

# 南昌市土地利用变化对生态系统服务价值影响

李辉丹, 叶长盛, 华吉庆

(东华理工大学 地球科学学院, 南昌 330013)

**摘要:**基于南昌市 2000 年、2005 年、2010 年、2017 年四期土地利用现状遥感监测数据,利用多样性指数、GIS 空间分析和生态价值评估模型,分析了 2000—2017 年南昌市土地利用变化对生态系统服务价值的影响。结果表明:(1) 2000—2017 年,由于建设用地的迅速增长和耕地、林地的大量减少,南昌市的生态系统服务价值总量总体呈下降趋势,由 2000 年的 375.69 亿元减至 2017 年的 357.47 亿元,水域生态系统是南昌市生态系统服务的主要提供者;(2) 受土地利用变化影响,南昌市生态系统服务价值变化呈现明显的区域差异,进贤县服务价值最高;调节服务功能是南昌市土地生态系统的主要功能,占土地生态系统服务总价值的 67.59% 以上,主要分布在进贤县和新建县,青云谱区最低仅为 0.38 亿元;调节服务功能和文化功能较低的镇(街)主要集中分布在南昌市中心城区及其周围;(3) 南昌市生态系统服务价值与建设用地面积呈负相关关系,建设用地的快速增长影响到生态系统服务价值的增减。研究结果为南昌市未来的生态环境建设发展提供依据和参考。

**关键词:**土地利用变化;生态系统服务价值;多样性指数;南昌市

**中图分类号:**X171.1; F062

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2020)03-0277-09

## Impact of Land Use Change on Ecosystem Service Value in Nanchang City

LI Huidan, YE Changsheng, HUA Jiqing

(College of Earth Sciences, East China University of Technology, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** Based on the remote sensing monitoring data according to land use status of 2000, 2005, 2010 and 2017, Nanchang City was taken as an example site. Diversity index, GIS spatial analysis and ecological value evaluation model were used to analyze the impact of land use change on ecosystem service value of Nanchang in the period 2000—2017. The results show that: (1) from 2000 to 2017, due to the rapid growth of construction land, the cultivated land and forest land decreased, the overall value of ecosystem services in Nanchang showed the decreasing trend; the value decreased from  $3.7569 \times 10^{10}$  yuan in 2000 to  $3.5747 \times 10^{10}$  yuan in 2017; and the aquatic ecosystem was the main provider of ecosystem services in Nanchang; (2) affected by the change of land use, the change of ecosystem service value in Nanchang showed obvious regional difference; these changes seemed to be obvious in Jinxian County; and regulating service function was the main function of land ecosystem in Nanchang which accounted for more than 67.59% of the total value of land ecosystem services in Nanchang and mainly distributed in Jinxian County and Xinjian County; the lowest regulation service function value ( $3.8 \times 10^7$  yuan) was found in Qingyunpu district; towns or streets with lower regulation service function and cultural function mainly distributed in the central urban and the area around it of Nanchang; (3) the value of ecosystem services in each administrative town of Nanchang was negatively correlated with the area of construction land; the excessive increase of construction land affected the increase and decrease of ecosystem service value. These results can provide the basis and reference for the future ecological environment construction and development of Nanchang City.

**Keywords:** land use change; ecosystem service value; diversity index; Nanchang City

收稿日期:2019-07-17

修回日期:2019-08-22

资助项目:江西省自然科学基金“南昌市半城市化地区空间范围识别、模拟及优化策略”(20171BAA208025)

第一作者:李辉丹(1995—),女,四川内江人,硕士研究生,主要从事土地利用变化与规划的研究。E-mail:1115199147@qq.com

通信作者:叶长盛(1977—),男,江西临川人,教授,博士,研究方向城乡发展、土地资源利用与保护。E-mail:ycs519@163.com

生态系统服务是指通过生态系统的结构、过程和功能直接或间接为人类生存发展提供服务,它是衡量一个地区能否实现可持续发展的核心指标<sup>[1]</sup>。Costanza 等<sup>[2]</sup>最早对生态系统服务价值评估原理和方法进行研究。谢高地等<sup>[3]</sup>通过调查和总结,制定了我国生态系统服务价值表。千年生态系统评估(MA)进一步对全球的生态系统服务进行分析和强调<sup>[4-5]</sup>。“以生态文明为前提,以生态资源保护为抓手,核算国土空间的生态服务价值”已成为我国国土空间规划与管理的必然要求。土地利用变化在土地资源的结构、类型和改变土地生态系统结构与功能两个方面均影响土地生态系统的风险和健康,对生态系统维持其服务功能起决定性作用<sup>[6]</sup>。土地利用与生态系统之间相互影响,相互制约。随着城镇化加速推进,土地利用变化引起的生态环境问题愈加增大,两者的相互影响已成为生态学、经济学、地理学等学科的研究热点<sup>[7]</sup>。开展土地生态系统服务价值评估、探究土地利用变化对生态系统服务价值的影响,有利于加深对区域土地利用变化生态环境效应的了解<sup>[8]</sup>,可为生态文明建设和土地资源的可持续利用提供参考<sup>[9-10]</sup>。

目前,国内外学者对土地利用变化与生态系统服务价值的关系展开了广泛而深入的研究,主要通过解译不同区域的遥感影像,修订区域生态系统服务价值当量表,运用土地利用变化动态度、土地利用变化量、景观破碎度、不同土地利用类型对应的生态系统服务价值、生态系统服务价值敏感性分析,进一步从时间和空间角度探讨土地利用变化导致生态系统服务价值变化<sup>[11-13]</sup>,或者在土地利用类型与景观格局角度下的土地生态系统服务价值之间建立相关关系<sup>[14]</sup>和生态系统服务价值效益量化研究<sup>[15]</sup>。研究初步评估了我国陆地生态系统的 6 种服务功能<sup>[16-17]</sup>,也发现了区域生态系统服务与社会经济发展密切相关<sup>[11-13]</sup>,不同区域的土地利用变化对生态系统服务价值系统的影响各不相同,各项服务功能的贡献率大小存在差异<sup>[18-21]</sup>。

基于此,本文研究以 2000 年、2005 年、2010 年、2017 年四期南昌市土地利用遥感监测数据,运用土地利用变化动态度模型、多样性指数模型和生态系统服务价值测算模型,深入分析南昌市 17 a 来土地利用变化对生态系统服务价值的影响,探讨南昌市生态系统服务价值与建设用地之间的关系,为区域土地可持续利用和生态文明建设提供参考。

