

文章编号: 1004-4353(2014)02-0150-04

# 图们江跨国界地区生态系统服务价值研究

江淑芳, 南颖\*, 吉喆, 张冲冲

( 延边大学理学院 地理系, 吉林 延吉 133002 )

**摘要:** 以 2000 年和 2010 年遥感影像解译数据为基础,对生态系统服务价值因子表及单位面积旱田食物生产公式进行区域修订,比较分析了图们江跨国界地区(中国、朝鲜、俄罗斯)10 年土地利用及生态系统服务价值变化.结果表明:中国一侧的林地、水田面积有所减少,草地、旱田、水体、未利用地面积有所增加,生态系统服务价值(ESV)下降了 5.26%;朝鲜一侧的各生态系统面积都有不同程度的增加,ESV 上升了 21.8%;俄罗斯一侧的森林、未利用地面积有所增加,其他生态系统面积则减少,ESV 上升率为 5.66%.

**关键词:** 土地利用; 生态系统服务价值; 图们江跨国界地区

**中图分类号:** X171.1

**文献标识码:** A

## Research of ecosystem services value in the transboundary area of Tumen River

JIANG Shufang, NAN Ying\*, JI Zhe, ZHANG Chongchong

( *Department of Geography, College of Science, Yanbian University, Yanji 133002, China* )

**Abstract:** Based on the data of image in the year of 2000 and 2010, we adjusted the ecosystem services value (ESV) factors and the formula of dryfarm food producing, then compared and analyzed land use change and ecosystem services value change in 10 years in the transboundary of Tumen River (China, North Korea, Russia). The results showed that: in China, the forest area and paddy field area had increased, on the contrary, the areas of grassland, dryfarm, water area and unused land had decreased, besides, the ESV dropped by 5.26%; the every ecosystem area in North Korea had different increases where the ESV increased by 21.8%; and in Russia, forest and unused land area had increased, but the remind ecosystem area had decreased, the ESV increasing rate is 5.66%.

**Key words:** land use; ecosystem services value; the transboundary area of Tumen River

生态系统服务功能<sup>[1]</sup>是指生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用.自从 1997 年 Costanza 等<sup>[2]</sup>在《Nature》上发表“The value of the world’s ecosystem services and natural capital”一文以后,国内外学者从不同尺度<sup>[3-4]</sup>、不同类型<sup>[5-8]</sup>以及不同评价方法<sup>[9-10]</sup>对生态系统进行了大量的研究,其中土地利用/土地覆盖变化评估生态系统服务价值变化是研究热点之一<sup>[11-12]</sup>.图们江地区由于其地理位置的特殊性,一直受到学者们的关注,例如杜会石等<sup>[13]</sup>研究了图们江流域(中国一侧)土地利用变化对生态系统服务价值的影响.在此基础上,本文对图们江跨国界地区(中国、朝鲜、俄罗斯)土地利用变化引起的生态系统服务价值变化进行评估,以期图们江跨国界地区生态环境的恢复、重建与保护以及可持续发展提供科学依据<sup>[14-15]</sup>.

\* 通信作者: 南颖(1963—),男,教授,研究方向为城市地理学、GIS 和遥感技术应用.

## 1 研究区概况

研究区范围为图们江跨国界地区,即以图们江流域为核心的中、朝、俄三国边境地区(图 1)。中国一侧包括延边朝鲜族自治州的 7 个县市;朝鲜一侧主要是罗先直辖市、两江道、咸境北道;俄罗斯一侧为哈桑地区。地理位置为东经 127°39′~131°44′,北纬 41°06′~44°05′之间,土地总面积约 54 496. 29 km<sup>2</sup>。该区地处温带大陆性季风气候区,冬季盛行西北风,夏季以东南风为主;气候的垂直变化明显,气温的年较差小;雨量充足,水、热同季。

