

# 基于 RS 和 GIS 的退耕还林模式对三峡库区 黑沟小流域生态服务价值的影响\*

田耀武<sup>1,2</sup>, 黄志霖<sup>2</sup>, 肖文发<sup>2</sup>, 赵连江<sup>3</sup>, 赵赴钧<sup>3</sup>, 艾晓影<sup>3</sup>

(1. 河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471003; 2. 中国林业科学研究院 森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091; 3. 河南省禹州市水利局, 河南 许昌 461000)

**摘要:**土地是各种陆地生态系统的载体, 土地利用方式的变化必然影响生态系统的结构和服务功能。中国已采取退耕还林等多种措施来调整土地利用结构, 提高生态系统功能。在 Constanza 生态系统服务价值理论上, 结合有关中国陆地生态系统单位面积生态服务价值的研究成果, 基于 RS 和 GIS 手段计算了三峡库区黑沟小流域在模式 A (不实行退耕还林)、模式 B (> 25° 坡地退耕还林)、模式 C (> 15° 坡地退耕还林) 等 3 种模式下流域尺度生态系统服务价值的变化。结果表明: 与模式 A 相比, 模式 B 耕地面积减少了 20.3%, 林地面积增加了 66.9%, 未利用地面积减少了 34.8%, 全流域生态服务价值增加了 18.3%; 模式 C 耕地面积减少了 51.2%, 林地面积增加了 149.9%, 未利用地面积减少了 49.3%, 全流域生态服务价值增加了 38.7%; 林地对生态系统服务价值的贡献最大。退耕还林工程的实施, 在保护环境、治理水土流失等方面具有显著作用。

**关键词:**退耕还林; 三峡库区; 生态服务价值

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)03-0097-04

## Effects of Conversion Cropland to Forest on Values of Ecosystem Services Based on RS and GIS in Heigou Watershed of Three Gorges Reservoir Area

TIAN Yao-wu<sup>1,2</sup>, HUANG Zhi-lin<sup>2</sup>, XIAO Wen-fa<sup>2</sup>, ZHAO Lian-jiang<sup>3</sup>, ZHAO Fu-jun<sup>3</sup>, AI Xiao-ying<sup>3</sup>

(1. Forestry College, He 'nan University of Science and Technology, Luoyang, He 'nan 471003, China; 2. Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, State Forestry Administration China, Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3. Yuzhou Water Resources Bureau, He 'nan Province, Xuchang, He 'nan 461000, China)

**Abstract:** Land is the carrier of various terrestrial ecosystems, the change of land use cover would impact the structure and service function of ecosystem unavoidably. Several environmental protection policies have been implemented to increase the function of ecosystem in China. The objective of this study is to evaluate the long-term impact of implementation of the 'conversion cropland to forest policy' (CCFP) on the ecosystem service value at watershed level. With referring to the table of Chinese land ecosystem services value of unit area and analyzing the data of there scenarios of CCFP based on the RS and GIS in Heigou watershed of Three Gorges Reservoir area, changes of the values of ecosystem services caused by CCFP were estimated. There scenarios are constructed representing different patterns of conversion from cropland to forest under various conditions set by the CCFP. Scenario A represented the baseline, i. e., the cropland and forest area conditions before the implementation of CCFP. In scenario B and C, hillside cropland with slope larger than 25° and 15° was substituted by forest, respectively. The results showed that, comparing to Scenario A, the area of forest of Scenario B increased by 66.9%, and the areas of cropland no use land decreased by 20.3 and 34.8% respectively. The value of ecosystem service increased by 18.3%; The area of

\* 收稿日期: 2009-11-25

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD03A13)

作者简介: 田耀武(1975-), 男, 河南禹州人, 博士, 主要从事林业遥感的研究。E-mail: tianyaowu@126.com

forest of Scenario C increased by 149.9%, the areas of cropland no use land decreased by 51.2% and 49.3% respectively. The value of ecosystem service increased by 38.7%. Values ecosystem services increased mainly resulted from the implementation of CCFP. It confirmed the benefits of implementing CCFP in increasing ecosystem service value by increasing forest area in mountainous areas.

