	1.35	0.71	0.81	0.68	0.79	-1.89	-2.20	6.12	7.10	4.47	5.20	0.03	0.04
西双版纳州	6.55	7.63	3.61	4.17	2.16	2.52	2.07	2.40	-5.82	-6.77	18.77	21.85	13.76	16.01	0.12	0.14
合计	54.37	51.92	25.00	28.48	15.05	17.22	14.35	16.41	-40.31	-46.13	130.11	149.02	95.32	109.17	0.79	0.93

从地区分布看,昆明市、楚雄州、西双版纳州、大理州等单价较高,但建设用地的生态功能负效应最大值也出现在该州市。这在一定意义上反映了三江流域以至全国目前社会经济发展中存在的现象,经济的快速发展在一定程度上以牺牲环境质量为代价。

3.3 三江流域各州(市)生态系统服务功能价值变化分析

根据 2000 年、2008 年三江流域各州(市)生态系统服务功能价值变化,可分别计算出 2000 年、2008 年三江流域各州(市)生态系统服务功能价值总量及变化情况(表 3)。2000—2008 年三江流域生态系统服务功能总价值增加 1 032.13 亿元,增幅为 13.75%,其中森林生态系统增加 855.71 亿元,占总增幅的 82.91%,农田生态系统增加 182.09 亿元,建设用地减少 29.07 亿元。

在 2008 年生态系统服务价值构成中,森林的生

态服务价值最大,达到了 7 343.99 亿元;其次是农田,达到了 723.93 亿元;居第 3 位的是水域,达到了 366.90 亿元。但是,将生态服务价值比例与面积比例进行比较,森林面积的绝对数量最大,约占总面积的 59.39%,森林的生态服务价值约为总价值的 86.01%;农田面积占总面积的 19.51%,而生态服务价值的比例约为 8.48%;水域面积占总面积的 1.33%,而生态服务价值的比例约为 4.3%。这是由于生态系统服务价值系数存在差异造成的,如水域生态价值系数相当于耕地的 6.7 倍。

根据增长率,将三江流域各州(市)生态系统服务功能划分为快速增长型( $R \geq 10\%$ )、增长型( $10\% > R \geq 2.5\%$ )、稳定型( $2.5\% > R \geq -2.5\%$ ),见表 4。丽江、大理、保山、普洱、临沧等州(市)2000—2008 年生态系统服务功能价值增长明显,曲靖、昭通、楚雄、迪庆、怒江、西双版纳属增长型,昆明出现了一定幅度的变动,但总体基本保持稳定,属稳定型。

表 3 2000—2008 年三江流域各州(市)生态系统服务功能价值变化 亿元

州(市)	森林	园地	草地	农田	建设用地	湿地	水域	荒漠	合计
昆明市	2.53	0.08	−0.47	2.98	−0.34	0.02	−7.50	0.00	−2.70
曲靖市	55.07	0.87	0.66	25.07	−4.17	0.51	−4.25	0.00	73.76
昭通市	14.05	0.11	0.04	13.57	−0.28	0.10	−2.23	0.00	25.36
丽江市	97.18	0.57	0.66	9.68	−1.60	0.66	2.18	0.62	109.95
楚雄州	74.37	0.47	0.05	19.08	−1.78	0.61	−10.05	0.83	83.58
大理州	333.63	6.40	3.62	34.78	−11.98	4.25	5.23	1.54	377.47
迪庆州	22.07	0.03	2.37	1.53	−0.09	0.16	(0.42)	0.00	25.65
怒江州	21.73	0.03	0.14	3.05	−0.17	0.04	(0.34)	0.00	24.48
保山市	115.86	2.26	0.96	28.02	−4.58	1.71	−2.11	0.51	142.63
普洱市	48.65	1.59	−0.01	18.38	−0.92	0.25	1.50	0.00	69.44
临沧市	28.24	2.08	0.04	17.48	−1.31	0.26	−0.02	0.31	47.08
西双版纳州	42.33	9.95	0.05	8.47	−1.85	0.68	−4.63	0.43	55.43
合计	855.71	24.44	8.11	182.09	−29.07	9.25	−22.64	4.24	1032.13

表 4 三江流域各州(市)生态系统服务功能变化类型划分

变化类型	划分标准	州(市)
快速增长型	$R \geq 10\%$	丽江、大理、保山、普洱、临沧
增长型	$10\% > R \geq 2.5\%$	曲靖、昭通、楚雄、迪庆、怒江、西双版纳
稳定型	$2.5\% > R \geq -2.5\%$	昆明

究其原因,主要与三江流域各州(市)2000—2008 年土地利用结构变化的区域差异及较高的森林生态系统服务价值系数密切相关。1997—2008 年三江流域各州(市)实施了“长治”、天然林保护、退耕还林等重点工程,加大岩溶地区石漠化治理等生态建设项目的投资力度,加强自然保护区建设、中幼林抚育管理及低效林改造的资金投入力度,大力发展农村能源建设工程,降低森林资源的低价值消耗,有效促进生态保护工程建设。森林生态系统土地面积的快速增长,支撑了三江流域生态系统服务功能总价值的迅速攀升。

4 结 论

土地利用作为人类生存的主要方式,日益成为生态环境的主要驱动因素。本文通过对三江流域(云南部分)土地利用变化的生态系统服务价值的研究,分析土地利用变化对生态系统服务功能的影响及效应。在时间序列上,土地利用的变化,最终导致了区域生态系统服务功能的整体变化。这些变化不仅是区域生态系统质量演变的直接反映,也是区域土地利用变

化生态环境效应的最终结果。

根据研究结果,单位面积生态系统服务功能价值中,湿地生态系统服务功能单价最高,其次为水域及森林。建设用地最低,均为负值。从地区分布看,三江流域中,昆明市、大理州等单价较高,但建设用地的生态功能负效应最大值也出现在该州市。经济快速发展要建立环境友好型土地利用模式,要注重湿地、水域的保护,增加森林覆盖度,不以牺牲环境质量为代价。

2000—2008 年三江流域生态系统服务功能总价值增加 1 032.13 亿元,增幅为 13.75%,其中森林生态系统增加 855.71 亿元,占总增幅的 82.91%,农田生态系统增加 182.09 亿元,建设用地减少 29.07 亿元。“长治”、退耕还林等宏观政策的实施与经济发展对土地的占用而导致的土地利用结构转变,是 2000—2008 年三江流域生态系统服务功能变化的主导因素。

参考文献:

[1] 陈仲新,张新时.中国生态系统服务功能的价值[J].科学通报,2000,1(1):17-22.

[2] Daily GC. Nature's Services: Social Dependence on Natural ecosystem[M]. Washington, D. C. : Island Press,1997.

[3] 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.

[4] 李边疆.土地利用与生态环境关系研究[D].南京:南京农业大学,2007.