## 1 研究区概况

南昌市位于江西省中偏北,地处赣江、抚河下游,鄱阳湖西南岸,包括东湖区、西湖区、青山湖区、青云

谱区、湾里区、新建区 6 区和安义县、南昌县、进贤县 3 县,范围为东经 115°27′—116°35′,北纬 28°10′—29°11′,土地总面积 7 194.61 km<sup>2</sup>。南昌市以平原为主,东南地势平坦,西北丘陵起伏,湖泊繁多,水域面积达 2 204.37 km<sup>2</sup>,占 29.78%。2017 年,南昌市常住人口达 546.35 万人,城镇人口为 400.59 万人,城镇化率为 73.32%,地区生产总值为 4 819.76 亿元,是江西省人口较多、经济较发达地区之一。近几年,南昌市的经济发展迅速,城镇化和工业化水平明显提高,建成区面积不断扩大,随着红谷滩新区、瑶湖片区、九龙湖片区等新城大规模开发<sup>[22]</sup>,南昌市城镇化、工业化步伐显著加速,城市人口快速增长,城镇建设用地持续扩张,2017 年建成区面积比 2000 年增加了 247.56 km<sup>2</sup>。快速城镇化和工业化,土地利用变化迅速,生态用地不断萎缩,生态环境愈加脆弱,生态文明建设愈发重要。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

原始数据源为 2000 年、2005 年、2010 年、2017 年 4 个时期的 Landsat TM/ETM+ 遥感影像,空间分辨率 30 m×30 m,经辐射纠正、几何校正、图像配准和人工解译等处理后得到不同年份的土地利用现状图。依据中科院遥感解译分类和全国土地资源遥感分类系统,把研究区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共 6 种类型。运用外业调查和随机抽取动态图斑进行重复判读分析相结合的方法评价分类精度,通过分类误差及 Kappa 系数检验,总体精度均达到 85% 以上,达到研究所需数据精度要求<sup>[22]</sup>。

### 2.2 土地利用变化动态度模型

为更好描述土地利用变化幅度,计算某一用地类型在研究期内的变化量,即为净变化量( $C_i$ )<sup>[23]</sup>,计算公式为:

$$C_i = u_{ib} - u_{ia} \quad (1)$$

式中: $C_i$ 为用地类型  $i$  的净变化量; $u_{ia}$ ,  $u_{ib}$  分别为该用地类型  $i$  研究初期和末期的值;

土地利用类型动态度指某研究区在一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况<sup>[24]</sup>,利用土地利用类型动态度模型分析南昌市土地利用变化情况,计算公式为:

$$K_i = \frac{|C_i|}{u_{ia}} \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $K_i$ 为动态度; $t$ 为研究期某种土地利用类型的变化年份,综合土地利用动态度等于各用地类型  $K_i$  的和。

多样性指数为一个评价种类多少、结构合理性的

指标,运用多样性指数模型对研究区进行土地利用分析<sup>[25]</sup>。计算公式为:

$$Q_m = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{(\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (3)$$

式中: $Q_m$ 为多样性指数; $x_i$ 为研究区内第*i*类土地利用类型面积; $n$ 为研究区内的土地利用类型总数。

### 2.3 土地生态系统服务价值评价方法

以 Costanza<sup>[2]</sup>和谢高地等<sup>[3]</sup>确定的生态系统服务价值系数,结合中国陆地生态系统单位面积生态服务价值研究结果及南昌市的实际情况,得到南昌市土地生态系统单位生态服务价值。以南昌市 2000—2015 年平均粮食单产(5 995.50 kg/hm<sup>2</sup>)和 2015 年粮食平均单价(3.95 元/kg)为基准<sup>[12]</sup>,根据没有人力投入的自然生态系统提

供的经济价值等于现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的 1/7<sup>[26]</sup>,计算出南昌市一个当量因子的价格约为 3 383.17 元/hm<sup>2</sup>。参照谢高地<sup>[3]</sup>构建的中国陆地生态系统服务价值当量因子表,结合江西省不同生态系统单位面积生态服务价值当量因子表和综合比较区域自然情况,得到南昌市单位面积土地生态系统服务价值(表 1),其中建设用地的生态服务价值不作估算(其生态服务价值为 0),由此可计算出南昌市的土地生态系统服务价值。计算公式为:

$$ESV = \sum_{i=1}^n VC_i \times A_i \quad (4)$$

式中:ESV 是研究区生态系统服务价值总量(当量); $VC_i$ 为第*i*类土地利用类型的单位面积生态系统服务价值(当量/hm<sup>2</sup>); $A_i$ 为第*i*类土地利用类型的面积(hm<sup>2</sup>); $i$ 为土地利用类型。

表 1 南昌市土地利用类型的生态系统服务价值系数

元/(hm<sup>2</sup>·a)

类型功能	耕地	林地	草地	水域	未利用地
气体调节	1691.59	11841.10	2706.54	0.00	0.00
气候调节	3011.02	9134.56	3044.85	1556.26	0.00
水源涵养	2029.90	10826.14	2706.54	68949.00	101.50
土壤形成与保护	4939.43	13194.36	6597.18	33.83	67.66
废物处理	5548.40	4431.95	4431.95	61506.03	33.83
生物多样性保护	2402.05	11029.13	3687.66	8424.09	1150.28
食物生产	3383.17	338.32	1014.95	338.32	33.83
原材料	338.32	8796.24	169.16	33.83	0.00
娱乐文化	33.83	4330.46	135.33	14682.96	33.83
合计	23377.70	73922.26	24494.15	155524.32	1420.93

### 2.4 相关性分析

SPSS 是一种集成化的计算机数据处理应用软件,主要包括数据录入、数据编辑、统计分析及二次开发等功能。相关分析主要是将变量之间联系的紧密程度用数量的方法表现出来。本文采用皮尔逊(Pearson)和斯皮尔曼(Spearman)来反映 2000—2005 年、2005—2010 年、2010—2017 年 3 个时间段南昌市建制镇单元的乡镇生态系统服务价值与建设用地的相关关系<sup>[27]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用结构变化

2000—2017 年,南昌市主要的土地利用类型是耕地、水域和林地,4 个时期三者面积之和占南昌市总面积的 89.68%,86.87%,86.47%,84.80%(图 1,表 2)。

17 a 间,南昌市土地利用面积出现减少用地类型包括耕地、林地、草地、水域和未利用地,其中耕地和林地的净减少量较大,分别为-24 947.13 hm<sup>2</sup>和-6 510.44 hm<sup>2</sup>,而建设用地净增加量最大,为 42 320.19 hm<sup>2</sup>,2017 年建设用地比例上升至 10.11%。建设用地的增加量与耕地、林地、水域面积的减少量基本相等,表