**Key words** :conversion cropland to forest ; Three Gorges Reservoir area ; ecosystem service value

生态系统的服务价值是指人们能够直接或者间接从生态系统功能中获取的产品和服务<sup>[1]</sup>。生态系统服务价值评估已成为当前生态经济学领域的研究热点<sup>[2]</sup>。我国退耕还林工程于 1999 年试点实施、2002 年全面启动,生态脆弱地区水土流失得到缓解,生态环境得以改善,发挥出明显的生态效益。近年来,有关学者参照 Costanza 提出的全球不同地类的平均生态服务价值对草地、湿地、滩涂、林地等不同生态系统的服务价值进行了货币化估算<sup>[3-6]</sup>。特别是随着遥感技术的不断发展,许多学者又研究了遥感技术在生态环境监测、评价、修复中的应用<sup>[7-9]</sup>。也有学者利用土地利用方面的统计数据 and 遥感数据对研究区内不同时期的生态服务价值的变化进行了研究<sup>[10-12]</sup>。我国政府规定山区 > 25° 坡地必须实行退耕还林,条件成熟后,进一步推广退耕还林面积。基于 RS 和 GIS 手段,对农林复合流域实施不同模式(> 25°, > 15° 坡地)退耕还林后引起的生态系统价值流动的研究尚不多见。本研究以三峡库区黑沟流域为研究对象,评价在不同退耕还林模式下流域尺度生态系统服务价值变化,旨在为三峡库区土地资源可持续利用、生态环境保护、维持生态平衡,促进区域资源与环境的协调发展提供科学依据。

## 1 研究区与研究方法

### 1.1 研究区概况

黑沟流域位于湖北省秭归县中东部,东经 110° 53' 27" - 110° 54' 50", 北纬 30° 51' 21" - 30° 51' 34", 属

兰陵溪支流,面积 1 023.7 hm<sup>2</sup>,毗邻三峡水库。流域地处中纬度,属亚热带大陆性季风区,多年平均降雨量 1 439 mm,年际差异大,年内降雨分布为单峰型(5 - 8 月占全年 68%)。土壤为花岗岩母质出露发育的石英砂土,保水保肥性较差,植被覆盖率为 72.5%。流域西高东低,西部最高海拔 1 400 m,植被覆盖低,荒草出露岩石分布;中部低山区为柑桔、板栗、毛竹、马尾松等人工次生林带,农林、农茶间作带;东部缓坡台地以植茶为主,间作水稻、玉米、花生等。

### 1.2 不同土地利用景观单元面积生态服务价值确定

以 Costanza 等<sup>[1]</sup>提出的生态系统服务价值估算的原理和方法为基础,参考谢高地等<sup>[13]</sup>建立的“中国陆地生态系统单位面积服务价值表”,综合段瑞娟<sup>[14]</sup>、万利<sup>[15]</sup>、田耀武<sup>[16]</sup>等研究成果得到流域单位生态价值服务数据(表 1)。全流域生态系统服务价值计算公式为

$$E = \sum_{a=1}^n P_a S_a \quad (1)$$

式中:  $E$ ——研究区生态系统服务总价值;  $S_a$ ——研究区内土地利用类型  $a$  的面积;  $P_a$ ——单位面积上土地利用类型  $a$  的生态系统服务价值系数。

### 1.3 退耕还林模式的确立

基础数据为流域 2002 年退耕还林前 Quickbird 遥感影像(分辨率为 0.6 m), 1:10 000 地形图, 1:10 000 土壤类型图和 1:10 000 植被分布图。参照相关文献,将土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地等 9 类。

表 1 研究流域单位土地利用面积生态服务价值 元/(hm<sup>2</sup>·a)