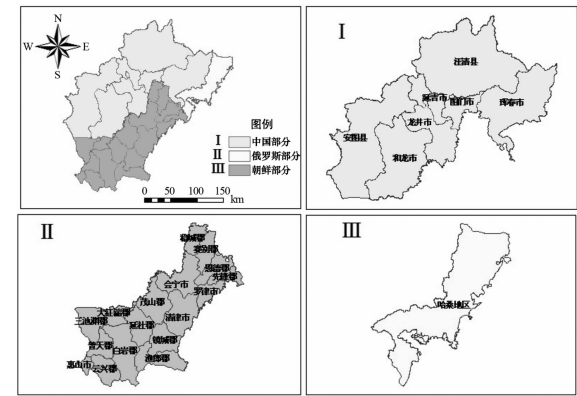


图 1 研究区域图

## 2 数据处理及研究方法

### 2.1 数据处理

研究采用 2000 年和 2010 年的 landsat TM 影像数据,空间分辨率为 30 m,同时收集 1:5 万的地形图、土壤类型图、水系分布图、土地利用图用于几何校正和辅助解译。首先利用 1:5 万的地形图对影像进行几何校正,精度控制在 1 个像元内;然后采用线性拉伸方法对校正好的影像图进行图像增强处理,并利用 ENVI 软件对处理后的影像进行镶嵌,获取研究区两个时期的完整影像图;最后利用行政区划界限进行裁剪,获取研究区范围的两个时期的影像图。结合国家通用的土地利用分类系统及研究区的实际情况,将土地利用类型分为水田、旱田、针叶林、阔叶林、混交林、草地、水体、建设用地及未利用地。在 ENVI 软件的支持下,采用 CART 决策树方法对影像图进行解译,得到研究区的土地利用分类图(图 2)。经验证,两个时期的影像分类总体精度分别为 86.9%

和 90.8%,满足精度要求。

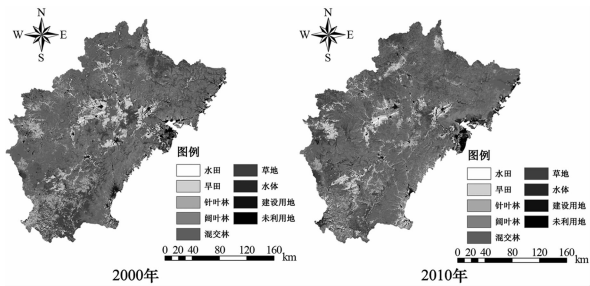


图 2 研究区影像解译

### 2.2 研究方法

2.2.1 研究区生态系统服务价值的计算 国内学者通常使用公式(1)计算生态系统服务价值:

$$ESV = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^6 A_j \times VC_{ij} \times E, \quad (1)$$

式中:  $ESV$  为研究区生态系统服务总价值;  $A_j$  为  $j$  类生态系统的面积;  $VC_{ij}$  为  $j$  种生态系统  $i$  种生态服务功能相对于农田生态系统提供食物生产服务单价的当量因子,即生态系统服务功能因子;  $E$  为农田生态系统食物生产的价值;  $i$  为生态系统服务功能类型;  $j$  为生态系统类型。

2.2.2 生态系统服务功能因子的确定 谢高地等<sup>[10]</sup>在 Constanza 研究成果的基础上,结合中国的实际情况制定出了全国平均水平上的生态系统生态服务功能因子表。本文结合研究区的区域特点对该因子表进行相应修订<sup>[13]</sup>:将农田生态系统拆分为水田及旱田生态系统;旱田因子不变,水田因子修订见表 1。

表 1 图们江地区生态系统服务功能价值当量因子表

服务类型	不同土地利用类型的生态服务功能因子					
	森林	草地	水田	旱田	水体	未利用地
气体调节	3.50	0.80	3.09	0.50	0	0
气候调节	2.70	0.90	8.99	0.89	0.46	0
水源涵养	3.20	0.80	8.05	0.60	20.38	0.03
土壤形成与保护	3.90	1.95	1.58	1.46	0.01	0.02
废物处理	1.31	1.31	1.64	1.64	18.18	0.01
生物多样性保护	3.26	1.09	1.90	0.71	2.49	0.34
食物生产	0.10	0.30	1.50	1.00	0.10	0.01
原材料	2.60	0.05	0.10	0.10	0.01	0
娱乐休闲	1.28	0.04	0.01	0.01	4.34	0.01

注:森林生态系统包括针叶林、阔叶林、混交林,未利用地包括建设用地,水体包括湿地。

2.2.3 农田生态系统食物生产服务功能的计算

国内学者通常使用公式(2)<sup>[16]</sup>计算单位面积农田食物生产服务功能经济价值:

$$E_a = 1/7 \sum_{i=1}^n \frac{m_i p_i q_i}{M}, i = 1, \dots, n, \tag{2}$$

式中  $E_a$  为单位面积农田生态系统提供食物生产服务功能的经济价值(元·hm<sup>-2</sup>),  $i$  为作物种类,  $p_i$  为  $i$  种作物全国平均价格(元·hm<sup>-2</sup>),  $q_i$  为  $i$  种作物单位产量( $t \cdot hm^{-2}$ ),  $m_i$  为  $i$  种作物面积(hm<sup>2</sup>),  $M$  为  $i$  种粮食作物的总面积(hm<sup>2</sup>),  $1/7$  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  $1/7$ .

