

临湘市“三生”用地变化及其生态系统服务价值响应

刘艳中¹, 孙荣泽¹, 陈章¹, 陈勇¹, 张祚², 李晓林³

(1. 武汉科技大学 资源与环境工程学院/冶金矿产资源高效利用与造块湖北省重点实验室, 武汉 430081;

2. 华中师范大学 公共管理学院, 武汉 430079; 3. 湖北沐源科技有限公司, 湖北 宜昌 443000)

摘要:针对生态系统服务价值研究中,土地功能与生态系统服务功能内在联系模糊的问题,探索了生态系统服务价值对“三生”用地变化的响应。构建了“三生”用地分类体系,采用当量因子修正的生态系统服务价值模型,分析了2009—2016年临湘市“三生”用地变化对生态系统服务价值的影响。结果表明:(1)临湘市生态系统服务总价值逐年递减,生态用地和生态生产用地的生态系统服务价值减少较快,生产生态用地和生活生产用地的服务价值增长较慢;(2)4类“三生”用地的生态系统服务价值与其面积变化总体呈正相关,生态用地变化对服务价值影响最明显;(3)不同时期,生态生产用地的生态系统服务价值始终最高,生态用地次之,两者占总价值九成以上。研究表明,生态系统服务价值对生态用地、生态生产用地变化的响应较为显著。合理调控“三生”用地结构,保护生态功能性用地,可为生态系统服务保护、土地利用规划与管理等提供科学依据与决策参考。

关键词:三生用地; 生态系统服务价值; 价值量法; 临湘市

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)06-0303-08

Change of Ecological-Living-Industrial Land and Its Response to Ecosystem Service Value in Linxiang City

LIU Yanzhong¹, SUN Rongze¹, CHEN Zhang¹, CHEN Yong¹, ZHANG Zuo², LI Xiaolin³

(1. School of Resources and Environmental Engineering/Hubei Key Laboratory of

High-Efficiency Utilization and Agglomeration of Metallurgical Mineral Resources, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China; 2. College of Public Administration, Central China Normal University, Wuhan 430079, China; 3. Hubei Muyuan Technology Co., Ltd., Yichang, Hubei 443000, China)

Abstract: In view of the ambiguous relationship between land function and ecosystem service function in the study of ecosystem service value, we explored the response of ecosystem service value to the change of ecological-living-industrial land. An ecological-living-industrial land classification system was developed, and the adjusted equivalent factor valuation model of ecosystem service was used to analyze the impact of the ecological-living-industrial land use change on the ecosystem service value in Linxiang City from 2009 to 2016. The results showed that: (1) the total ecosystem service value in Linxiang City was decreasing year by year, the ecosystem service value of ecological land and ecological-industrial land decreased rapidly, and the ecosystem service value of industrial-ecological land and living-industrial land grew slowly; (2) the value of ecosystem service of these four types of lands was positively correlated with their change of land use area; the change of ecological land had the most obvious impact on ecosystem service value; (3) in different periods, the ecosystem service value of ecological-industrial land was always the highest, followed by ecological land, which accounted for more than 90% of the total ecosystem service value. This research indicated that the ecosystem service value was more responsive to the changes of ecological land use and ecological-industrial land. The study on rationally regulating the structure of the ecological-living-industrial land and protecting ecological functional land can provide the scientific basis and decision-making reference for ecosystem service

收稿日期: 2019-01-25

修回日期: 2019-02-25

资助项目: 国家自然科学基金“基于互联网搜索的住房价格公众关注度——城际网络特征与内在机理”(71774066)

第一作者: 刘艳中(1979—),男,山西吕梁人,教授,博士,主要从事区域生态安全评价研究。E-mail: Liuyanzhong@wust.edu.cn

通信作者: 陈勇(1968—),男,湖北武汉人,教授,博士,主要从事矿区生态安全研究。E-mail: Yongchen1968@163.com

protection, land use planning and management.

Keywords: ecological-living-industrial land; ecosystem service value; value method; Linxiang City

我国现行的土地利用分类体系着重于关注土地的生产和生活功能,较少考虑生态功能,因而忽视了土地利用中可能引起的生态系统失衡^[1]。随着社会经济快速发展,以经济利益为主要目的的土地利用方式,以牺牲城市生态用地为代价换取生产、生活用地的发展模式,导致生态系统结构发生演变,生态系统服务功能逐渐减弱。为了“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的“三生”空间建设,开展“三生”用地生态系统服务价值研究,有助于土地利用空间优化与管理改良^[2],对优化区域“三生”用地的结构和布局,改善生态环境、生产条件与人居环境,促进生态系统平衡及人口、资源与环境的可持续发展具有重要的意义。