明这期间城市扩张中增加的建设用地可能来自减少的耕地、林地和水域。

2000—2005 年建设用地的面积变化最大、变化率最快,增加 20 889.18 hm<sup>2</sup>,增幅是 68.61%,其他用地类型面积均在减少,耕地面积减少最多,为-15 832.82 hm<sup>2</sup>,说明南昌市在此期间城市化、工业化进程明显加速。2005—2010 年,水域面积稍有减少,建设用地面积稍有增加。2010—2017 年,建设用地显著增加(19 197.73 hm<sup>2</sup>),耕地面积明显减少(12 301.32 hm<sup>2</sup>),其他用地类型的变化幅度较小。近 17 a 来,南昌市的土地利用变化较大,耕地、林地、草地、水域和未利用地面积均减少,其中耕地面积减少了 24 947.13 hm<sup>2</sup>,占南昌市土地总面积的 3.47%,建设用地增加了 42 320.19 hm<sup>2</sup>(占 5.88%)。耕地的减少和建设用地的增加,表明人类活动对土地利用变化的影响加强,城市化进程加快。

### 3.2 土地利用变化动态度和多样性指数分析

3.2.1 土地利用变化动态度分析 土地利用变化动态度表征土地利用变化速度的快慢,反映人们活动对自然环境的影响程度。根据式(2),得到南昌市土地利用变化动态度(表 3)。

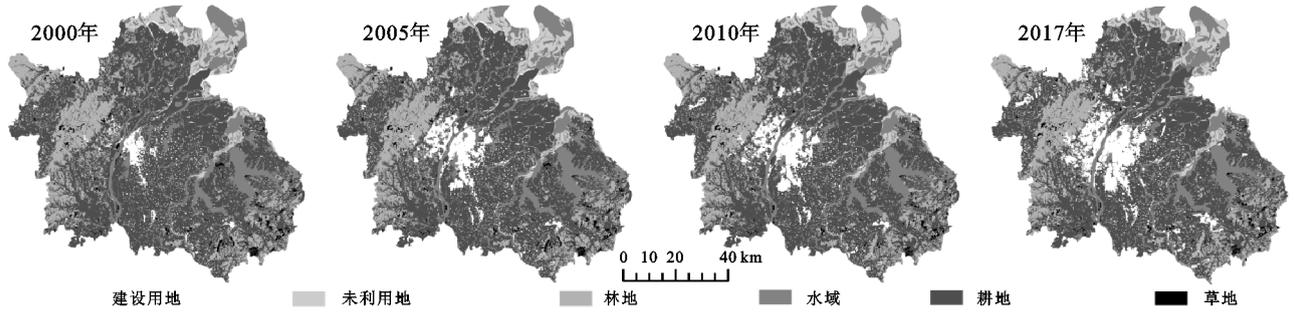


图 1 2000—2017 年南昌市土地利用类型分布

表 2 2000—2017 年南昌市各土地利用变化情况

地类	耕地		林地		草地		水域		建设用地		未利用地	
	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%
2000	403510.14	56.01	121315.80	16.84	9245.27	1.28	121260.94	16.83	30444.98	4.23	33985.59	4.72
2005	387677.32	53.81	119867.83	16.64	8870.19	1.23	118248.21	16.41	51334.16	7.13	33765.02	4.69
2010	390864.33	54.26	118305.39	16.42	7337.03	1.02	113739.69	15.79	53567.44	7.44	35948.88	4.99
2017	378563.01	52.60	114805.36	15.95	7479.27	1.04	116933.93	16.25	72765.17	10.11	29164.74	4.05
2000—2005	-15832.82	-3.92	-1447.97	-1.19	-375.08	-4.06	-3012.73	-2.48	20889.18	68.61	-220.57	-0.65
2005—2010	3187.01	0.82	-1562.44	-1.30	-1533.16	-17.28	-4508.52	-3.81	2233.28	4.35	2183.86	6.47
2010—2017	-12301.32	-3.15	-3500.03	-2.96	142.24	1.94	3194.24	2.81	19197.73	35.84	-6784.14	-18.87
2000—2017	-24947.13	-6.18	-6510.44	-5.37	-1766.00	-19.10	-4327.01	-3.57	42320.19	139.01	-4820.85	-14.18

表 3 2000—2017 年南昌市单一土地利用动态变化

地类	年变化量/hm <sup>2</sup>				土地利用动态度/%			
	2000—2005 年	2005—2010 年	2010—2017 年	2000—2017 年	2000—2005 年	2005—2010 年	2010—2017 年	2000—2017 年
耕地	-3166.56	637.40	-1757.33	-1467.48	-0.78	0.16	-0.45	-0.36
林地	-289.59	-312.49	-500.00	-382.97	-0.24	-0.26	-0.42	-0.32
草地	-75.02	-306.63	20.32	-103.88	-0.81	-3.46	0.28	-1.12
水域	-602.55	-901.70	456.32	-254.53	-0.74	-0.76	0.40	-0.21
建设用地	4177.84	446.66	2742.53	2489.42	1.47	0.87	5.12	8.18
未利用地	-44.11	436.77	-969.16	-283.58	-0.13	1.29	-2.70	-0.83

南昌市在 2000—2017 年各土地利用类型动态变化较大,建设用地的动态度为正数(8.18%),说明建设用地面积增速最大;耕地、林地、草地、水域和未利用地的动态度为负数,表明它们的面积减少,其中草地的单一动态度最大。2000—2005 年,草地减少速度最快,为 0.81%,耕地次之;2005—2010 年,草地、水域、林地减少速度加快,建设用地面积增加速度放缓,耕地略有增加;2010—2017 年,建设用地面积增加速度达 5.12%,耕地、林地和未利用地面积减少速度分别为 0.45%,0.42%和 2.70%,增速最慢为草地。

3.2.2 多样性指数分析 将南昌市各土地利用类型面积代入式(3)计算出 2000 年、2005 年、2010 年、2017 年的土地利用类型多样性指数,分别为:0.624 7, 0.647 7, 0.645 0, 0.659 5。2000—2017 年南昌市土地利用的多样性指数均大于 0.50,说明该区域的土地利用结构较平衡,多元程度处于中等水平。但多样性指数呈先增后降再增的趋势,增加是因为退耕还林还草政策的推行,降低是因为建设用地增加,耕地

