

DOI: 10.5846/stxb201802010280

雷军成, 王莎, 汪金梅, 吴松钦, 游细斌, 吴军, 崔鹏, 丁晖. 土地利用变化对寻乌县生态系统服务价值的影响. 生态学报, 2019, 39(9): - .

Lei J C, Wang S, Wang J M, Wu S Q, You X B, Wu J, Cui P, Ding H. Effects of land use change on ecosystem services value of Xunwu County. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(9): - .

土地利用变化对寻乌县生态系统服务价值的影响

雷军成¹, 王莎², 汪金梅³, 吴松钦¹, 游细斌¹, 吴军⁴, 崔鹏⁴, 丁晖^{4,*}

1 赣南师范大学地理与环境工程学院, 赣州 341000

2 赣南师范大学化学化工学院, 赣州 341000

3 安徽师范大学生命科学学院, 芜湖 241000

4 生态环境部南京环境科学研究所, 南京 210042

摘要: 为了解寻乌县生态系统服务价值对土地利用变化的响应。首先通过监督分类 Landsat TM/OLI 影像, 获取寻乌县 1995 年、2006 年和 2016 年 3 期的土地利用数据; 进而对研究时段寻乌县土地利用的变化特征进行分析; 最后利用当量因子法对 3 个时期寻乌县 4 种土地利用类型的 4 类生态系统服务进行价值评估。结果表明: (1) 1995—2016 年, 寻乌县农田减少近一半, 果园增加约一倍, 林地所占百分比减少近 10 个百分点, 水体增加一倍, 建设用地增加近 5 倍; (2) 1995—2016 年, 寻乌县年生态系统服务价值减少 4.91 亿元; (3) 4 种土地利用类型中, 3 个时期均是林地生态系统服务的价值最大, 但 2016 年比 1995 年减少 26.04 亿元; (4) 4 种生态系统服务类型中, 3 个时期均是调节服务价值最大, 但 2016 年比 1995 年减少 1.51 亿元; (5) 丹溪、龙廷、留车、南桥和晨光 5 个乡(镇)生态系统服务价值增加, 其余乡(镇)均减少。能为寻乌县乃至东江流域今后生态补偿标准的制定提供基础数据。

关键词: 生态系统服务; 土地利用变化; 当量因子; 寻乌县; 东江流域

Effects of land use change on ecosystem services value of Xunwu County

LEI Juncheng¹, WANG Sha², WANG Jinmei³, WU Songqin¹, YOU Xibin¹, WU Jun⁴, CUI Peng⁴, DING Hui^{4,*}

1 School of Geography and Environmental Engineering, Gannan Normal University, Ganzhou 341000, China

2 School of Chemistry and Chemical Engineering, Gannan Normal University, Ganzhou 341000, China

3 College of Life Sciences, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China

4 Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment, Nanjing 210042, China

Abstract: This study was conducted to understand the response of the ecosystem services value to land use change in Xunwu County. First, land use data for Xunwu County in 1995, 2006, and 2016 were derived from Landsat TM/OLI images by supervised classification. Next, land use change characteristics in this period were analyzed. Finally, the values of four ecosystem services for four land use types in the three dates were assessed by the equivalent factor method. The results showed that (1) the farmland and woodland in 2016 were reduced by almost half and 10% than those in 1995, respectively, while the orchard and water area in 2016 were both doubled than those in 1995; especially, the built-up area in 2016 was approximately quintupled than that in 1995; (2) the annual ecosystem services value of Xunwu County was reduced by 491 million yuan from 1995 to 2016; (3) the ecosystem services values of woodland were all the largest in the three dates, for the four different land use types; however, the annual ecosystem services value was reduced by 2 604 million yuan from 1995 to 2016; (4) the regulating services value were all the largest in the three dates, for the four

基金项目: 江西省教育厅科技项目(GJJ170812)

收稿日期: 2018-02-01; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: nldinghui@sina.com

ecosystem services; however, the annual ecosystem services value was reduced by 151 million yuan from 1995 to 2016; and (5) for different townships in Xunwu County, the annual ecosystem services value was increased in Danxi, Longting, Liuche, Nanqiao, and Chenguang, while decreased in the other townships. The study results could contribute to set ecological compensation criterion in Xunwu County, and even in the Dongjiang River Basin.

Key Words: ecosystem service; land use change; equivalent factor; Xunwu County; Dongjiang River Basin

生态系统服务(Ecosystem services)指通过生态系统的结构、过程和功能直接或间接得到的生命支持产品和服务^[1-3]。生态系统服务的可持续供给是经济社会可持续发展的基础^[4-5]。然而近一百多年来,全球范围内 60% 以上的生态系统服务出现了明显的退化^[1],其主要原因就是生态系统服务价值认识不足导致的盲目开发^[4,6]。开展生态系统服务价值评估,提高对生态系统服务价值的认识,是生态系统保护和管理的基礎^[7]。1997 年, Daily 主编的《Nature's services: societal dependence on natural ecosystems》的出版和 Costanza 等的文章《The value of the world's ecosystem services and natural capital》的发表,掀起了全球范围内生态系统服务研究的热潮^[8]。国内外学者从生态系统服务分类^[9]、功能监测^[10]、价值化评估^[11-12]、生态系统服务流^[13]及土地利用变化对生态系统服务的影响^[14-15]等方面开展了大量的研究,其中土地利用变化对生态系统服务的影响研究倍受关注。

土地利用类型、格局的变化会影响生态系统服务的供给^[16]。因此,土地利用变化对生态系统服务的影响研究在我国许多地区已广泛开展,但目前的研究主要存在如下几方面的不足:(1)针对流域尺度的研究较多,但专门针对河流源头地区的研究较少,使有关土地利用变化对流域生态系统服务影响的认识尚不够全面;(2)对同一土地利用类型的内部差异未给予足够重视,如森林植被覆盖度变化对森林生态系统服务的影响;(3)受研究方法的制约,研究结果通常只能反映土地利用变化对研究区域生态系统服务的整体影响,不能精细化地反映生态系统服务的空间变化。