为了增强 2000 年和 2010 年两个时期的可比性,对单位面积旱田生态系统食物生产利用(2)式和(3)式进行校正<sup>[17]</sup>,排除通货膨胀因素的影响.

$$E = \frac{1}{1 + e^{-t}} \times E_{am} \times \frac{\phi_m}{\phi_n}, \tag{3}$$

$$t = \frac{1}{E_n} - 3. \tag{4}$$

式中  $E$  为研究期校正之后的农田生态系统食物生产的价值(以基期不变价格计算),  $t$  为经济发展阶段指标,  $E_{am}$  为研究期经济价值的当年价,  $\phi$  为各年的通货膨胀指数,  $m$  为研究期,  $n$  为基期,  $E_n$  为恩格尔系数.

3 中朝俄三国生态系统服务价值比较

通过遥感影像解译的土地利用类型数据,对图们江跨国界地区 2000 年和 2010 年的土地利用类型面积进行统计,如图 3 所示:中朝俄三国主要土地利用类型为林地和草地;2000—2010 年间,中国一侧的林地减少了 212 863.14 hm<sup>2</sup>,草地、旱田、未利用地都有少量增加,增加比率分别为 24.16%、19.36%、20.65%;朝鲜一侧的林地、旱田、草地及未利用地都有一定程度的增加,特别是旱田增加比率达到 28.54%,说明 2000—2010 年间朝鲜开辟了大量旱田;俄罗斯一侧的森林和未利用地面积有所增加,增加比率为 14.55%和 23.52%,草地和旱田面积则有所减少.

图们江跨国界地区中朝俄三国的生态系统服务价值,见表 2.从表 2 可知,2000—2010 年间,中

国一侧的 ESV 呈减少趋势,由  $4.18 \times 10^{10}$  元减少至  $3.96 \times 10^{10}$  元,减少了 5.26%;朝鲜一侧的 ESV 呈增加趋势,由  $1.88 \times 10^{10}$  元增加至  $2.29 \times 10^{10}$  元,增加了 21.8%;俄罗斯一侧的 ESV 呈增加趋势,由  $0.53 \times 10^{10}$  元增加至  $0.56 \times 10^{10}$  元,增加幅度为 5.66%.

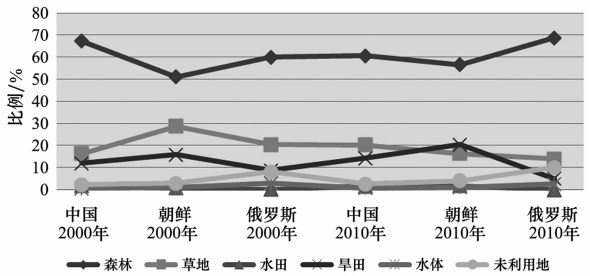


图 3 各国土地利用结构比例比较图

从表 2 可知:中国一侧的森林服务价值从  $352.33 \times 10^8$  元减少至  $318.18 \times 10^8$  元,减少了 9.69%,虽然损失的价值通过草地、旱田、水体、未利用地服务价值的增加得到了一定的缓解,但总的服务价值仍呈下降趋势.这表明在过去的 10 年里,图们江流域的中国一侧有大量砍伐森林的现象,虽然开垦农田及拓宽城市使得生态服务价值有所增加,但这远远弥补不了由于砍伐森林带来的价值损失,同时也说明森林生态系统较其他生态系统具有更大的隐含价值.朝鲜一侧的森林服务价值由  $160.03 \times 10^8$  元增加至  $177.71 \times 10^8$  元,水田和旱田服务价值也有了一定程度的上升,尤其是水田 10 年间的增长率达到了 142.32%,这是因为水田的价值系数远高于旱田,小面积的扩展也会带来很高的价值效应;未利用地及水体的增长则相对较小,这说明朝鲜一侧的城市扩建速度较慢,对生态系统破坏较小,使得森林、草地等生态系统受到了较好地保护.俄罗斯一侧只有森林和未利用地服务价值有所增长,草地、水田、旱田、水体服务价值都有不同程度的减少,但从整体上看俄罗斯一侧总的 ESV 呈上升趋势,这主要是由于森林服务价值的增长,这也进一步表明了森林生态系统的重要性.另外,由于俄罗斯的经济发达地区主要集中在西部,东部地区相对落后,因此其耕地(水田、旱田)面积呈逐年下降趋势;同时未利用地增长缓慢也表明其城市扩建缓慢.