指标	林地	滩地	农田	草地	交通	园地	未利用地	河湖	建设用地
生态价值系数	26074.47	371.4	10913.79	6406.5	89943.48	19683.23	466.83	40676.4	41638.19

土地利用图的获取是采用 ERDAS IMAGE 8.7 软件对影像进行波段合成、几何纠正、图像增强等处理。根据建立的解译标志,在 ArcInfo Workstation 9.2 的 Arcedit 中进行人机交互式判读解译;运用 GPS 进行外业精度调查验证,并将所得数据在 ArcInfo Workstation 环境下进行编辑和修改,得到流域 2002 年土地利用类型图,作为流域未实施退耕还林时的模式 A。

流域 2002 年开始对 > 25° 坡地全部实施封山育

林和退耕还林,截止目前已发挥出巨大的生态效益。流域 > 25° 退耕还林坡地面积的确定采用 ArcInfo Workstation 9.2 坡度分析。数字高程模型(DEM)采用流域 5.0 m 等高距 1:10 000 地形图件作为基本地形信息源,按照国家地形图数字化技术规范标准矢量化等高线,利用 ArcView GIS 3.2 双线性内插重采样<sup>[17]</sup>方法生成 5.0 m<sup>[18]</sup> 水平格网尺度 DEM。在地形图上随机选择 50 个点作为高程控制点,视其高程值作为准值,检验对应 DEM 栅格点的

高程采样精度;在流域内随机布设 300 个点, GPS 定位并量测地面实际坡度, 计算并控制 DEM 提取地面坡度的中误差<sup>[19]</sup>。在 ArcInfo Workstation 9.2 中选择表面分析坡度工具 (slope), 生成并计算 > 25° 坡地面积, 作为当前实施退耕还林模式 B。模式 B 与模式 A 下的土地利用图相比, 计算各土地利用类型面积的变化; 同法生成并计算 > 15° 坡地面积, 作为实施退耕还林模式 C。模式 C 与模式 A 下的土地利用图相比, 计算各土地利用类型面积的变化。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用变化分析

流域主要土地利用类型为林地、农田、果园以橘

园为主, 由于本研究是利用 ArcGIS 软件对流域实施退耕还林后的土地利用变化的一种模拟, 交通用地、河流湿地、建设用地、滩地、园地等均认为没有发生变化, 流域内仅林地、农田、未利用地 3 类土地利用面积发生变化。流域 > 25° 土地退耕还林后时, 林地面积增加到 298.4 hm<sup>2</sup>, 林地面积占全流域面积的 29.1%, 流域 > 15° 土地退耕还林后, 林地面积将增加到 446.9 hm<sup>2</sup>, 占全流域面积的 43.6%; 农田面积分别减少到 349.7 hm<sup>2</sup> 和 213.8 hm<sup>2</sup>, 占流域面积的比重也由 2005 年的 42.9% 下降到 34.1% 和 20.8%; 未利用地面积也分别减少到了 56.8 hm<sup>2</sup> 和 44.2 hm<sup>2</sup>, 占流域面积的比重也由 2005 年的 8.5% 下降到 5.5% 和 4.3% (表 2)。

表 2 不同模式下流域土地利用面积变化

模式	林地	滩地	农田	草地	交通	园地	未利用地	河湖	建设用地
A	178.8	78	438.9	78.4	9.6	99.7	87.2	33.2	19.9
B	298.4	78	349.7	78.4	9.6	99.7	56.8	33.2	19.9
C	446.9	78	213.8	78.4	9.6	99.7	44.2	33.2	19.9