本研究选择东江发源地——寻乌县作为研究区域,基于遥感解译获取的寻乌县不同时期的土地利用数据,通过修正的当量因子法,在地理信息系统技术支持下,开展空间精细化的土地利用变化对寻乌县生态系统服务价值的影响研究,以期今后其他区域开展相关研究提供借鉴。另外,江西省人民政府、广东省人民政府于 2016 年签署了《东江流域上下游横向生态补偿协议》,掌握寻乌县土地利用变化引起的生态系统服务价值的变化情况,对科学实施生态补偿,保障东江中、下游流域用水安全和生态安全具有重要的现实意义,对寻乌县土地利用变化引起的生态系统服务价值变化情况的研究也能为流域内其他县(市、区)科学制定生态环境保护措施和实施生态补偿提供参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

寻乌县位于江西省南部,东南连武夷山余脉,西北接九连山支脉,是东江水系、湘水水系和韩江水系的分水岭,境内的桎髻钵山是珠江干流——东江的发源地^[17](图 1)。寻乌县气候类型属亚热带季风气候,年平均气温 18.9℃,年平均降水量 1650.3 mm^[18]。寻乌县地形以山地丘陵为主,全县山间谷地占 2.38%,岗地占 7.68%,丘陵占 14.3%,山地占 75.62%^[19]。寻乌县位于亚热带红壤区南部,土地肥力较好,土壤普遍呈酸性。寻乌县水力资源相当丰富,全县共有大小河流 547 条,河道总长 1900 km^[18]。寻乌县境内珍稀濒危野生动植物资源丰富,拥有国家二级以上保护动物 20 余种,二级以上保护植物 10 余种^[18]。2010 年国务院发布的“国家重点生态功能区名录”,将寻乌县划入“南岭山地森林及生物多样性生态功能区”^[20]。寻乌县物产丰富,但受地形条件限制,经济发展滞后。2015 年末,全县人均 GDP 仅 19055 元^[21],远低于全国平均水平的 49992 元^[22],属国家级贫困县。由于人口的不断增长及地区特色产业的发展,森林退化、水土流失、水质污染等生态

环境问题日益加剧^[19,23-24],发展与保护之间的矛盾十分突出。

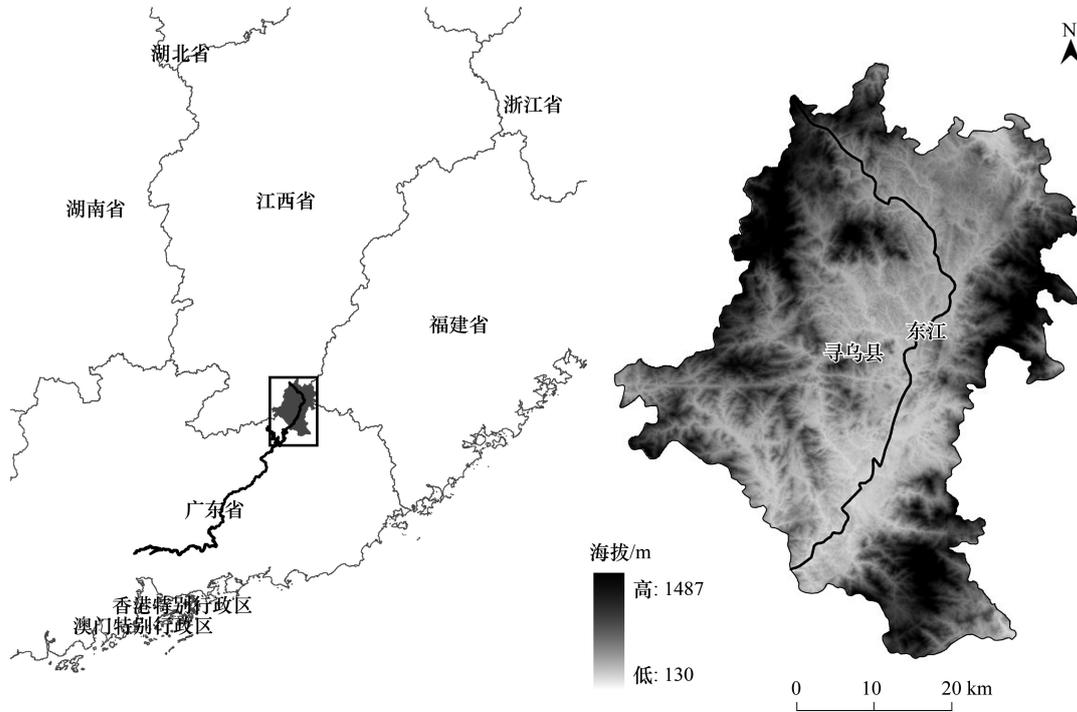


图1 寻乌县位置

Fig.1 Location of Xunwu County

1.2 数据来源

寻乌县 1995 年、2006 年和 2016 年 3 期土地利用数据均基于 Landsat TM/OLI 遥感影像通过监督分类获得,3 幅影像的成像日期分别为:1995 年 12 月 7 日、2006 年 12 月 21 日和 2016 年 12 月 16 日。根据研究区土地利用特点,本研究将研究区土地利用类型分为农田、果园、林地、水体、矿区、建设用地六大类(图 2)。3 个时期土地利用数据分类的总体精度分别为 95%、91%和 97%,Kappa 值分别为 0.94、0.90 和 0.96。野外实地验证结果表明,2016 年土地利用数据分类的精度达 91.5%。