生态系统服务是指人类从生态系统中获得的各种惠益,MA(Millennium Ecosystem Assessment), Costanza 等将生态系统服务划分为 4 个类型:供给服务、调节服务、支持服务与文化服务^[3-4]。国外学者对生态系统服务价值模型方法、单项服务评估等研究较国内更完善,针对不同区域特点的个案评估研究更加全面^[5-7]。我国学者在不断探索适宜我国特点的生态系统服务价值理论及核算方法^[8-11]的同时,迅速积累了丰富的实践评估经验^[12]。国内生态系统服务价值评估研究大致分为两类:(1) 土地利用变化对生态系统服务价值影响的研究,多集中于上海、广州、杭州等城市化进程较快的区域^[13-14]。(2) 核算研究区内的流域、森林、湿地等的生态系统服务价值,及其对区域发展状况的响应^[15-17]。此类生态系统服务价值研究的地类划分,大多数仍局限于传统的“三大类”土地利用分类体系框架,缺乏对土地“三生”功能的综合考量,尤其是对生态特性考虑不足,忽视了土地功能与生态系统服务功能之间的内在联系。本文拟以临湘市为例,采用生态系统服务当量因子法,开展基于“三生”用地利用变化的生态系统服务价值研究,探讨生态系统服务对“三生”用地变化的响应机理,为丰富相关研究提供局地个案参考。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

临湘市位于湖南省岳阳市东北部,总面积 171 860.78 hm²。境内雨量充沛,但分布不均;地势南高北低,土地利用类型多样;矿产及水资源丰富,有黄盖湖、冶湖

等 16 个大小湖泊作为水源涵养地,提供较为丰富的生态系统服务。2016 年统计资料显示临湘市现辖 2 个街道办事处、18 个乡镇,常住总人口为 52.87 万人。

临湘市是我国重要的能源资源战略保障基地,于 2013 年被国务院定义为成熟型资源城市,其资源开发处于稳定阶段,资源保障能力强,经济社会发展水平较高。然而,资源开采带来经济快速发展的同时,也对研究区生态环境造成破坏。“三废”污染、水资源破坏、地质灾害、占用和破坏土地等生态环境问题日益突出,该地区生态服务价值正遭到严重的威胁,严重制约着城市的转型和可持续发展,其土地利用结构的优化和生态系统服务功能的发挥对生态文明建设具有重要作用。故以资源型城市临湘市为例,研究生态生态系统服务价值对“三生”用地变化的响应,成果具有一定的代表性。

1.2 数据来源

本文所采用的基本数据来自临湘市 2009—2016 年土地利用详查及变更调查资料、临湘市土地利用总体规划数据(2006—2020 年)、临湘市统计局历年社会经济统计年鉴及公开出版刊物。生态系统服务价值核算中当量因子选取自谢高地等^[10]发表的全国尺度“基础当量表”,并修正到研究区市域尺度。

2 研究方法

2.1 “三生”用地分类

中国学者已经开始关注土地的“三生”功能内涵^[18-20]、探索基于“三生”功能的土地利用分类,同时尝试构建了各自的“三生”用地分类体系。陈婧等^[21]提出生态功能、生产功能和生活功能三大类,但未充分考虑土地具备复合功能的特性,大类划分有待完善。张红旗等^[22]构建了全国尺度的土地利用分类体系,将“三生”用地分为生态用地、生态生产用地、生产生态用地以及生活生产用地 4 个大类,张红旗等提出的“三生”用地分类体系对部分地类的归并不够明确,缺少对“湿地类”的归并。鉴于此,本文参考张红旗的分类理念,先划分功能区、后划分地类^[23],充分考虑土地的多功能复合性,依照功能的主次顺序作为分类标准,将“三生”用地分为生态用地、生态生产用地、生产生态用地、生活生产用地共 4 项一级类。本文对最新的《土地利用现状分类》标准(GB/T 21010—2017)中的各地类进行“三生”功能的归并整合,综合考虑临

湘市的土地利用现状情况、土地功能复合性与差异性,构建了临湘市“三生”用地分类体系。

生态用地定义为以提供生态功能为主、人类开发利用较少的用地^[23],具体到研究区内包括湿地、冰川、荒漠、裸地、河流湖泊及其他草地;生态生产用地定义为具备生态与生产双重功能^[23],且以生态功能占主导的用地,具体到研究区内包括部分牧草地、林地、水库及坑塘水面;生产生态用地定义为以生产为主要目的,兼顾部分生态功能的用地^[23],具体到研究区内包括旱地、水田及园地。生活生产用地则定义为供人类活动与生产^[23],且对生态环境帮助甚少的用地,具体到研究区内包括城镇用地、农村居民点、工矿及建设用地。

2.2 生态系统服务价值评价方法

生态系统服务价值核算方法从采用的基础指标角度分类,一般分为单位面积当量因子法与单位服务功能价值法两类^[9]。Costanza 等^[4]于 1997 年提出当量因子法评估生态系统服务价值,并逐步改进研究应用于全球自然资产的评估,得到学术界广泛认可。谢