表 2 2000 年和 2010 年中朝俄三国生态系统服务价值

生态系统类型	区域	2000 年 ESV/元	2010 年 ESV/元	变化率/ %
森林	中国	$352.33\times10^8$	$318.18\times10^8$	-9.69
	朝鲜	$160.03\times10^8$	$177.71\times10^8$	11.05
	俄罗斯	$41.71\times10^8$	$47.96\times10^8$	15
草地	中国	$28.25\times10^8$	$35.21\times10^8$	24.64
	朝鲜	$2.97\times10^8$	$16.97\times10^8$	471.38
	俄罗斯	$4.71\times10^8$	$3.20\times10^8$	-32.06
水田	中国	$10.65\times10^8$	$10.11\times10^8$	-5.07
	朝鲜	$2.67\times10^8$	$6.47\times10^8$	142.32
	俄罗斯	$44.24\times10^5$	$3.69\times10^3$	-99.92
旱田	中国	$19.68\times10^8$	$23.58\times10^8$	19.82
	朝鲜	$15.74\times10^8$	$20.31\times10^8$	29.03
	俄罗斯	$1.91\times10^8$	$1.08\times10^8$	-43.46
水体	中国	$6.97\times10^8$	$9.04\times10^8$	29.7
	朝鲜	$6.16\times10^8$	$7.15\times10^8$	16.07
	俄罗斯	$4.08\times10^8$	$3.76\times10^8$	-7.84
未利用地	中国	$0.22\times10^8$	$0.26\times10^8$	18.18
	朝鲜	$0.17\times10^8$	$0.24\times10^8$	41.18
	俄罗斯	$0.11\times10^8$	$0.13\times10^8$	18.18

4 结论

2000—2010 年间,图们江跨国界地区中国一侧的 ESV 呈现下降趋势,朝鲜及俄罗斯一侧则呈现上升趋势。中国一侧的 ESV 的减少主要归因于森林生态系统面积的大幅度减少,朝鲜一侧的 ESV 增加主要是由于森林、草地生态系统面积的增加,俄罗斯一侧的 ESV 增加是由于森林生态系统面积的大量增加。朝鲜和俄罗斯一侧由于人类活动对环境的干扰作用较小,其森林面积在 10 年间都有了一定程度的增长,弥补了其他生态系统损失的价值,使得其整体的 ESV 呈上升趋势;中国一侧则由于近年来图们江区域合作及长吉图开发项目的实施,使得环境受到人类干扰的作用明显增强,表现为森林面积的大幅度减少,从而导致总的 ESV 呈现下降趋势,因此,应及时采取有效措施促进森林生态系统服务功能的恢复,维护该区的可持续发展。

本文研究的是土地利用面积变化对生态系统服务价值变化的影响;由于湿地的服务功能并不完全等同于水体,因此不能简单地将湿地与水体进行合并,如何将湿地从水体中划分出来需今后进一步研究。

参考文献:

[1] Daily G C. Nature's services; societal dependence on natural ecosystems[M]. Washington, DC: Island Press, 1997.

[2] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997,387:253-260.

[3] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999,19(5):607-613.

[4] 陈仲新,张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报,2000,45(1):17-22.

[5] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 自然资源学报,2004,19(4):480-491.

[6] 赵同谦,欧阳志云,贾良清,等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价[J]. 生态学报,2004,24(6):1101-1110.

[7] 孙新章,周海林,谢高地. 中国农田生态系统的服务功能及其经济价值[J]. 中国人口·资源与环境, 2007,17(4):55-60.

[8] 欧阳志云,赵同谦,王效科,等. 水生态服务功能分析及其间接价值评价[J]. 生态学报,2004,24(10):2092-2099.

[9] 赵景柱,肖寒,吴刚. 生态系统服务的物质量与价值量评价方法的比较分析[J]. 应用生态学报,2000,11(2):290-292.

[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] 刘金勇,孔繁花,尹海伟,等. 济南市土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(5):1231-1236.

[12] 李屹峰,罗跃初,刘刚,等. 土地利用变化对生态系统服务功能的影响:以密云水库流域为例[J]. 生态学报,2013,33(3):726-736.

[13] 杜会石,南颖,朱卫红. 图们江流域土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 吉林大学学报, 2010,40(3):671-677.

[14] 南颖,吉喆,董叶辉,等. 30 多年来图们江跨国界地区土地利用/覆盖动态变化研究[J]. 湖南师范大学学报:自然科学版,2012,35(1):82-89.

[15] 张冲冲,南颖,吉喆. 图们江中游中朝土地利用/覆盖及变化比较研究[J]. 延边大学学报:自然科学版,2011,37(4):360-365.

[16] 肖玉,谢高地,安凯. 莽措湖流域生态系统服务功能经济价值变化研究[J]. 应用生态学报,2003,16(9):1745-1750.

[17] 黄湘,陈亚宁,马建新. 西北干旱区典型流域生态系统服务价值变化[J]. 自然资源学报,2011,26(8):1364-1376.