被撂荒,未利用地增加。总体看来,2000—2017 年南昌市的土地利用多样性指数差异不大,土地利用结构相对稳定。

### 3.3 生态系统服务变化分析

3.3.1 生态系统服务价值时间变化分析 结合南昌市土地利用类型的生态系统服务价值(表 1)和 2000—2017 年土地利用数据,得出南昌市 2000—2017 年的土地生态系统服务价值。结果表明 2000—2017 年南昌市土地生态系统服务价值总体呈下降趋势(表 4)。2000—2005 年,南昌市土地生态系统服务价值由 375.35 亿元减至 365.80 亿元,年均减少 1.91 亿元。2005—2017 年,由于南昌市城市化的加快,引起生态用地不合理转化,耕地减少,建设用地增加,产生较大负生态效应,导致土地生态服务价值总体减少,从 2005 年的 365.80 亿元减至 357.47 亿元,年均减少 0.69 亿元。2000—2017 年,土地生态系统服务价值呈先加速减少再缓慢减少趋势。

南昌市生态系统服务的提供主体排序为:水域>

耕地>林地>草地>未利用地(表 4)。水域生态系统是南昌市生态系统服务的主要提供者,占南昌市总生态服务的 49.41%以上,其次是耕地(占 24.76%以上),表明水域和耕地对南昌市的生态系统服务价值

影响最大。近 17 a 来,耕地面积大幅减少(减少了 24 947.13 hm<sup>2</sup>),主要转变成建设用地,导致南昌市生态系统服务功能连续下降。此外,水域、林地和草地呈减少趋势,进一步造成南昌市生态服务功能持续下降。

表 4 2000—2017 年南昌市土地生态系统服务价值

类型	年份	地类					合计
		耕地	林地	草地	水域	未利用地	
生态服务价值/10 <sup>8</sup> 元	2000	94.33	89.68	2.26	188.59	0.48	375.35
	2005	90.63	88.61	2.17	183.90	0.48	365.80
	2010	91.38	87.45	1.80	176.89	0.51	358.03
	2017	88.50	84.87	1.83	181.86	0.41	357.47
所占比例/%	2000	25.13	23.89	0.60	50.24	0.13	100
	2005	24.78	24.22	0.59	50.28	0.13	100
	2010	25.52	24.43	0.50	49.41	0.14	100
	2017	24.76	23.74	0.51	50.87	0.12	100

3.3.2 生态系统服务价值的空间分异 土地生态系统服务价值受土地利用结构和土地利用布局的影响,对 2000—2017 年南昌市各区(县)土地利用生态系统服务价值的空间分布特征进行分析(表 5,表 6)。

2000—2017 年,进贤县、新建县和南昌县三县的土地生态系统服务价值总量居全市前三,其中 2000 年新建县的最高,达 115.24 亿元,随着新建县的水域和耕地面

积的减少,2005 年、2017 年,进贤县的土地生态系统服务价值最高;青云谱区的的服务价值最低,仅有 0.46 亿元。进贤县、南昌县和新建县因水域和耕地面积较大,土地生态系统服务功能较强,其中水域和耕地提供的服务价值总量最高分别为 64.41 亿元(2005 年,进贤县)和 30.23 亿元(2005 年,南昌县);安义县和湾里区是南昌市林地较集中分布地,土地生态系统服务价值较高。

表 5 2000—2017 年南昌市生态系统服务价值总量

年份	类型	东湖区	西湖区	青云谱区	湾里区	青山湖区	南昌县	新建县	安义县	进贤县
2000 年	耕地	0.10	0.21	0.13	1.09	3.56	30.23	25.51	9.02	24.48
	林地	0.03	0.02	0.01	13.68	2.39	1.74	30.49	16.72	24.59
	草地	0.00	0.03	0.01	0.20	0.07	0.08	0.40	0.16	1.31
	水域	1.60	1.95	0.77	0.25	6.73	51.52	58.53	3.77	63.49
	未利用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.32	0.00	0.09
	总计	1.72	2.22	0.92	15.21	12.75	83.66	115.24	29.66	113.96
2005 年	耕地	0.04	0.08	0.05	1.05	2.19	29.14	24.97	8.95	24.17
	林地	0.01	0.02	0.00	13.65	1.94	1.66	30.12	16.72	24.49
	草地	0.00	0.01	0.00	0.19	0.07	0.08	0.35	0.16	1.31
	水域	1.32	1.76	0.62	0.24	5.79	49.41	56.55	3.79	64.42
	未利用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.32	0.00	0.08
	总计	1.38	1.88	0.66	15.13	9.98	80.37	112.31	29.61	114.47
2010 年	耕地	0.08	0.08	0.05	1.06	2.26	28.94	25.37	8.87	24.66
	林地	0.01	0.02	0.00	13.66	1.99	1.58	28.78	16.42	24.98
	草地	0.00	0.01	0.00	0.18	0.02	0.09	0.38	0.16	0.95
	水域	1.16	1.73	0.53	0.21	5.02	51.14	51.76	3.67	61.67
	未利用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.35	0.00	0.09
	总计	1.25	1.85	0.58	15.11	9.30	81.82	106.64	29.12	112.35
2017 年	耕地	0.03	0.02	0.04	0.91	2.36	28.06	24.11	8.53	24.46
	林地	0.08	0.00	0.00	12.33	3.47	1.53	24.95	16.61	25.91
	草地	0.00	0.02	0.00	0.17	0.03	0.08	0.39	0.14	1.00
	水域	1.66	1.45	0.43	0.10	5.36	50.31	59.49	3.98	59.10
	未利用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.28	0.00	0.07
	总计	1.76	1.48	0.46	13.50	11.21	80.04	109.21	29.26	110.53

表 6 2000—2017 年南昌市单项生态系统服务价值

亿元

年份	服务类型	东湖区	西湖区	青云谱区	湾里区	青山湖区	南昌县	新建县	安义县	进贤县
2000 年	调节服务	1.42	1.80	0.73	7.59	8.79	60.52	78.27	16.21	79.50
	供给服务	0.02	0.04	0.02	1.87	0.88	5.16	8.00	3.52	7.15
	支持服务	0.13	0.20	0.09	4.92	2.30	12.97	21.62	8.58	19.82
	文化服务	0.15	0.19	0.07	0.83	0.78	5.01	7.36	1.35	7.48
2005 年	调节服务	1.15	1.56	0.55	7.54	7.04	58.11	76.10	16.19	80.08
	供给服务	0.01	0.02	0.01	1.86	0.60	4.97	7.86	3.51	7.09
	支持服务	0.09	0.13	0.05	4.90	1.66	12.48	21.21	8.56	19.74
	文化服务	0.13	0.17	0.06	0.82	0.66	4.81	7.15	1.35	7.56
2010 年	调节服务	1.03	1.53	0.48	7.53	6.44	59.44	71.60	15.91	78.05
	供给服务	0.02	0.02	0.01	1.87	0.62	4.93	7.74	3.46	7.21
	支持服务	0.09	0.13	0.04	4.90	1.64	12.49	20.67	8.43	19.76
	文化服务	0.11	0.17	0.05	0.82	0.59	4.96	6.62	1.32	7.33
2017 年	调节服务	1.46	1.25	0.38	6.69	7.50	58.24	75.62	16.07	76.25
	供给服务	0.02	0.01	0.01	1.68	0.82	4.78	7.09	3.43	7.29
	支持服务	0.12	0.09	0.04	4.40	2.18	12.14	19.38	8.40	19.86
	文化服务	0.16	0.14	0.04	0.73	0.71	4.88	7.12	1.36	7.14