高地等^[10-11]将其引入国内并进行了适用性改进研究,分别在 2002 年、2008 年、2015 年构建并逐步改进更新了适合中国陆地生态系统的单位面积价值当量因子汇总表,涵盖了 14 种生态系统类型、4 大类共计 11 项生态系统服务。本研究基于构建的临湘市”三生”用地土地利用分类体系,参考谢高地发表的最新生态系统服务价值当量因子表研究成果^[10-11],核算临湘市“三生”用地生态系统服务价值。由于谢高地等的研究成果呈现的是全国平均状态,故本研究依据研究区现状,对部分当量因子进行修正,构建临湘市“三生”用地生态系统服务价值当量因子表(表 1)。

其中,牧草地对应谢高地等制定的“中国陆地生态系统服务价值当量因子表”草原;林地对应阔叶林;园地取林地、旱地、水田三者平均值;除水资源供给服务外,城镇用地与农村居民点对应荒漠,工矿及建设用地对应裸地。生活生产用水的资源服务当量因子依据《2016 年中国水资源公报》中生活、工业、农业用水比例,以及城镇与农村居民点用水比例进行计算。

表 1 “三生”用地生态系统服务价值当量因子

生态系统分类		供给服务			调节服务				支持服务		文化服务	
一级分类	二级分类	食物生产	原材料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	净化调节	水文调节	土壤保持	维持养分循环	生物多样性	美学景观
生态用地	湿地	0.51	0.50	2.59	1.90	3.60	3.60	24.23	2.31	0.18	7.87	4.73
	冰川	0.00	0.00	2.16	0.18	0.54	0.16	7.13	0.00	0.00	0.01	0.09
	荒漠	0.01	0.03	0.02	0.11	0.10	0.31	0.21	0.13	0.01	0.12	0.05
	裸地	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.10	0.03	0.02	0.00	0.02	0.01
	河流湖泊	0.80	0.23	8.29	0.77	2.29	5.55	102.24	0.93	0.07	2.55	1.89
生态生产用地	其他草地	0.22	0.33	0.18	1.14	3.02	1.00	2.21	1.39	0.11	1.27	0.56
	牧草地	0.10	0.14	0.08	0.51	1.34	0.44	0.98	0.62	0.05	0.56	0.25
	林地	0.29	0.66	0.34	2.17	6.50	1.93	4.74	2.65	0.20	2.41	1.06
	水库及坑塘水面	0.80	0.23	8.29	0.77	2.29	5.55	102.24	0.93	0.07	2.55	1.89
生产生态用地	旱地	0.85	0.40	0.02	0.67	0.36	0.10	0.27	1.03	0.12	0.13	0.06
	水田	1.36	0.09	-2.63	1.11	0.57	0.17	2.72	0.01	0.19	0.21	0.09
	园地	0.83	0.38	-0.76	1.32	2.48	0.73	2.58	1.23	0.17	0.92	0.40
生活生产用地	城镇用地	0.01	0.03	-0.53	0.11	0.10	0.31	0.21	0.13	0.01	0.12	0.05
	农村居民点	0.01	0.03	-0.21	0.11	0.10	0.31	0.21	0.13	0.01	0.12	0.05
	工矿及建设用地	0.00	0.00	-1.17	0.02	0.00	0.10	0.03	0.02	0.00	0.02	0.01

鉴于 1 个生态系统服务当量因子的经济价值相当于每年每公顷粮食的市场价值的 1/7^[11]。根据历年《临湘市统计年鉴》提供的临湘市年粮食总产值与粮食总面积数据,计算得到临湘市 2009—2016 年的平均单位农田产出粮食的经济价值(市场价值的 1/7)为 2 036.52 元/hm²,即 1 个生态系统服务当量因子

的价值为 2 036.52 元/hm²。据此,计算得到研究区不同土地类型的单位面积生态系统服务价值,即生态系统服务价值系数(表 2)。

根据临湘市生态系统服务价值系数表,测算不同时期“三生”用地体系下的生态系统服务总价值,及单项生态系统服务价值。生态系统服务价值计算公式如下:

$$ESV = \sum A_k \times VC_k \tag{1}$$

$$ESV = ESV_e + ESV_{ep} + ESV_{pe} + ESV_{lp} \tag{2}$$

式中:ESV 为研究区年生态系统服务总价值(元); A_k 为土地利用类型 k 的面积(hm^2); VC_k 为土地利用类型 k 单位面积生态系统价值[元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)]; ESV_e , ESV_{ep} , ESV_{pe} 和 ESV_{lp} 分别代表生态用地、生态生产用地、生产生态用地和生活生产用地的生态系统服务价值。