2 研究方法

2.1 土地利用变化特征分析

将寻乌县 1995 年、2006 年和 2016 年 3 期土地利用数据,利用 ArcGIS (Ver. 9.3)均转换成同一投影(WGS_1984_Albers,中央经线:105°E),然后统计 3 个时期各土地利用类型的面积,并通过马尔科夫转移矩阵^[25]分析不同时期各土地利用类型间的转换关系。

2.2 生态系统服务价值评估

依据 Costanza 等^[26]提出的生态系统服务价值评估体系,参考谢高地等^[3]修订的“中国陆地生态系统单位面积生态系统服务价值当量表”为研究区不同土地利用类型的各项生态系统服务进行价值当量赋值(表 1),并通过公式 1 和公式 2 计算研究区生态系统服务价值:

$$ESV = \sum_{i=1}^n A_i \times VC_i \quad (1)$$

$$VC_i = \sum_{j=1}^k EC_j \times E_a \quad (2)$$

式中,ESV 为生态系统服务价值,元/a; i 为土地利用类型; j 为生态系统服务类型; A_i 为第 i 类土地利用类型的

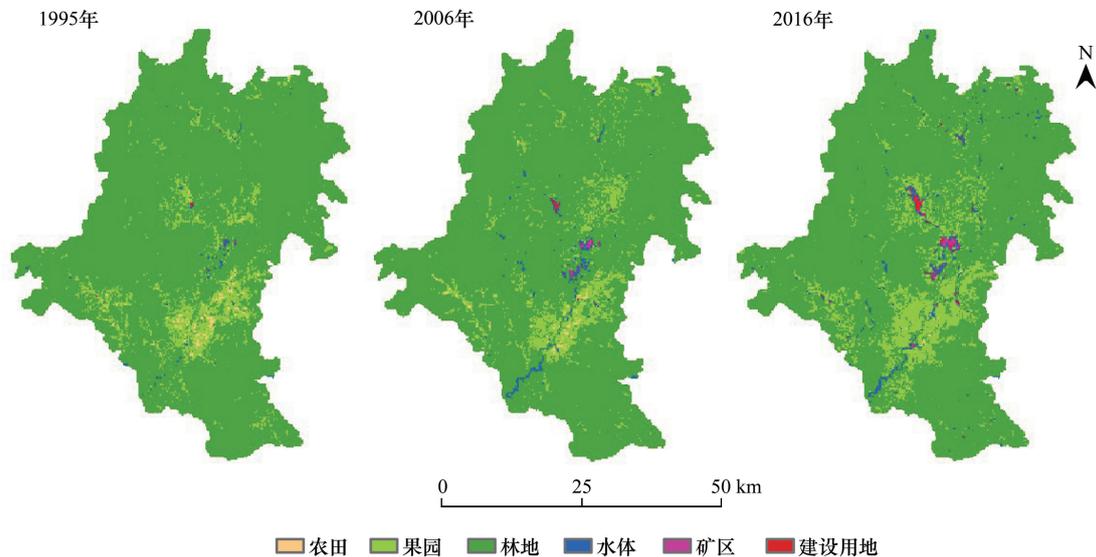


图2 寻乌县1995年、2006年和2016年土地利用
Fig.2 Land use of Xunwu County in 1995, 2006, and 2016

面积, hm^2 ; VC_i 为第 i 类土地利用类型单位面积生态系统服务价值, $\text{元 hm}^{-2} \text{a}^{-1}$; EC_j 为某类土地利用类型第 j 项生态系统服务的价值当量; E_a 为 1 单位生态系统服务的经济价值, $\text{元 hm}^{-2} \text{a}^{-1}$ 。

表1 寻乌县单位面积生态系统服务价值当量

Table 1 Ecosystem service equivalent value per unit area for Xunwu County

一级生态系统服务分类 Primary classification of ecosystem services	二级生态系统服务分类 Secondary classification of ecosystem services	农田 Farmland	果园 Orchard	林地 Woodland	水体 Water area	矿区 Mining area	建设用地 Built-up area
供给服务 Provisioning services	食物生产	1.36	0.825	0.29	0.8	0	0
	原料生产	0.09	0.375	0.66	0.23	0	0
	水资源供给	-2.63	-1.145	0.34	8.29	0	0
调节服务 Regulating services	气体调节	1.11	1.64	2.17	0.77	0	0
	气候调节	0.57	3.535	6.5	2.29	0	0
	净化环境	0.17	1.05	1.93	5.55	0	0
	水文调节	2.72	3.73	4.74	102.24	0	0
支持服务 Supporting service	土壤保持	0.01	1.33	2.65	0.93	0	0
	维持养分循环	0.19	0.195	0.2	0.07	0	0
	生物多样性	0.21	1.31	2.41	2.55	0	0
文化服务 Cultural services	美学景观	0.09	0.575	1.06	1.89	0	0

由于研究区的农田基本都为水田,研究区的林地基本都为阔叶林,因此农田取水田的值,林地取阔叶林的值,水体取水系的值,果园取研究区农田和和林地的平均值。本研究对研究区的人工生态系统不作评估,因此矿区、建设用地各项生态系统服务的价值当量均设为 0

为精确确定研究区 1 单位生态系统服务的经济价值,本研究通过公式 3 对研究区数值进行修正。计算得到研究区 2016 年农田自然粮食生产的经济价值,即 1 单位生态系统服务的经济价值为 $4896 \text{ 元 hm}^{-2} \text{a}^{-1}$ 。

$$E_a = 1/7 \sum_{i=1}^n \frac{m_i p_i q_i}{M} \times \text{MCI} \quad (3)$$

式中, E_a 为研究区 1 单位生态系统服务的经济价值, $\text{元 hm}^{-2} \text{a}^{-1}$; i 为粮食作物的种类(数据来源于文献[27]); m_i 为第 i 种粮食作物的全国平均价格(数据来源于文献[28]), 元/kg ; p_i 为第 i 种粮食作物的单产(数