### 2.2 流域尺度生态系统服务价值变化分析

运用流域土地利用生态服务价值表 (表 1) 和流域 3 种情景模式下土地利用数据 (表 2), 计算出流域各土地利用方式和整个流域生态系统服务价值变化情况 (表 3)。实施退耕还林前, 流域年土壤侵蚀量较大<sup>[18]</sup>。2001 年黑沟流域 > 25° 坡地全部实施退耕还林工程, 至 2005 年流域生态敏感区水土流失得到极大程度的缓解, 生态环境得以改善, 发挥出明显的生态效益。据长江三峡库区森林生态定位站监测, 退耕还林前的 2001 年全流域土壤侵蚀量为 22.3 万 t, 2005 年已下降到 8.67 万 t。在各土地利用类型中, 坡耕农地是产生土壤侵蚀的重要部分, 2001 年玉米和花生间作观测区内土壤侵蚀模数高达 899 t/hm<sup>2</sup>, 为相同坡度条件下有林地平均土壤侵蚀量的 198 倍。生态服务价值发生变化的土地利用也为林地、农田和未利用地。模式 A 下林地生态服务价值

为 466.2 万元; 模式 B 下其生态服务价值上升到 778.1 万元, 模式 C 下其生态服务价值上升到 1 165 万元, 为模式 A 的 2.5 倍。与林地相反, 模式 A 下农田生态服务价值为 479.0 万元, 模式 B 下其生态服务价值下降到 381.6 万元, 模式 C 下其生态服务价值下降到 233.3 万元, 为模式 A 的 48.6%。与农田相似, 模式 A 下未利用地生态服务价值为 4.1 万元, 模式 B 下其生态服务价值下降到 2.6 万元, 模式 C 下其生态服务价值下降到 2.1 万元, 模式 A 下的 45.6%。流域尺度上, 模式 A 时流域生态系统服务总价值为 1 164.5 万元; 模式 B 时生态系统服务总价值上升到 1 164.5 万元, 为退耕还林前的 1.18 倍, 模式 C 时生态系统服务总价值增加到了 1 615.5 万元, 为模式 A 生态服务价值的 1.38 倍。这主要是由于农田和未利用地单位面积上产生的生态服务价值要小于林地生态服务价值。

表 3 流域不同土地利用类型产生生态服务价值

模式	林地	滩地	农田	草地	交通	园地	未利用地	河湖	建设用地	总价值
A	4662115	28969	4790062	502270	- 863457	1962418	40708	1350456	- 828600	11644941
B	7780622	28969	3816552	502270	- 863457	1962418	26516	1350456	- 828600	13775746
C	11652681	28969	2333368	502270	- 863457	1962418	20634	1350456	- 828600	16158739

## 3 结论与建议

流域在 A、B、C 等 3 种退耕还林模式下, 土地利用面积发生变化主要集中在林地、耕地之间, 耕地减少的面积都转化为林地, 这反映了退耕还林还草后土地利用变化格局的总体趋势。在土地利用结构变

化的过程中, 流域总的生态系统服务价值是增加的, 模式 C 为模式 A 的 1.38 倍。其中, 单位面积上林地的生态系统服务价值最大, 因此流域的生态环境恢复与重建的主要措施以建设灌木林地为主, 增加林草覆盖率。所以在进行土地利用结构调整优化时, 要以提高生态系统服务价值作为土地利用基本

原则,贯彻退耕还林政策,调整优化农业结构与布局,转变农业增长方式,因地制宜,合理、适度利用土地,提高土地利用率和产出率,实现土地利用生态、经济、社会效应的统一,以利于农业的可持续发展。

参考文献:

[1] 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.

[2] Daily G C, Soderqvist T, Aniyar S, et al. Ecology- The value of nature and the nature of value [J]. *Science*, 2000, 5478: 395-396.

[3] 张津涛, 张建军, 郭小平. 晋西黄土残塬沟壑区沙棘生物量及水土保持效益的研究[J]. *北京林业大学学报*, 1993, 15(4): 118-124.

[4] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱. 海南岛生态系统土壤保持空间分布特性及生态经济价值评估[J]. *生态学报*, 2000, 20(4): 552-558.

[5] 肖寒, 欧阳志云. 森林生态系统服务功能及其生态价值评估初探[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(4): 481-484.