2.3 敏感性分析

经济学的弹性原理指出,存在函数关系的两个变

量之间,可以用弹性来反映出因变量对自变量变化响应的敏感程度。由于谢高地等^[10]的估算是依据传统的土地分类体系、在全国尺度上进行的,将它运用到局地尺度的不同土地分类体系下时,单位面积某项生态系统服务功能价值估测不可避免会出现偏差。为了验证修订后的临湘市“三生”用地生态系统服务价值系数的准确性,以及该分类体系的合理性,本文采用敏感性指数(Coefficient of Sensitivity,CS)来测度“三生”生态系统服务价值对价值系数的依赖程度。

表 2 生态系统服务价值系数 元/hm²

生态系统分类		供给服务			调节服务				支持服务		文化服务	
一级分类	二级分类	食物生产	原材料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	净化调节	水文调节	土壤保持	维持养分循环	生物多样性	美学景观
生态用地	湿地	1038.62	1018.26	5274.58	3869.38	7331.46	7331.46	49344.80	4704.35	366.57	16027.39	9632.72
	冰川	0.00	0.00	4398.88	366.57	1099.72	325.84	14520.36	0.00	0.00	20.37	183.29
	荒漠	20.37	61.10	40.73	224.02	203.65	631.32	427.67	264.75	20.37	244.38	101.83
	裸地	0.00	0.00	0.00	40.73	0.00	203.65	61.10	40.73	0.00	40.73	20.37
	河流湖泊	1629.21	468.40	16882.72	1568.12	4663.62	11302.67	208213.46	1893.96	142.56	5193.12	3849.02
生态生产用地	其他草地	448.03	672.05	366.57	2321.63	6150.28	2036.52	4500.70	2830.76	224.02	2586.38	1140.45
	牧草地	203.65	285.11	162.92	1038.62	2728.93	896.07	1995.79	1262.64	101.83	1140.45	509.13
	林地	590.59	1344.10	692.42	4419.24	13237.36	3930.48	9653.09	5396.77	407.30	4908.00	2158.71
	水库及塘坑水面	1629.21	468.40	16882.72	1568.12	4663.62	11302.67	208213.46	1893.96	142.56	5193.12	3849.02
生产生态用地	旱地	1731.04	814.61	40.73	1364.47	733.15	203.65	549.86	2097.61	244.38	264.75	122.19
	水田	2769.66	183.29	-5356.04	2260.53	1160.81	346.21	5539.33	20.37	386.94	427.67	183.29
	园地	1697.10	780.66	-1540.96	2681.41	5043.77	1493.45	5247.42	2504.92	346.21	1866.81	821.40
生活生产用地	城镇用地	20.37	61.10	-1079.35	224.02	203.65	631.32	427.67	264.75	20.37	244.38	101.83
	农村居民点	20.37	61.10	-427.67	224.02	203.65	631.32	427.67	264.75	20.37	244.38	101.83
	工矿及建设用地	0.00	0.00	-2388.83	40.73	0.00	203.65	61.10	40.73	0.00	40.73	20.37

CS 代表 VC 变动 1%所引起 ESV 的变化情况,其计算公式如下:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{rj} - VC_{ri}) / VC_{ri}} \right| \tag{3}$$

式中:CS 为生态系统服务价值的敏感度; ESV_i , ESV_j 分别代表价值系数调整前、调整后的生态系统服务总价值; VC_{ri} , VC_{rj} 分别代表 r 类用地调整前、调整后的价值系数,本研究 r 包括“三生”用地的 4 项一级地类以及 15 项二级地类。

如果 $CS > 1$,代表自变量每变动 1%将引起因变量大于 1%的变动,说明 ESV 对 VC 富有弹性、是敏感的,生态系统服务价值系数的准确性较低;如果 $CS < 1$,代表自变量每变动 1%将引起因变量小于 1%的变动,则说明 ESV 对 VC 缺乏弹性,表明生态系统服务价值系数的准确性较高。若一级地类与二级地类的敏感性指数均小于 1,则表明一级地类的总体价值系数是准确的,其二级地类归并是合理可信的。本文通过将各“三生”

用地类型的价值系数分别上调和下调 50%来计算 CS,从而来分析 ESV 对 VC 的敏感程度。

3 结果与分析

3.1 临湘市“三生”用地土地利用变化分析

从表 3 可知,2009—2016 年临湘市“三生”用地结构比例特征为:生态生产用地>生产生态用地>生态用地>生活生产用地,前三者面积占 90%以上。总体上,生态用地、生态生产用地面积均有所减少,生产生态用地、生活生产用地均有不同程度的增加。其中,生态用地变化量最大,共减少了 702.51 hm^2 ;生产生态用地增加最多,达 532.29 hm^2 ;生活生产用地面积所占比例最小,但变化幅度最大,变化率为 4.67%。

城市化进程加快是造成研究区生态用地与生态生产用地减少、生产生态用地与生活生产用地增加的主要原因。根据 GIS 软件分析结果发现,研究期内临湘市增加的城镇用地与工矿及建设用地主要是占