据来源于文献[27]), kg/hm^2 ; q_i 为第 i 种粮食作物的种植面积(数据来源于文献[27]), hm^2 ; M 为粮食作物的总种植面积, hm^2 ; MCI 为研究区农田复种指数, 取 2.5(数据来源于文献[27])。

为更细致地反应生态系统服务价值的空间分异, 在单元格尺度的生态系统服务价值修订中, 选取植被覆盖度指数作为指标, 根据植被覆盖度与 NDVI 的对应关系^[29](见公式 4), 采用公式 5、公式 6 进行逐单元格的生态系统服务价值的修订。水体由于植被稀少, NDVI 基本都为负值, 故只对农田、果园和林地生态系统服务作进一步的修订。

$$f = \frac{\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}}{\text{NDVI}_{\max} - \text{NDVI}_{\min}} \quad (4)$$

$$f_{vi} = \frac{f_{ij}}{\bar{f}_j} \quad (5)$$

$$Ef_{vi} = E_i \times f_{vi} \quad (6)$$

式中, f 为植被覆盖度; i 为栅格单元序号; j 为生态系统类型, 这里仅指农田、果园、林地 3 种; f_{vi} 为第 i 个单元格的植被覆盖度修订系数; f_{ij} 为第 i 单元格第 j 类生态系统的植被覆盖度; \bar{f}_j 为研究区第 j 类生态系统的植被覆盖度平均值; Ef_{vi} 为第 i 单元格经植被覆盖度修订的生态系统服务价值当量; E_i 为第 i 单元格经地区修订后的生态系统服务价值当量。

由于林地水资源供给服务的当量因子为正数, 而实际上林地的水资源供给与林地的植被覆盖度呈负相关^[30], 因此采用公式 7 对林地水资源供给服务进行逐单元格的生态系统服务价值的修订:

$$Ef_{wvi} = E_i \times \frac{\max(f_{fvi}) \times \min(f_{fvi})}{f_{fvi}} \quad (7)$$

式中, Ef_{wvi} 为第 i 单元格经植被覆盖度修订的水资源供给服务价值当量; E_i 为第 i 单元格经地区修订后的生态系统服务价值当量; f_{fvi} 为第 i 个单元格的林地植被覆盖度修订系数。

2.3 生态系统服务价值流向分析

本研究利用各土地利用类型转化数据来计算不同地类之间相互转化所引起的生态系统服务价值的损益^[31], 分析土地利用变化对生态系统服务价值的影响。生态系统服务价值损益计算见公式 8 所示:

$$PL_{ij} = (VC_j - VC_i) \times A_{ij} \quad (8)$$

式中, PL_{ij} 为第 i 类土地利用类型转化为第 j 类土地利用类型后的生态系统服务价值损益; VC_i 、 VC_j 分别为第 i 类土地利用类型和第 j 类土地利用类型的生态系统服务价值系数; A_{ij} 为第 i 类土地利用类型转化为第 j 类土地利用类型的面积。

2.4 生态系统服务价值指数敏感性分析

本研究利用经济学中弹性系数的概念计算生态系统服务价值的敏感性指数(见公式 9), 以确定生态系统服务价值随时间的变化对生态系统服务价值指数的依赖程度^[32]。

$$CS = \left| \frac{(\text{ESV}_j - \text{ESV}_i) / \text{ESV}_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \right| \quad (9)$$

式中, ESV_i 、 ESV_j 分别为初始的及调整后的生态系统服务价值; VC_{ik} 、 VC_{jk} 分别为初始的及调整后的生态系统服务价值系数。若 $CS > 1$, 则表明 ESV 对 VC 富有弹性, 即 1% 的自变量变动将引起因变量大于 1% 的变动, 其准确度差, 可信度较低; 反之, 若 $CS < 1$, 则表明 ESV 对 VC 缺乏弹性, 研究结果可信。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化特征

1995 年、2006 年和 2016 年 3 个时期寻乌县不同土地利用类型的占比情况如表 2 所示。从土地利用类型的总体特征看: 3 个时期寻乌县主要的土地利用类型均为林地, 其次为果园, 二者合占寻乌县总面积的比例均

超过 93%。从不同土地利用类型的变化特征看:农田持续减少,2016 年农田面积相对 1995 年减少近一半;果园持续增加,2016 年果园面积相对 1995 年增加约一倍;林地持续减少,2016 年林地所占百分比相对 1995 年减少近 10 个百分点;水体持续增加,2016 年水体面积相对 1995 年增加一倍;建设用地持续增加,2016 年建设用地相对 1995 年增加近 5 倍。1995—2016 年不同土地利用类型之间的转换关系如表 3 所示。流出的农田主要变成果园和建设用地,二者分别占流出农田总面积的 77.67%和 10.86%;流出的林地主要变成果园和农田,二者分别占流出林地总面积的 86.98%和 6.09%;新增的果园主要来源于林地的转化,占新增果园总面积的 76.77%;新增的建设用地主要来源于农田和林地的转化,二者分别占新增建设用地总面积的 39.85%和 38.23%。

表 2 寻乌县 1995—2016 年不同土地利用类型占比变化/%

Table 2 Proportional change of different land use types in Xunwu County from 1995 to 2016

土地利用类型 Land use types	1995 年 In 1995	2006 年 In 2006	2016 年 In 2016
农田 Farmland	5.97	5.07	3.24
果园 Orchard	11.91	14.17	22.9
林地 Woodland	81.33	79.26	71.46
水体 Water area	0.38	0.63	0.76
矿区 Mining area	0.17	0.42	0.33
建设用地 Built-up area	0.23	0.44	1.31