2000—2017 年,调节服务功能是南昌市土地生态系统的主要功能,最高达 254.83 亿元,占全市土地生态系统服务总价值的 67.59% 以上,其次是支持服务和供给服务,其值最高分别为 70.63 亿元、26.67 亿元,最后是文化服务的价值,最高仅为 23.22 亿元。根据南昌市土地生态系统服务价值的 9 种二级服务功能,主要服务功能是水源涵养、废物处理、土壤形成与保护和生物多样性保护,其价值之和分别为 278.62 亿元、271.43 亿元、264.79 亿元和 265.94 亿元,分别占总服务价值的 74.22%、74.20%、73.96% 和 74.39%,其次是气候调节、娱乐文化和气体调节,食物生产和原材料服务的价值量较小。

2000—2017 年,南昌市整个生态系统服务价值量由

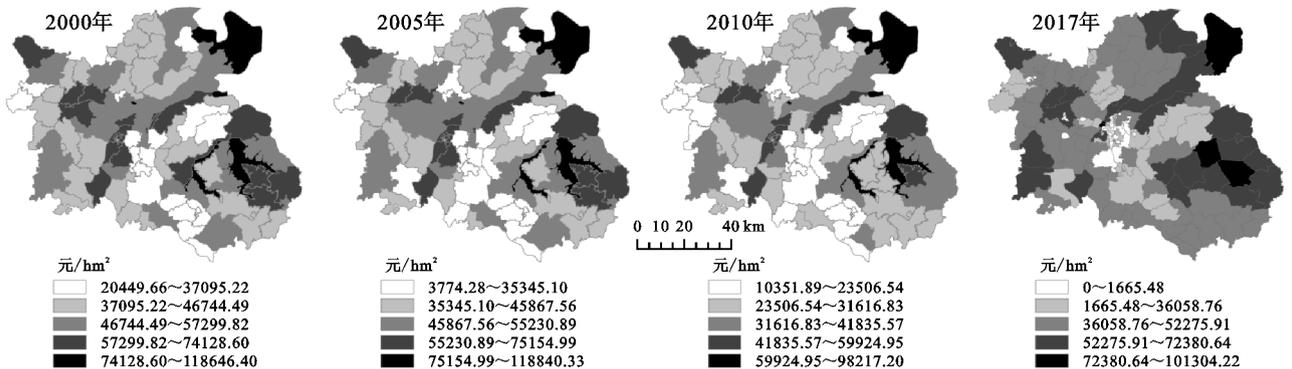


图 2 南昌市 2000—2017 年单位面积生态系统服务价值空间分布变化

结果表明,2000—2017 年,南昌市各乡镇(街道)的单位面积 ESV( $\text{元}/\text{hm}^2$ )的波动范围为:0~118 840.33,差异明显。为进一步分析变化情况,将单位面积分级<sup>[28]</sup>,即单位面积 ESV( $\text{元}/\text{hm}^2$ )分为 0,小于 30 000,30 000~60 000,大于 60 000 共 4 个等级。2017 年 0 元/ $\text{hm}^2$ 的乡镇(街)分布较多,主要是这些镇的土地利用类

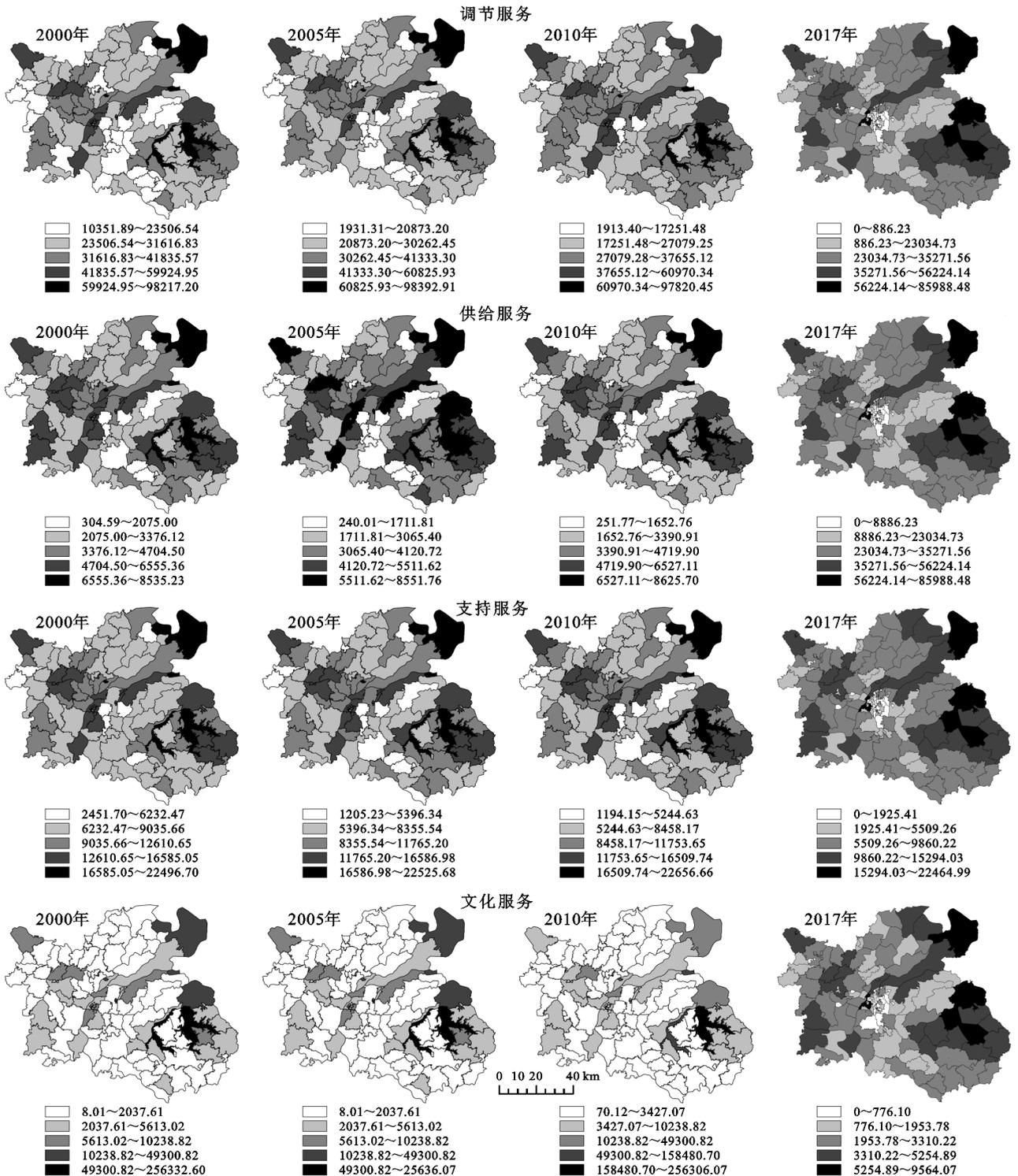
高到低依次大致为进贤县、新建县、南昌县、安义县、湾里区、青山湖区、东湖区、西湖区、青云谱区(表 6),各单项生态服务功能的区域差异较大。调节服务功能主要分布在进贤县和新建县,最高分别提供 80.08 亿元和 78.27 亿元,占南昌市的 32.25% 和 31.20%,青云谱区调节服务功能最低,其中 2017 年为 0.38 亿元;供给服务功能主要分布在进贤县和新建县,支持服务和文化服务主要分布在进贤县、新建县、南昌县和安义县,其中四县的支持服务功能占南昌市的 89.19%、90.07%、90.00% 和 89.74%,西湖区和青云谱区均较低。