用了林地和耕地,而耕地在大量转向城镇用地与工矿及建设用地的同时,又有部分林地及坑塘水面转向耕地以保证粮食生产,因此耕地面积反而有所增加。临湘市园地主要分为茶园与果园,研究期内由于经济效益不佳,部分园地转型调整为耕地或其他用地。同时由于水土流失严重、环境恶化造成小部分林地减少和湿地退化。虽然减少的牧草地主要流向了林地,但较林地的损失量而言还是微不足道的。以生态功能的

衰减为代价换取生产功能的提升,重视短期的经济效益而忽视长期的生态效益是人为破坏林地、湿地等生态功能用地的根本原因。

3.2 临湘市生态系统服务价值对“三生”用地变化的响应

3.2.1 生态系统服务总价值变化 根据土地利用变化数据和生态系统服务价值系数,计算得到临湘市 2009—2016 年生态系统服务价值变化情况,见表 4。

表 3 2009—2016 年临湘市“三生”用地结构变化情况

“三生”用地 一级地类	2009 年		2016 年		变化量/ hm ²	变化率/ %
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%		
生态用地	18181.72	10.58	17479.21	10.17	−702.51	−3.86
生态生产用地	97048.50	56.47	96828.10	56.34	−220.40	−0.23
生产生态用地	48261.14	28.08	48793.43	28.39	532.29	1.10
生活生产用地	8369.42	4.87	8760.04	5.10	390.62	4.67

表 4 2009—2016 年临湘市生态系统服务价值变化 10⁶ 元

“三生”用地		ESV					
一级地类	二级地类	2009 年	2011 年	2013 年	2015 年	2016 年	ΔESV
生态用地	湿地	384.84	380.05	373.91	370.60	368.43	−16.41
	冰川	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	荒漠	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	−0.03
	裸地	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.00
	河流湖泊	3012.38	2968.04	2915.60	2890.92	2887.37	−125.01
生态生产用地	其他草地	51.05	50.74	50.41	50.39	50.02	−1.02
	牧草地	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	−0.01
	林地	4047.65	4046.80	4042.66	4038.42	4037.67	−9.98
	水库及坑塘水面	2656.49	2643.63	2640.99	2650.65	2654.93	−1.57
生产生态用地	旱地	55.23	55.69	56.13	56.92	56.92	1.69
	水田	251.45	253.15	254.95	255.32	255.98	4.53
	园地	204.35	203.15	200.72	200.23	199.18	−5.17
生活生产用地	城镇用地	1.66	1.73	1.85	1.92	1.94	0.29
	农村居民点	10.75	10.77	10.87	10.93	10.93	0.18
	工矿及建设用地	−1.63	−1.67	−1.77	−1.71	−1.70	−0.07
	生态系统服务总价值	10675.88	10613.73	10547.96	10526.22	10523.30	−152.58

根据表 4 可以看出,研究期内临湘市生态系统服务总价值呈负增长,2009 年和 2016 年临湘市生态系统服务价值总量分别为 106.758 8 亿元,105.233 亿元,7 年间临湘市生态系统服务总价值共减少1.525 8亿元,其中河流湖泊的价值量变化幅度最大,减少1.250 1亿元。

由图 1 可知,生态用地的生态系统服务价值(ESV_e)逐年减少;生态生产用地的生态系统服务价值(ESV_{ep})先减后增,整体呈减小态势;生产生态用地的生态系统服务价值(ESV_{pe})变化幅度较小,整体较稳定;生活生产用地的生态系统服务价值(ESV_{lp})则逐年增加。

从生态系统服务价值变化幅度来看(表 5),ESV_e减少速度最快,期间共减少了 1.424 8 亿元;ESV_{lp}增长比例最大,期间增加了 40 万元;ESV_{ep}与 ESV_{pe}变化率相对较小。从临湘市 2016 年的“三生”用地生态系统服务价值构成看,生态用地、生态生产用地、生产生态用地和生活生产用地的生态系统服务价值比例分别为 31.42%,63.60%,4.87%,0.11%。其中,ESV_{ep}占生态系统服务价值总量的比例最大,ESV_e次之,且两者之和始终占“三生”用地生态系统服务价值总量的 90%以上,这主要是由于生态用地、生态生产用地的生态系统服务价值系数普遍较高,且各地类提供的生态系统服务相对更加丰

富,如湿地、河流湖泊、林地与水库坑塘。对比同期生产生态用地、生活生产用地与生态用地,前两者土地利用面积之和约为后者的 3 倍,但 ESV_{pe} 与 ESV_{lp} 之和不及 ESV_e 的 1/6,主要是由于水田、园地、农村居民点等用地在水资源供给服务这一项上提供了负价值。

3.2.2 单项生态系统服务价值变化 研究期内生态用地的生态系统服务价值变化最大,占总变化量的 91.64%,共减少 1.424 8 亿元,年变化率为 0.59%。