表 3 寻乌县 1995—2016 年土地利用类型转移矩阵 /hm²

Table 3 Land use transfer matrix in Xunwu County from 1995 to 2016

1995 年 In 1995	2016 年 In 2016					
	农田 Farmland	果园 Orchard	林地 Woodland	水体 Water area	矿区 Mining area	建设用地 Built-up area
农田 Farmland	3707.19	8020.62	774.27	268.56	140.85	1121.94
果园 Orchard	1701.36	17477.91	7936.74	147.69	235.53	496.08
林地 Woodland	1953.27	27888.12	159030.8	895.32	249.66	1076.49
水体 Water area	75.42	190.26	157.32	429.93	2.61	44.73
矿区 Mining area	75.78	93.96	7.92	7.02	138.69	76.5
建设用地 Built-up area	105.12	134.46	8.55	28.17	4.14	265.32

3.2 生态系统服务价值变化特征

土地利用变化引起寻乌县生态系统服务价值的波动变化。寻乌县年生态系统服务价值 1995—2006 年间增加 1.23 亿元,2006—2016 年间减少 6.14 亿元,2016 年相对 1995 年仍下降 4.91 亿元(表 4)。寻乌县 1995—2016 年间生态系统服务价值重心从宏观尺度看未发生明显变化,但从较小尺度看 1995—2006 年间向西南方向移动 407 m,2006—2016 年间又向东北方向移动 203 米,总体上 1995—2016 年间向西南方向移动 204 米(图 3)。4 种土地利用类型中,3 个时期均是林地生态系统服务价值最大,但 2016 年比 1995 年减少 26.04 亿元(表 4)。4 种生态系统服务类型中,3 个时期均是调节服务价值最大,但 2016 年比 1995 年减少 1.51 亿元(表 5)。

从不同乡镇年生态系统服务价值的变化情况看:丹溪乡、龙廷乡、留车镇、南桥镇和晨光镇五个乡镇价值增加,其他乡镇价值均减少,其中文峰乡减少最多,达 2.5 亿元,从单位面积减少量来看,减少最多的为文峰乡,达 8946 元/hm²(图 4a)。从生态系统服务价值的空间变化情况看,减少的区域主要发生在研究区的中部和北部,而价值增加的区域则散布于研究区各处(图 4b)。究其原因,中部和北部地区主要是由于高生态系统服务价值的用地类型转化为较低生态系统服务价值的用地类型,如林地转化为果园,农田转化为建设用地;价值增加的区域散布于研究区各处主要是由于低生态系统服务价值的用地类型转化为较高生态系统服务价值

的用地类型,如农田转化为果园。

表 4 寻乌县 1995—2016 年 4 种土地利用类型的生态系统服务价值量

Table 4 Ecosystem services values for four land use types in Xunwu County from 1995 to 2016

土地利用类型 Land use types	1995 年 In 1995		2006 年 In 2006		2016 年 In 2016	
	价值 Value/ 10^8 元·a	比例 Proportion/%	价值 Value/ 10^8 元·a	比例 Proportion/%	价值 Value/ 10^8 元·a	比例 Proportion/%
农田 Farmland	2.67	1.11	2.27	0.94	1.45	0.61
果园 Orchard	18.39	7.62	21.87	9.02	35.35	14.95
林地 Woodland	214.72	88.98	209.27	86.28	188.68	79.82
水体 Water area	5.54	2.29	9.14	3.76	10.93	4.62
总和 Total	241.32	100	242.55	100	236.41	100

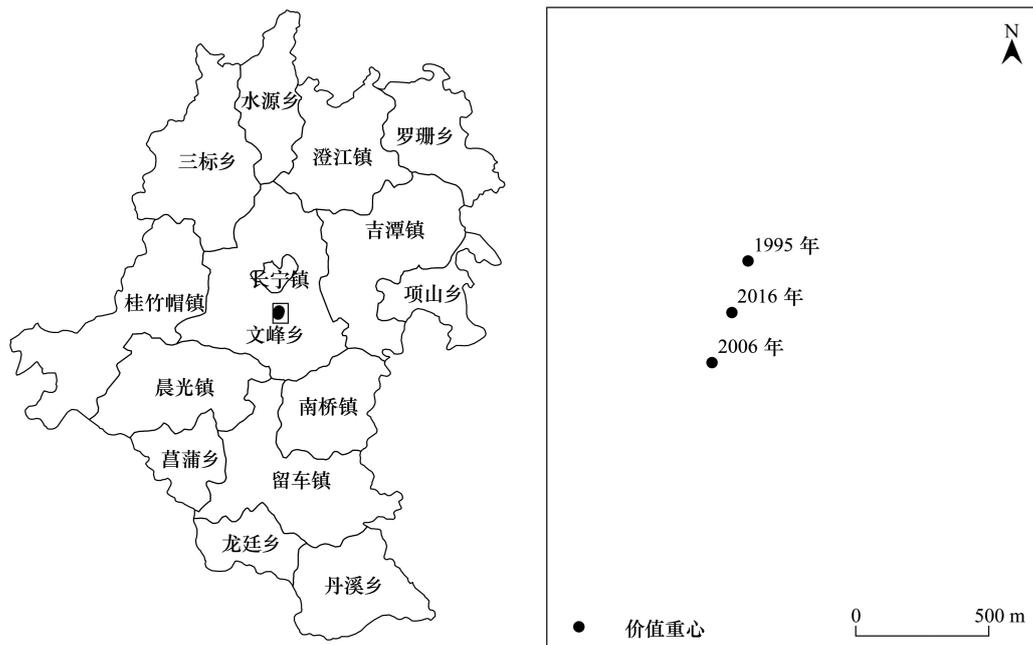


图 3 1995—2016 年寻乌县生态系统服务价值重心空间变化

Fig.3 Spatial changes of ecosystem services value barycenter for Xunwu County from 1995 to 2016