[6] 苏朝阳, 苗长虹. 开封市土地利用时空变化的生态系统服务价值评估[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(5): 116-119.

[7] 莫源富, 周立新. TM 数据在土地利用动态监测中的应用[J]. *国土资源遥感*, 2000(2): 113-117.

[8] 周乐群, 孙长安, 高改萍, 等. 长江三峡工程库区生态环境遥感动态监[J]. *国土资源遥感*, 2005(1): 49-52.

[9] 田贵全, 张明才. 山东省生态环境遥感监测[J]. *国土资源遥感*, 2006(4): 63-67.

[10] 陈强, 陈正江, 张兴国, 等. 基于 RS/ GIS 的艾比湖沿岸绿洲生态系统服务功能价值及其演变[J]. *水土保持通报*, 2005, 25(2): 79-82.

[11] 李晶, 任志远. 基于 GIS 的陕北黄土高原土地生态系统水土保持价值评价[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(12): 2796-2803.

[12] 申海建, 郭荣中, 江艺明, 等. 基于 RS 和 GIS 的土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(11): 4781-4783.

[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] 段瑞娟, 郝晋珉, 张洁瑕. 北京区位土地利用与生态系统服务价值变化研究[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(9): 21-28.

[15] 万利, 陈佑启, 谭靖, 等. 土地利用变化对区域生态系统服务价值的影响[J]. *地域研究与开发*, 2009, 28(4): 95-99.

[16] 田耀武, 王建东, 张世平. 郑州西南绕城高速公路不同时期生态系统服务价值研究[J]. *中南公路工程*, 2006, 31(3): 81-86.

[17] Wu S, Li J, Huang G. An evaluation of grid size uncertainty in empirical soil loss modeling with digital elevation models[J]. *Environmental Modeling and Assessment*, 2005, 10: 33-42.

[18] 田耀武, 黄志霖, 曾立雄, 等. DEM 网格尺度对 AnnA GNPS 预测山地小流域径流和物质输出的影响[J]. *环境科学学报*, 2009, 29(4): 846-853.

[19] Tang G A, Zhao M D, Li T W, et al. Modeling slope uncertainty derived from DEMs in loess plateau[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(6): 824-830.

(上接第 96 页)

[7] 路保昌, 薛智德, 朱清科, 等. 干旱阳坡半阳坡微地形土壤水分分布研究[J]. *水土保持通报*, 2009, 29(1): 62-65.

[8] 王志强, 刘宝元, 海春兴, 等. 晋西北黄土丘陵区不同植被类型土壤水分分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2002, 16(4): 53-58.

[9] 王云强, 张兴昌. 黄土区小尺度坡面土壤含水率时空变异性研究[J]. *水土保持学报*, 2008, 22(2): 32-37.

[10] 周海光, 刘广全, 焦醒, 等. 黄土高原水蚀风蚀复合区人工植被土壤水分状况[J]. *水土保持学报*, 2008, 22(5): 194-197.

[11] 陈云明, 侯喜禄, 刘文兆. 黄土丘陵半干旱区不同类型植被水保生态效益研究[J]. *水土保持学报*, 2000, 14(9): 57-61.

[12] 马祥华, 白文娟, 焦菊英, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复中的土壤水分变化研究[J]. *水土保持通报*, 2004, 24(5): 20-24.

[13] 李世荣, 张卫强, 贺康宁. 黄土半干旱区不同密度刺槐林地的土壤水分动态[J]. *中国水土保持科学*, 2003, 1(2): 28-32.

[14] 王百田, 杨雪松. 黄土半干旱地区油松与侧柏林分适宜土壤含水量研究[J]. *水土保持学报*, 2002, 16(1): 80-83.

[15] 何福红, 黄明斌, 党廷辉. 黄土高原沟壑区小流域土壤水分空间分布特征[J]. *水土保持通报*, 2002, 22(4): 6-9.