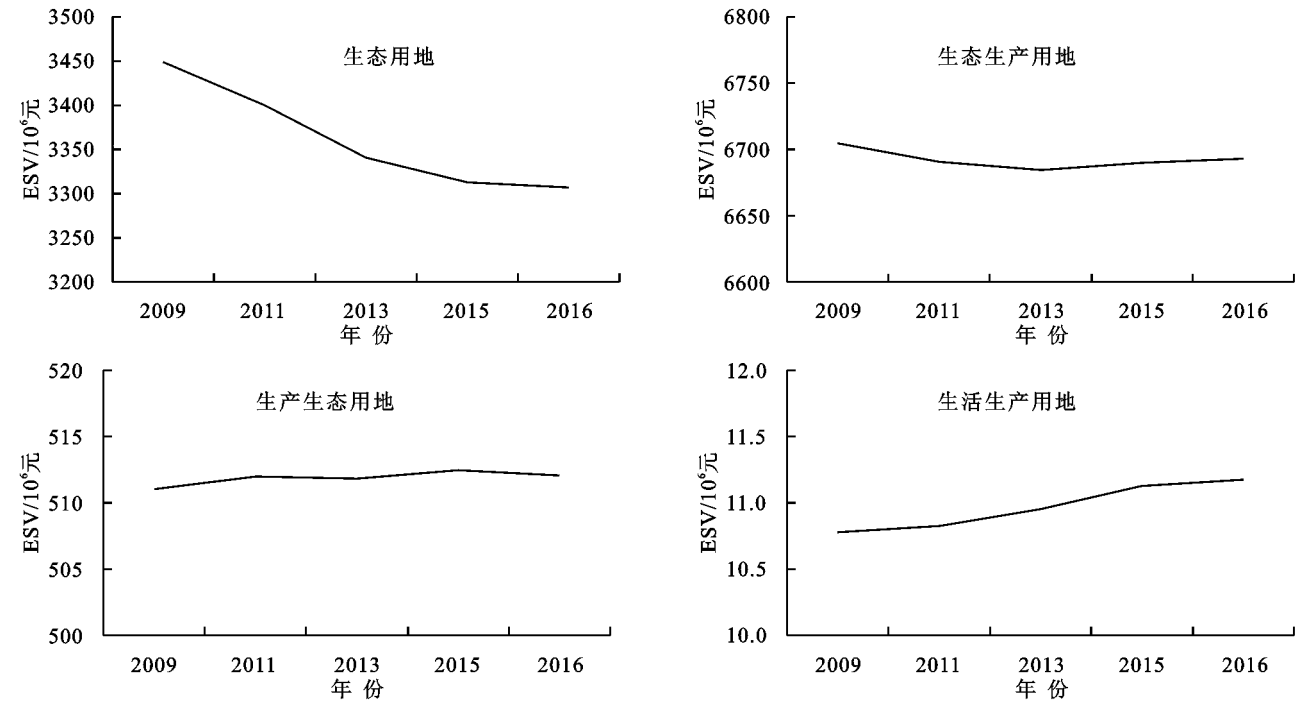


图 1 “三生”用地生态系统服务价值变化趋势

表 5 临湘市“三生”用地生态系统服务价值构成						10 ⁶ 元
项目	2009 年	2011 年	2013 年	2015 年	2016 年	ΔESV
生态用地 ESV_e	3449.30	3399.85	3340.94	3312.92	3306.82	-142.48
生态生产用地 ESV_{ep}	6704.77	6691.06	6684.27	6689.69	6693.22	-11.55
生产生态用地 ESV_{pe}	511.03	512.00	511.80	512.48	512.08	1.05
生活生产用地 ESV_{lp}	10.78	10.83	10.95	11.13	11.18	0.40
ESV 总价值	10675.88	10613.73	10547.96	10526.22	10523.30	-152.58

对二级地类生态系统服务价值结构及变化进行分析发现,林地生态服务价值所占比例最大,2009 年和 2016 年分别为 40.476 5 亿元,40.376 7 亿元,占生态系统服务总价值的 39.91%,38.37%;其次是河流湖泊,占价值总量的 28.22%,27.44%。生态系统服务价值系数的差异代表单位面积地类直接具备的生态服务功能的量不同,是造成各土地利用类型对生态系统服务价值的影响不同的主要原因,如 2009 年水田面积占总面积的 18.47%,生态系统服务价值却只占到 2.36%;同期河流湖泊的面积虽只有研究区总面积的 6.85%,但其生态系统服务价值占总量的 28.88%。其他类型用地大量转向价值系数较小的生产

城镇用地、旱地、水田等的生态系统服务价值有所增加,湿地、荒漠、河流湖泊、林地、水库及坑塘水面与园地等的生态系统服务价值均在减少,其中湿地的价值量减少最多,达 1.250 1 亿元。土地利用面积增长较多的水田、城镇用地、农村居民点等地类,价值系数普遍较低,且对水资源供给服务有明显副作用,因此其他 10 项服务价值的增加远远不能弥补水资源供给服务价值减少所带来的损失。