为更好地体现南昌市土地生态系统服务价值的空间差异,进一步计算南昌市各镇(街)的土地生态系统服务价值(图 2)。

型仅有建设用地,而建设用地的生态系统服务价值为 0。小于 30 000  $\text{元}/\text{hm}^2$ 的乡镇,2000—2010 年分布较少,基本相同,其中湖坊镇的最小,分别为 20 449.66  $\text{元}/\text{hm}^2$ ,3 774.28  $\text{元}/\text{hm}^2$ ,3 739.47  $\text{元}/\text{hm}^2$ ;2017 年分布较多,主要是因为建设用地面积大,其他用地类型面积小且总的土地面积较小,土地生态系统服务价值功能较差,其中

洪都街道仅为 158.28 元/hm<sup>2</sup>。2000—2017 年,30 000~60 000 元/hm<sup>2</sup>的乡镇分布较多,均占全市一半以上,其中 2010 年最多,达 83 个乡镇(街道);2000—2010 年,大于 60 000 元/hm<sup>2</sup>的镇(街)呈减少趋势,由 19 减少至 14,主要因为建设用地增加和耕地、水域面积

减少。其中,军山湖管委会的单位面积 ESV(元/hm<sup>2</sup>)最大,分别为 118 646.40 元/hm<sup>2</sup>,118 840.33 元/hm<sup>2</sup>,118 357.69 元/hm<sup>2</sup>,主要由于耕地面积和水域面积比重大,生态系统服务功能强。2017 年滕王阁街道的值最大,达 101 304.22 元/hm<sup>2</sup>。



注:单位为元/hm<sup>2</sup>。

图 3 南昌市 2000—2017 年单项生态系统服务价值的空间差异

从南昌市各镇(街)土地生态系统服务价值的单项生态服务功能来看(图 3),2000—2017 年,调节服

务功能较低的镇(街)集中分布在南昌中心城区及其周围。2000—2010 年最低的乡镇均为湖坊镇,分别

为 10 351.89 元/hm<sup>2</sup>, 1 931.31 元/hm<sup>2</sup>, 1 913.40 元/hm<sup>2</sup>; 2017 年, 较低的为: 西湖区的朝阳洲街道、丁公路街道、广润门街道、南浦街道、南站街道、绳金塔街道、桃源街道, 东湖区的公园街道, 青云谱区的三家店街道、南昌昌南工业园, 青山湖区的上海路街道。这些区域由于建设用地面积比重大, 调节功能差。调节功能较强的区域则主要分布在水域面积较大的镇(街), 如新建县的南矶乡, 进贤县的南台乡和三阳集乡, 其中 2000—2010 年单位面积调节服务最高的军山湖管委会, 分别为 98 217.20 元/hm<sup>2</sup>, 98 392.91 元/hm<sup>2</sup>, 97 820.45 元/hm<sup>2</sup>, 2017 年为滕王阁街道; 供给服务功能较强的镇(街)集中在南昌的西部和东南部, 单位面积供给服务最高的为梅岭镇, 分别为 8 535.23 元/hm<sup>2</sup>, 8 551.76 元/hm<sup>2</sup>, 8 625.70 元/hm<sup>2</sup>, 8 555.73 元/hm<sup>2</sup>; 支持服务功能强的镇(街)分布在南昌西北部 and 东南部, 以湾里区的梅岭镇最高, 分别为 22 496.70 元/hm<sup>2</sup>, 22 525.68

元/hm<sup>2</sup>, 22 656.66 元/hm<sup>2</sup>, 22 464.99 元/hm<sup>2</sup>, 较低地区仍然为南昌市中心城区及周围镇(街); 2000—2010 年文化服务较高的镇(街)主要分布在南昌市西部, 2017 年集中分布在南昌市的北部和东部, 较低区域均集中在南昌市中心城区和周围镇(街), 其中 2000—2010 年以朝阳农场最高, 分别为 256 332.60 元/hm<sup>2</sup>, 256 306.07 元/hm<sup>2</sup>, 256 306.07 元/hm<sup>2</sup>, 2017 年以滕王阁街道最高, 为 9 564.07 元/hm<sup>2</sup>。

3.3.3 南昌市的建制镇生态系统服务价值与建设用地变化量的相关分析 计算出 2000—2005 年, 2005—2010 年, 2010—2017 年 3 个时段各建制镇的生态系统服务价值变化量与建设用地面积变化量(图 4, 其中 ESV 表示生态系统服务价值变化量, J 表示建设用地变化量), 进一步对各建制镇生态系统服务价值变化量与建设用地变化量进行相关分析(表 7), 将皮尔逊和斯皮尔曼系数作为相关性检验指数。