表 5 寻乌县 1995—2016 年 4 类生态系统服务的价值量

Table 5 Values for four ecosystem services in Xunwu County from 1995 to 2016

生态系统服务类型 Ecosystem service categories	1995 年 In 1995		2006 年 In 2006		2016 年 In 2016	
	价值 Value/ 10^8 元·a	比例 Proportion/%	价值 Value/ 10^8 元·a	比例 Proportion/%	价值 Value/ 10^8 元·a	比例 Proportion/%
供给服务 Provisioning services	11.74	4.86	11.84	4.88	11.12	4.71
调节服务 Regulating services	165.19	68.45	166.83	68.78	163.68	69.23
支持服务 Supporting service	53.54	22.19	53.08	21.89	51.17	21.65
文化服务 Cultural services	10.85	4.5	10.79	4.45	10.43	4.41
总和 Total	241.32	100	242.54	100	236.4	100

3.3 生态系统服务价值流向特征

林地向果园转化是导致 1995—2016 年间寻乌县年生态系统服务价值减少的最主要原因,导致年生态系统服务总价值减少 13.01 亿元,其次为林地向农田的转化,导致年生态系统服务价值减少 1.82 亿元(表 6)。

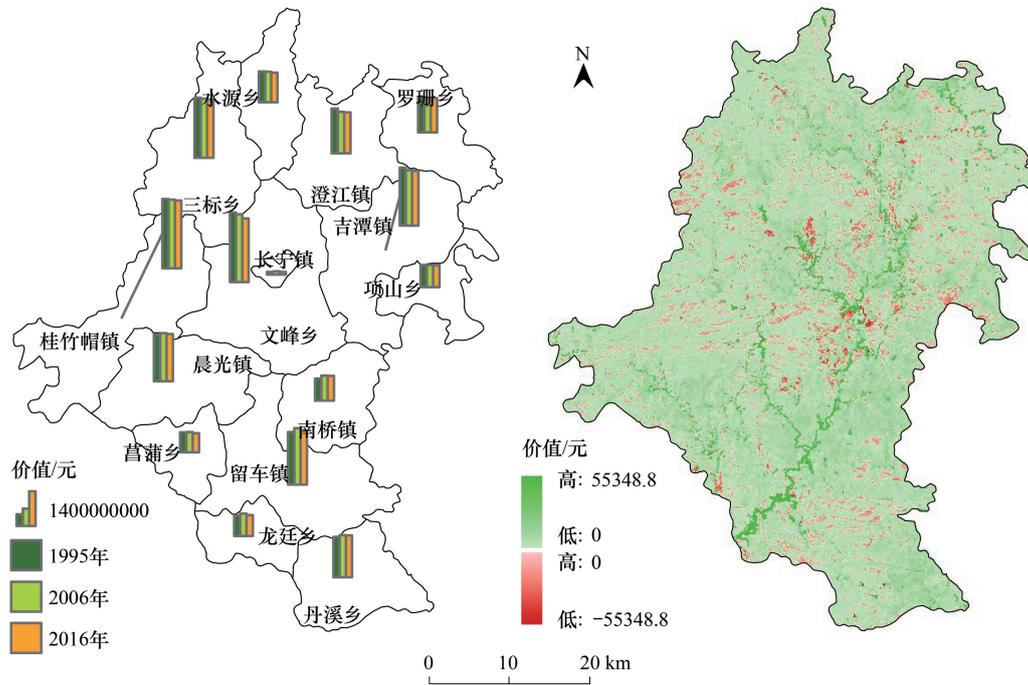


图4 寻乌县1995—2016年生态系统服务价值空间变化

Fig.4 Spatial changes of ecosystem services value in Xunwu County from 1995 to 2016

a.基于乡镇的空间变化;b.基于单元格的空間变化

林地向水体转化是导致1995—2016年间寻乌县年生态系统服务价值增加的主要原因,导致年生态系统服务价值增加4.51亿元,其次为农田向果园的转化,导致年生态系统服务价值增加3.74亿元(表6)。

表6 寻乌县1995—2016年生态系统服务价值损益流向/亿元

Table 6 Ecosystem services value flowing matrix in Xunwu County from 1995 to 2016

1995年 In 1995	2016年 In 2016					
	农田 Farmland	果园 Orchard	林地 Woodland	水体 Water area	矿区 Mining area	建设用地 Built-up area
农田 Farmland	0	3.74	0.72	1.6	-0.03	-0.2
果园 Orchard	-0.79	0	3.7	0.81	-0.15	-0.32
林地 Woodland	-1.82	-13.01	0	4.51	-0.28	-1.2
水体 Water area	-0.45	-1.05	-0.79	0	-0.02	-0.27
矿区 Mining area	0.01	0.06	0.01	0.04	0	0
建设用地 Built-up area	0.02	0.09	0.01	0.17	0	0

3.4 生态系统服务价值指数敏感性

本研究将各种土地利用类型的生态系统服务价值系数分别上下调整50%,计算显示1995年、2006年和2016年3个时期各地类的生态系统服务价值变化对价值系数的敏感性指数均小于1(图5)。不同地类的敏感性指数差异较大,林地较大、农田较小,但同一地类不同年份差别较小,表明生态系统服务价值对价值系数不敏感、缺乏弹性,研究结果可信。

4 讨论与结论

4.1 讨论

生态系统服务价值研究是生态学研究热点问题。目前生态系统服务价值研究方法大致分为两类,即基

于单位面积价值当量因子的方法和基于单位服务功能价格的方法^[3]。基于单位服务功能价格的方法需要研究地区具备较为详实的生态系统服务物质数据,在数据基础较差的地区应用较为困难。基于单位面积价值当量因子的方法仅需要一个地区各类型生态系统的面积数据,即使对于数据基础较差的地区也可以实现生态系统服务价值的快速评估,目前在我国各地得到了广泛的应用。基于单位面积价值当量因子的方法通常只能反映研究区生态系统服务的整体状况,不能反映生态系统服务的空间变化。随后,出现了以植被覆盖度进行修正的基于单位面积价值当量因子的方法。该方法基于生态系统服务价值与植被覆盖度呈正相关的基本假设,该假设对食物生产、气体调节、气候调节等生态系统服务能够成立,但水资源供给通常与植被覆盖度呈负相