生态用地与生活生产用地,生态系数服务价值相对较高的生态用地与生态生产用地却大面积减少,是导致 2009—2016 年临湘市生态系统服务总价值下降的主要因素。

根据土地利用变化数据和生态系统服务价值系数,计算临湘市 2009—2016 年单项生态系统服务价值量及其变化情况(表 6),可以发现在所有服务功能中水文调节的服务价值所占比例最大,气候调节次之。分析生态系统各项服务价值的变化发现,2009—2016 年所有服务功能价值量中,除食物生产有小幅增加外,其余 10 项生态系统服务功能的价值均有不同程度的降低,其中水文调节和水资源供给服务的

价值量下降幅度最大,下降最多的水文调节服务价值量减少了 1.108 亿元;食物生产服务的价值量仅增长 121 万元。

3.3 敏感性分析

从表 7 可以看出,临湘市“三生”用地类型的生态系统服务价值对价值系数 VC 的敏感性指数均小于 1,其中最低的是生活生产用地,2009 年与 2016 年的敏感性指数分别为 0.001 0 与 0.001 1,即当生活生产

用地价值系数每增加 1%,生态系统服务价值总量增加 0.001 0%与 0.001 1%。在“三生”用地二级地类中,各个地类的生态系统服务价值对其价值系数的敏感性指数也均小于 1。以上结果表明,对于 VC 来说,总生态系统服务价值是缺乏弹性的,即该研究中所选取的生态系统服务价值系数是准确的,修正当量因子的生态系统服务价值核算结果在本区域是可信的,“三生”用地的分类归并对于研究区而言是合理的。

表 6 临湘市单项生态系统服务价值变化 10⁶ 元

生态系统服务功能		ESV					ΔESV
		2009 年	2011 年	2013 年	2015 年	2016 年	
供给服务	食物生产	208.36	208.53	208.59	208.67	208.78	0.42
	原材料生产	151.40	151.27	150.98	150.88	150.80	−0.60
	水资源供给	263.17	257.96	252.66	251.21	250.76	−12.41
调节服务	气体调节	545.65	545.44	544.77	544.35	544.22	−1.43
	气候调节	1382.67	1380.99	1378.05	1376.37	1375.77	−6.90
	净化环境	654.19	651.28	648.08	646.88	646.63	−7.56
	水文调节	5873.61	5825.53	5777.68	5763.26	5762.81	−110.80
支持服务	土壤保持	574.15	573.37	572.05	571.47	571.12	−3.02
	维持养分循环	57.74	57.76	57.73	57.71	57.71	−0.03
	生物多样性	639.67	637.67	635.09	633.86	633.37	−6.29
文化服务	美学景观	325.26	323.92	322.30	321.58	321.32	−3.95
生态系统服务总价值		10675.88	10613.73	10547.96	10526.22	10523.30	−152.58

表 7 2009—2016 年临湘市生态系统服务价值敏感性分析

“三生” 用地类型	VC 调整	ESV/10 ⁶ 元		CS	
		2009 年	2016 年	2009 年	2016 年
生态用地	VC+50%	12400.53	12176.71	0.3231	0.3142
	VC−50%	8951.23	8869.89		
生态生产用地	VC+50%	14028.26	13869.91	0.6280	0.6360
	VC−50%	7323.50	7176.69		
生产生态用地	VC+50%	10931.39	10779.34	0.0479	0.0487
	VC−50%	10420.37	10267.26		
生活生产用地	VC+50%	10681.27	10528.89	0.0010	0.0011
	VC−50%	10670.49	10517.71		

4 讨论与结论

4.1 讨论

本研究针对研究区现状对“三生”用地分类体系进行了调整与完善,补充了湿地类等的归并,但部分地类仍有待进一步划分,以增加“三生”用地分类体系的实用性与普适性。研究采用修正当量因子法进行价值核算,具备一定的可信度,但仍受诸多因素如时间、尺度等的影响,单项生态系统服务价值核算模型还不完善,评估结果有待进一步精确。本文以临湘市为例,研究生态系统服务价值对“三生”用地变化的响

应,具备一定的参考价值,后续将更新数据资料,验证并完善该响应的研究,更加全面地从“三生”用地的生态、生产、生活功能性角度出发,为生态环境保护与经济文化建设协同发展提供决策建议。

4.2 结论

(1) 2009—2016 年研究区“三生”用地的土地利用发生了明显变化,人类活动增加,生产、生活功能性用地扩张迅速,生态功能性用地持续减少。大量生态用地、生态生产用地如湿地、荒漠、林地和草地被侵占利用,变更为耕地、城镇用地、农村居民点及工矿建设用地等生产生态用地和生活生产用地。研究区“三生”用地变化的主要因素为人类活动,如耕地的开垦和城镇扩张等。