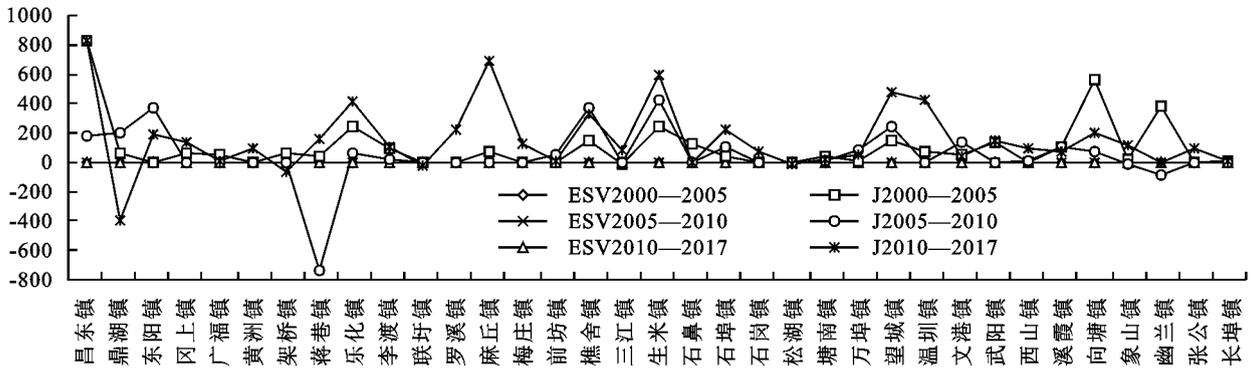


图 4 不同时段各区域 ESV 变化量与建设用地面积变化量

表 7 不同时段相关系数表

时间段	皮尔逊系数	斯皮尔曼系数
	相关分析	相关分析
2000—2005 年	-0.524**	-0.371*
2005—2010 年	-0.781**	-0.664**
2010—2017 年	-0.207	-0.410*

注: \* 和 \*\* 分别表示计算的相关系数单侧概率小于 0.05, 0.01。

两变量的皮尔逊相关系数和斯皮尔曼相关系数均小于零, 呈负相关, 说明建设用地增加的地区, 生态系统服务价值有减少的趋势。

2000—2005 年和 2010—2017 年两个时间段的皮尔逊相关性和斯皮尔曼相关性较低, 均低于 0.60, 其中 2010—2017 年的皮尔逊为 -0.207, 相关性不显著, 表明该期间生态系统服务价值的减少不单单是因为建设用地面积增加还与有效控制新增建设用地面积、合理利用耕地相关。

2005—2010 年的皮尔逊和斯皮尔曼相关性的检验结果均为显著相关, 分别为 -0.781 和 -0.664, 说明这期间各乡镇的建设用地面积明显增大, 生态系统

服务价值则显著减少, 建设用地的快速增长明显影响到生态系统服务价值的增减。

## 4 结论

(1) 2000—2017 年, 南昌市耕地减少最多, 建设用地增加最多, 土地利用程度较高, 多样性指数处于中等水平, 土地利用结构相对稳定。2000—2017 年 ESV 总体呈下降趋势, 由 375.69 亿元减至 357.47 亿元, 主要因为土地利用结构的不合理, 引起生态效应下降; 生态系统服务提供主体排序为: 水域 > 耕地 > 林地 > 草地 > 未利用地。水域生态系统是南昌市生态系统服务的主要提供者, 占南昌市总生态服务的 49.41% 以上, 水域、林地和草地面积的减少造成南昌市生态服务功能持续下降。

(2) 南昌市整个生态系统服务价值量由高到低依次大致为进贤县、新建县、南昌县、安义县、湾里区、青山湖区、东湖区、西湖区、青云谱区, 且各单项生态服务功能的区域差异较大。调节服务功能主要分布在进贤县和新建县, 分别占南昌市的 32.25% 和

31.20%, 青云谱区调节服务功能最低, 其中 2017 年为 0.38 亿元; 供给服务功能主要分布在进贤县和新建县, 支持服务和文化服务主要分布在进贤县、新建县、南昌县和安义县, 其中四县的支持服务功能占南昌市的 89.19%, 90.07%, 90.00% 和 89.74%, 西湖区和青云谱区均较低。

(3) 南昌市内各乡镇(街道)的单位面积 ESV(元/hm<sup>2</sup>)的波动范围为: 0~118 840.33 元/hm<sup>2</sup>, 差异明显。其中 30 000~60 000 元/hm<sup>2</sup>的乡镇分布较多, 占全市一半以上, 以 2010 年最多, 达 83 个乡镇(街道)。2000—2010 年大于 60 000 元/hm<sup>2</sup>的镇(街)呈减少趋势, 由 19 个减至 14 个, 军山湖管委会的单位面积 ESV(元/hm<sup>2</sup>)最大, 主要由于耕地面积和水域面积比重大, 生态系统服务功能强。2017 年滕王阁街道的值最大, 达 101 304.22 元/hm<sup>2</sup>。调节服务功能较低的镇(街)主要集中分布在南昌中心城区及其周围, 这些区域由于建设面积比重大、调节功能差, 供给服务功能较强的镇(街)集中在南昌的西部和东南部, 支持服务功能强的镇(街)分布在南昌西北部和东南部, 以湾里区的梅岭镇最高, 文化服务较低区域集中在南昌市中心城区和周围镇(街)。

(4) 南昌市各建制镇的生态系统服务价值与建设用地面积呈负相关关系, 其中 2005—2010 年, 两变量间的相关性明显。建设用地的快速增长明显影响到生态系统服务价值的增减。

因地制宜, 抓住林地和水域这两大优势, 将“绿水青山就是金山银山”理念深入贯彻, 生态优先合理开发; 切实保护耕地, 合理调整建设用地, 尽量不占或少占用耕地, 科学开发未利用地, 加大经济投入, 提高耕地质量, 创新土地制度; 增强环保意识, 加大对河湖的富营养化处理, 治理生态环境, 进一步提高南昌市的 ESV, 经济和环境协调发展。同时为进一步研究, 可对南昌市的生态系统单位面积生态服务价值当量表进行修订并对南昌市的土地生态系统服务价值进行空间自相关分析。

#### 参考文献:

[1] 赵志刚, 余德, 韩成云, 等. 2008—2016 年鄱阳湖生态经济区生态系统服务价值的时空变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(2): 198-208.

[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] 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.

[4] Hassan, Scholes. Ecosystems and human well-being: Current state and trends[J]. Journal of Bacteriology, 2005, 1(5): 1387-1404.

[5] 陈万旭, 李江风, 朱丽君. 长江中游地区生态系统服务价值空间分异及敏感性分析[J]. 自然资源学报, 2019, 34(2): 107-119.