关,因此该方法也存在明显不足。本研究提出了基于植被覆盖度的生态系统服务价值负向修正方法,并结合地理信息系统重心分析法对东江源头县——寻乌县 1995—2016 年间土地利用覆被变化引起的生态系统服务价值变化情况进行分析,本研究能为今后其他地区开展空间精细化的生态系统服务价值研究提供参考。

长期以来,寻乌县始终将柑橘和脐橙种植作为带领地方农民脱贫致富的主导产业,因此 1995—2016 年间寻乌县土地利用变化的明显特征表现为农田和林地果园的转化。这种主要的土地利用转化方式并未对寻乌县生态系统服务的总价值产生明显影响,这主要是由于单位面积果园相对单位面积林地生态系统服务总价值较低,而相对单位面积农田生态系统服务总价值则较高。1995—2016 年间林地果园的净转出使寻乌县生态系统服务总价值净减少 9.3 亿元,而农田果园的净转出使寻乌县生态系统服务总价值净增加 2.95 亿元。另外,本研究中对矿区和建设用地的生态系统服务价值未做研究,由于矿区和建设用地各项生态系统服务价值当量之和在许多研究中通常被设置为负值^[33-34],如果考虑矿区和建设用地变化对生态系统服务价值的影响,研究区生态系统服务总价值可能会发生较大变化。

近年来,利用模型化手段评估生态系统服务的物质质量备受关注,如 ARIES 模型(Artificial Intelligence for Ecosystem Services)、SolVES 模型(Social Values for Ecosystem Services)、InVEST 模型(Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs)等^[35-36]。利用模型化手段进行生态系统服务评估具有科学、客观的优点,但评估结果是生态系统服务的物质质量。为更好地服务于生态补偿和生态系统管理,需将生态系统服务的物质质量转化为价值量,但生态系统服务的物质质量可能存在多方面的价值,如 InVEST 模型评估的生态系统的泥沙滞留服务既有防止水库淤塞的价值,也有保持土壤肥力的价值,如何建立生态系统服务物质质量与价值量之间的联系就成为摆在研究人员面前迫切需要解决的问题。另外,价值不仅受客观因素的影响,还会受到主观因素的影响,为生态系统服务赋予价格时,其价格的变化并不能真实反映生态系统的变化,例如由于人类活动导致森林生态系统的面积减少时,由其提供的服务相应减少,但由于稀缺性其价格可能上涨^[37]。

4.2 结论

本研究在 Landsat TM/OLI 遥感数据和地理信息系统技术支持下对寻乌县 1995—2016 年间土地利用变化情况进行分析,并利用当量因子法对土地利用变化引起的生态系统服务价值的变化情况进行分析,得出如下主要结论:

(1) 寻乌县 1995—2016 年间农田、林地面积持续减少,果园、水体、建设用地面积持续增加;流出的农田主要变成果园和建设用地;流出的林地主要变成果园和农田;新增的果园主要来源于林地的转化;新增的建设用地主要来源于农田和林地的转化。

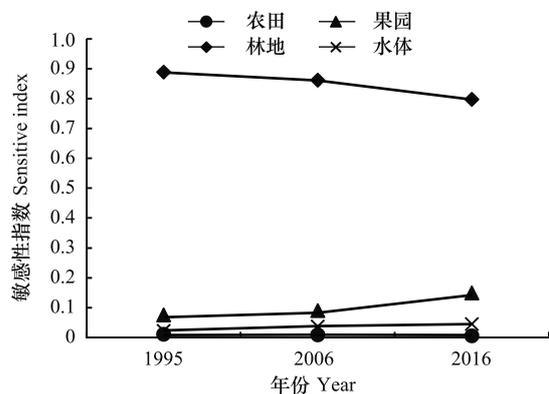


图5 寻乌县 1995—2016 年 4 种地类生态系统服务价值敏感性指数

Fig.5 Sensitive indices of ecosystem services value for four land use types in Xunwu County from 1995 to 2016

(2) 寻乌县 1995—2016 年间生态系统服务价值的变化呈现出明显的阶段性特征:1995—2006 年间生态系统服务价值升高;2006—2016 年间生态系统服务价值下降;1995—2016 年间生态系统服务价值总体上仍呈下降趋势。

(3) 4 类土地利用类型中,1995 年、2006 年和 2016 年 3 个时期均是林地生态系统服务价值最大,但其价值呈明显下降趋势;4 类生态系统服务类型中,1995 年、2006 年和 2016 年 3 个时期均是调节服务价值最大,其价值呈先增加后减少的变化特征,但总体上仍呈下降趋势。

(4) 1995—2016 年间,寻乌县南部的丹溪乡、龙廷乡、留车镇、南桥镇和晨光镇五个乡(镇)生态系统服务价值增加,其他乡(镇)生态系统服务价值减少;1995—2016 年间,寻乌县生态系统服务价值重心向西南方向移动 204 m。

参考文献(References):