(2) 通过分析研究区生态系统服务功能变化,发现生态系统服务价值对生态用地、生态生产用地变化的响应更为显著。研究期内生产生态用地、生活生产用地的面积与生态系统服务价值均呈现增长态势,但研究区总体生态系统服务价值逐年减少。城镇建设用地的快速扩张、林地与湿地面积大幅缩减是造成这一结果的主要因素,根本原因在于:前者较之后者,直接经济效益显著,城市发展往往更重视生产、生活功

能性用地带来的短期经济效益,而忽视生态功能性土地所具有的长期生态效益。

(3) 研究区在后续的土地总体规划及可持续发展过程中,应严格控制生活生产用地与生产生态用地的扩张,提高土地集约利用水平。同时加大对湿地、林地与园地等的保护,充分发挥生态用地、生态生产用地的各项生态服务功能,有效规避发展过程中的生态失衡。

(4) 敏感性分析结果表明,研究区“三生”用地的生态系统服务价值核算结果具有较高的可信度,“三生”用地分类体系对地类的归并具备一定的准确性。“三生”用地分类体系的建立能够为土地利用总体规划优化协调生产、生活和生态功能区布局提供一定的依据,“三生”生态系统服务价值的响应可为科学指导、管理土地和协调区域生态平衡提供参考。

参考文献:

- [1] 李晓炜,侯西勇,邸向红,等.从生态系统服务角度探究土地利用变化引起的生态失衡:以莱州湾海岸带为例[J].地理科学,2016,36(8):1197-1204.
- [2] 何玲,贾启建,李超,等.基于生态系统服务价值和生态安全格局的土地利用格局模拟[J].农业工程学报,2016,32(3):275-284.
- [3] Millennium Ecosystem Assessment Board. Millennium Ecosystem Assessment: Frameworks[M]. Washington DC, USA: World Resources Institute,2005.
- [4] Costanza R, D'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. World Environment,1997,387(6630):253-260.
- [5] Ning Z H, Chambers R, Abdollahi K, et al. Modeling air pollutant removal, carbon storage, and CO₂ sequestration potential of urban forests in Scotlandville, Louisiana[J]. Forest Biogeosciences and Forestry, 2016,9(6):860-867.
- [6] Sherrouse B C, Semmens D J. Social Values for Ecosystem Services, Version 3.0: Documentation and User Manual [Z]. Reston, Va, USA: Geological Survey, 2015.
- [7] Tallis H T, Ricketts T, Guerry A D, et al. InVEST 2.1 Beta User's Guide[Z]. Palo Alto, California, USA: Stanford, the Natural Capital Project, 2011.
- [8] 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.
- [9] 李文华.生态系统服务功能价值评价的理论、方法与应用[M].北京:中国人民大学出版社,2008.
- [10] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.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[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [11] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J].自然资源学报,2008,23(5):911-919.
- [12] 祖皮艳木·买买提,赛迪古丽·哈西木,玉米提·哈力克,等.1976—2011年博斯腾湖小湖区湿地生态系统服务价值变化分析[J].水土保持研究,2016,23(3):328-332,337.
- [13] Yin J, Yin Z, Zhong H, et al. Monitoring urban expansion and land use/land cover changes of Shanghai metropolitan area during the transitional economy (1979—2009) in China [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2011,177(1/4):609-621.
- [14] 杨锁华,胡守庚,瞿诗进.1990—2014年长江中游经济带生态系统服务价值时空变化特征[J].水土保持研究,2018,25(3):164-169.
- [15] 肖强,肖洋,欧阳志云,等.重庆市森林生态系统服务功能价值评估[J].生态学报,2014,34(1):216-223.
- [16] 陈明叶,刘素红,于连海,等.大清河阜平流域生态系统结构变化的服务价值响应研究[J].自然资源学报,2018,33(8):1376-1389.
- [17] 王爽,丁建丽,王璐,等.基于遥感的艾比湖流域近20年生态服务价值对土地利用变化的响应[J].水土保持研究,2014,21(5):144-149.
- [18] 王考,姚云峰,包金兰.县级尺度“三生”用地动态变化及其空间集聚特征[J].水土保持通报,2018,38(1):306-312,329.
- [19] 刘彦随,刘玉,陈玉福.中国地域多功能性评价及其决策机制[J].地理学报,2011,66(10):1379-1389.
- [20] 唐秀美,陈百明,路庆斌,等.北京市土地利用生态分类方法[J].生态学报,2011,31(14):3902-3909.
- [21] 陈婧,史培军.土地利用功能分类探讨[J].北京师范大学学报:自然科学版,2005,41(5):536-540.
- [22] 张红旗,许尔琪,朱会义.中国“三生用地”分类及其空间格局[J].资源科学,2015,37(7):1332-1338.
- [23] 于莉,宋安安,郑宇,等.“三生用地”分类及其空间格局分析:以昌黎县为例[J].中国农业资源与区划,2017,38(2):89-96.