[6] 程建, 程久苗, 吴九兴, 等. 2000—2010 年长江流域土地利用变化与生态系统服务功能变化[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(6): 894-901.

[7] 邓楚雄, 钟小龙, 谢炳庚, 等. 洞庭湖区土地生态系统的服务价值时空变化[J]. 地理研究, 2019, 38(4): 844-855.

[8] 叶长盛, 董玉祥. 珠江三角洲土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 热带地理, 2010, 30(6): 603-608.

[9] Li F, Zhang S W, Yang J C, et al. The effects of population density changes on ecosystem services value: A case study in Western Jilin, China[J]. Ecological Indicators, 2016, 61(2): 328-337.

[10] Constanza R, Groot R, Sutton P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. Global Environmental Change, 2014, 26: 152-158.

[11] 严恩萍, 林辉, 王广兴, 等. 1990—2011 年三峡库区生态系统服务价值演变及驱动力[J]. 生态学报, 2014, 34(20): 5962-5973.

[12] 冉凤维, 罗志军, 曹丽萍, 等. 南昌市生态服务价值变化及其驱动因素分析[J]. 水土保持研究, 2018, 25(3): 177-183.

[13] 罗盛锋, 闫文德. 广西北部湾沿岸地区生态系统服务价值变化及其驱动力[J]. 生态学报, 2018, 38(9): 3248-3259.

[14] 虎陈霞, 郭旭东, 连纲, 等. 长三角快速城市化地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响: 以嘉兴市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(3): 333-340.

[15] Byron C J, Jin D, Dalton T M. An Integrated ecological-economic modeling framework for the sustainable management of oyster farming[J]. Aquaculture, 2015, 447: 15-22.

[16] 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.

[17] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640.

[18] 幸赞品, 颜长珍, 冯坤, 等. 1975—2015 年甘肃省白龙江流域自然保护区生态系统服务价值及其时空差异[J]. 中国沙漠, 2019, 39(3): 1-11.

[19] 司慧娟, 袁春, 周伟. 青海省土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(3): 254-260.

[20] 李佳鸣, 冯长春. 基于土地利用变化的生态系统服务价值及其改善效果研究: 以内蒙古自治区为例[J]. 生态学报, 2019, 39(13): 1-9.

- [11] 刘霏珈,吴克宁,赵华甫,等.基于耕地综合质量的基本农田布局优化:以河南省温县为例[J].中国土地科学,2015,29(2):54-59.
- [12] 张旭,雷国平,周浩,等.萝北县高标准基本农田建设时序及障碍因素诊断[J].中国农业资源与区划,2018,39(6):136-144.
- [13] 韩帅,李颖,李双异,等.辽北旱作区高标准基本农田建设选址与建设模式研究[J].中国人口·资源与环境,2015,25(1):439-442.
- [14] 宋文,吴克宁,张敏,等.基于村域耕地质量均匀度的高标准农田建设时序分区[J].农业工程学报,2017,33(9):250-259.
- [15] 崔勇,刘志伟.基于 GIS 的北京市怀柔区高标准基本农田建设适宜性评价研究[J].中国土地科学,2014,28(9):76-81.
- [16] 贾旭飞,孟超,刘晨.河北省宁晋县高标准基本农田建设布局研究[J].水土保持研究,2017,24(4):145-151.
- [17] 朱美青,黄宏胜,史文娇,等.基于多规合一的基本农田划定研究:以江西省余江县为例[J].自然资源学报,2016,31(12):2111-2121.
- [18] 信桂新,杨朝现,杨庆媛,等.用熵权法和改进 TOPSIS 模型评价高标准基本农田建设后效应[J].农业工程学报,2017,33(1):238-249.
- [19] 刘春芳,乌亚汗,王川.基于生态服务功能提升的高标准农田建设的分区方法[J].农业工程学报,2018,34(15):264-272,313.
- [20] 张雅芹,闫弘文,赵贤锋,等.半岛丘陵区城市周边永久基本农田划定研究:以山东省海阳市为例[J].中国生态农业学报,2018,26(7):1080-1088.
- [21] 张合兵,赵素霞,陈宁丽,等.基于耦合协调度模型的高标准农田建设项目区优选研究[J].农业机械学报,2018,49(8):161-168.
- [22] 付国珍,摆万奇.耕地质量评价研究进展及发展趋势[J].资源科学,2015,37(2):226-236.
- [23] 孙宇,高明,莫建兵,等.西南丘陵区高标准基本农田建设区域划定研究:以重庆市铜梁区为例[J].中国土地科学,2016,30(3):20-28.
- [24] 吕雅慧,郎文聚,张超,等.基于 TOPSIS 和 BP 神经网络的高标准农田综合识别[J].农业机械学报,2018,49(3):196-204.
- [25] 罗志军,赵越,赵杰,等.基于景观格局与空间自相关的永久基本农田划定研究[J].农业机械学报,2018,49(10):195-204.
- [26] 边振兴,刘琳琳,王秋兵,等.基于 LESA 的城市边缘区永久基本农田划定研究[J].资源科学,2015,37(11):2172-2178.
- [27] 杨建宇,张欣,徐凡,等.基于 TOPSIS 和局部空间自相关的永久基本农田划定方法[J].农业机械学报,2018,49(4):172-180.
- [28] 万婷,张森.基于乡村振兴战略的土地整治综述及发展趋势研究[J].中国农业资源与区划,2018,39(5):1-6.
- [29] 周明,王占岐.基于耕地质量和空间聚类的县域基本农田划定:以湖北省团风县为例[J].水土保持研究,2016,23(5):316-321.

~~~~~

(上接第 285 页)

- [21] 刘桂林,张落成,张倩.长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响[J].生态学报,2014,34(12):3311-3319.
- [22] 王飞,叶长盛,华吉庆,等.南昌市城镇空间扩展与景观生态风险的耦合关系[J].生态学报,2019,39(4):1248-1262.
- [23] 张天海,田野,徐舒,等.滨海城市土地利用格局演变及对生态系统服务价值的影响[J].生态学报,2018,38(21):7572-7581.
- [24] 王权,杨正宇,孙广友.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999,18(1):81-87.
- [25] 徐胜利.江西省农村土地利用变化及生态系统服务价值研究[J].中国农业资源与区划,2018,39(7):113-120.
- [26] 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.
- [27] 祖佳嬉.基于不同尺度的南昌市城镇紧凑度测度及动力机制研究[D].江西省南昌市:东华理工大学,2015.
- [28] 刘桂林,张落成,张倩.长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响[J].生态学报,2014,34(12):3311-3319.