- [1] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [2] 张立伟,傅伯杰. 生态系统服务制图研究进展. 生态学报, 2014, 34(2): 316-325.
- [3] 谢高地,张彩霞,张雷明,陈文辉,李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [4] 郑华,李屹峰,欧阳志云,罗跃初. 生态系统服务功能管理研究进展. 生态学报, 2013, 33(3): 702-710.
- [5] 严岩,朱捷缘,吴钢,詹云军. 生态系统服务需求、供给和消费研究进展. 生态学报, 2017, 37(8): 2489-2496.
- [6] 王友生,余新晓,贺康宁,宋思铭,贾国栋,黄枝英. 基于土地利用变化的怀柔水库流域生态服务价值研究. 农业工程学报, 2012, 28(5): 246-251.
- [7] 戴君虎,王焕炯,王红丽,陈春阳. 生态系统服务价值评估理论框架与生态补偿实践. 地理科学进展, 2012, 31(7): 963-969.
- [8] 张振明,刘俊国. 生态系统服务价值研究进展. 环境科学学报, 2011, 31(9): 1835-1842.
- [9] 赵海兰. 生态系统服务分类与价值评估研究进展. 生态经济, 2015, 31(8): 27-33.
- [10] Syrbe R U, Schorcht M, Grunewald K, Meinel G. Indicators for a nationwide monitoring of ecosystem services in Germany exemplified by the mitigation of soil erosion by water//McKenzie D H. Ecological Indicators. Amsterdam: Elsevier, 2017.
- [11] 李丽,王心源,骆磊,冀欣阳,赵燕,赵颜创, Bachagha N. 生态系统服务价值评估方法综述. 生态学杂志, 2018, 37(4): 1233-1245.
- [12] Himes-Cornell A, Pendleton L, Atiyah P. Valuing ecosystem services from blue forests: a systematic review of the valuation of salt marshes, sea grass beds and mangrove forests. Ecosystem Services, 2018, 30: 36-48.
- [13] 姚婧,何兴元,陈玮. 生态系统服务流研究方法最新进展. 应用生态学报, 2018, 29(1): 335-342.
- [14] Sonter L J, Johnson J A, Nicholson C C, Richardson L L, Watson K B, Ricketts T H. Multi-site interactions: understanding the offsite impacts of land use change on the use and supply of ecosystem services. Ecosystem Services, 2017, 23: 158-164.
- [15] Tolessa T, Senbeta F, Kidane M. The impact of land use/land cover change on ecosystem services in the central highlands of Ethiopia. Ecosystem Services, 2017, 23: 47-54.
- [16] 傅伯杰,张立伟. 土地利用变化与生态系统服务: 概念、方法与进展. 地理科学进展, 2014, 33(4): 441-446.
- [17] 张宏锋,袁素芬. 东江流域森林水源涵养功能空间格局评价. 生态学报, 2016, 36(24): 8120-8127.
- [18] 寻乌县人民政府. 县情介绍. [2017-12-11]. http://www.xunwu.gov.cn/dexw/xqjs/jcss/201708/t20170803_209853.html.
- [19] 胡细英,熊小英. 东江源头县——寻乌县水环境生态保护研究. 经济地理, 2004, 24(5): 588-591.
- [20] 国务院办公厅. 国务院关于印发全国主体功能区规划的通知. (2011-06-08) [2017-12-10]. http://www.gov.cn/zwzk/2011-06/08/content_1879180.htm.
- [21] 寻乌县人民政府. 寻乌县 2015 年国民经济和社会发展统计公报. (2016-03-16) [2018-01-03]. http://www.xunwu.gov.cn/zwzk/tjsj/201603/t20160316_170684.html
- [22] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴-2016. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- [23] 代晶晶,王登红,陈郑辉,于扬. IKONOS 遥感数据在离子吸附型稀土矿区环境污染调查中的应用研究——以赣南寻乌地区为例. 地球学报, 2013, 34(3): 354-360.
- [24] 汪林清,欧阳翠凤,刘良源. 东江源区寻乌县稀土废弃矿山治理建议. 江西科学, 2014, 32(2): 246-248.
- [25] 赵阳,余新晓,贾剑波,刘旭辉. 红门川流域土地利用景观动态演变及驱动力分析. 农业工程学报, 2013, 29(9): 239-248.
- [26] Costanza R, d' Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.

- [27] 赣州市统计局. 赣州统计年鉴-2016. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- [28] 国家发展改革委. 关于公布 2016 年稻谷最低收购价格的通知. (2016-02-02) [2018-01-03]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201602/t20160204_774405.html.
- [29] 张喜旺, 吴炳方. 基于中高分辨率遥感的植被覆盖度时相变换方法. 生态学报, 2015, 35(4): 1155-1164.
- [30] 龚诗涵, 肖洋, 方瑜, 郑华, 肖焱, 欧阳志云. 中国森林生态系统地表径流调节特征. 生态学报, 2016, 36(22): 7472-7478.
- [31] 刘亚茹, 王聪, 严力蛟. 华北平原农区土地利用变化对生态系统服务的影响——以河南省商丘市为例. 应用生态学报, 2018, 29(5): 1597-1606.
- [32] 罗维, 易海杰, 李红举, 贾文涛, 冯兆忠. 洋河流域土地利用时空变异及其对生态服务功能价值的影响. 生态学报, 2017, 37(16): 5342-5351.
- [33] 李保杰, 渠爱雪, 顾和和, 纪亚洲. 徐州市贾汪矿区土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响. 生态科学, 2015, 34(5): 147-153.
- [34] 周文霞, 石培基, 王永男, 梁变变, 唐笑. 河谷型城市生态系统服务价值效应——以兰州为例. 干旱区研究, 2017, 34(1): 232-241.
- [35] 戴尔阜, 王晓莉, 朱建佳, 赵东升. 生态系统服务权衡: 方法、模型与研究框架. 地理研究, 2016, 35(6): 1005-1016.
- [36] Turner K G, Anderson S, Gonzales-Chang M, Costanza R, Courville S, Dalgaard T, Dominati E, Kubiszewski I, Ogilvy S, Porfirio L, Ratna N, Sandhu H, Sutton P C, Svenning J C, Turner G M, Varennes Y D, Voinov A, Wratten S. A review of methods, data, and models to assess changes in the value of ecosystem services from land degradation and restoration. *Ecological Modelling*, 2016, 319: 190-207.
- [37] 石惠春, 师晓娟, 刘鹿, 何剑, 刘伟, 万海滢. 兰州城市生态系统服务价值评估方法与结果比较. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(2): 30-35.