

长江经济带土地利用及其生态系统 服务价值演变研究

钟业喜, 朱治州

(江西师范大学 江西经济发展研究院 地理与环境学院 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室 江西 南昌 330022)

摘要: 利用 1990 年、2000 年、2010 年和 2015 年四期长江经济带土地利用数据,采用土地利用转移概率矩阵、标准差椭圆和谢高地等修正 Costanza 方法,深入分析了长江经济带的土地利用分布格局和转移方向,定量计算了整体生态系统服务价值,并对其空间分布格局进行研究,深刻地揭示了长江经济带土地利用变化及生态系统服务价值的基本特征和演变规律。结果表明:1) 长江经济带土地利用类型以林地、耕地为主,但耕地面积持续减少,建设用地和水域持续扩张,林地主要转化为耕地和建设用地,且建设用地为主要转出方向,新增建设用地呈现“西南—东北”方向分布格局,重心在安徽安庆市、六安市和湖北麻城市交界地区移动。2) 1990 年、2000 年、2010 年、2015 年长江经济带生态系统服务价值总量分别为 37723.69 亿元、37681.00 亿元、37717.06 亿元、37613.06 亿元,呈现先减后增再减反复波动的态势,最终减少 110.63 亿元,其中林地对生态系统服务价值的贡献率最大,主导着区域内整体的变化趋势。3) 长江经济带生态系统服务价值空间分布出现明显的不均衡性,洞庭湖、鄱阳湖、太湖及附近区域要远远高于其他地区,在成渝城市群、武汉城市圈、安徽北部以及江苏大部分地区呈现明显低于其他区域的低值区。

关键词: 土地利用变化; 生态系统服务价值; 演变规律; 长江经济带

中图分类号: F061.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-579(2018)03-0100-08

A Study of the Evolution of Land Utilization and Ecosystem Services Value in the Economic Belt of the Changjiang River

ZHONG Yexi, ZHU Zhizhou

(Jiangxi Institute of Economic Development, School of Geography and Environment, Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Ministry of Education, Jiangxi Normal University, Nanchang, Jiangxi 330022, China)

Abstract: Based on the land use data of the Economic Belt of the Changjiang River in 1990, 2000, 2010 and 2015, the transition probability matrix of land utilization, the standard deviation ellipsoid and the XIE Gao-di modified Costanza methods are used to estimate the land utilization distribution pattern and the transfer direction of the Economic Belt of the Changjiang River, the value of overall ecosystem service was calculated quantitatively, and the spatial distribution pattern was studied. The basic characteristics and the evolution law of land utilization and ecosystem service value in the Economic Belt are revealed profoundly. The results show that: (1) the land utilization types in the Economic Belt are mainly the forestland and the arable land, but the arable land continues to decrease, the construction land and the water area continue to expand, the forest land is mainly converted to

收稿日期: 2018-02-13

基金项目: 国家自然科学基金项目“城市群空间结构效应研究—以长江中游城市群为例”(编号: 41561025)

作者简介: 钟业喜(1973-),男,江西赣州人,博士,江西师范大学教授、博士后合作导师。研究方向为经济地理与区域经济。

the arable land and the construction land and the construction land is the main direction of transfer, the new construction land presents “southwest – northeast” direction distribution pattern, its the center of gravity moves within the boundaries of two provinces, namely Anqing City and Liuan City in Anhui Province, Lu’an City and Macheng City in Hubei Province; (2) The total value of ecosystem services in the Economic Belt in 1990, 2000, 2010 and 2015 were 3772.369 billion yuan, 3768.1 billion yuan, 3771.706 billion yuan and 3761.306 billion yuan respectively, showing a decreasing trend and then increasing trend and decreasing trend again. The situation eventually dropped by 11.063 billion yuan, of which the woodland contributed the most to the ecosystem service value, and dominated the overall trend of change in the region; (3) The spatial distribution of ecosystem service value in the Economic Belt shows obvious imbalance. The areas of Dongting Lake, Poyang Lake, Taihu Lake and nearby areas are much higher than those in other areas. In Chengdu – Chongqing urban agglomeration, Wuhan urban agglomeration, northern Anhui and most areas of Jiangsu, there are lower – value areas that are significantly lower than other areas.

Key words: land utilization change; ecosystem service value; evolution law; Economic Belt of the Changjiang River

1 引言

党的十九大报告指出,以共抓大保护、不搞大开发为导向推动长江经济带发展。土地是各种自然生态系统的载体,土地利用是人与自然交叉最为密切的环节,通过区域生态进程和服务间的相互作用直接影响区域生态服务价值。^[1]土地利用变化作为全球环境变化中最明显的表现形式,间接影响着气候变化、生物多样性、生物地球化学循环以及资源可持续利用等地表物质循环和生态过程。^[2]土地利用的变化可以引起生态系统功能和结构的变化,从而对生态系统维持及其服务功能起决定性作用。^[3]生态系统服务是指生态系统形成和所维持的人类赖以生存和发展的环境条件与效用,人类能够通过生态系统的功能直接或间接得到的产品和服务,其主要功能是供给功能、调节功能和文化功能,以及对维持生态系统的其它功能,^[4]它是衡量一个地区能否实现可持续发展的核心指标。^[5]

Costanza 等^[6]的开创性研究建构了生态系统服务价值评价的理论和方法体系,并成为目前生态系统服务价值评估运用最为广泛的方法。Kreuter 进行了生态系统服务的时间序列研究,确定了土地覆被类型的平行变化,量化积极土地覆被变化对圣安东尼奥市负面影响的潜在中和影响蔓延生态系统服务。^[7]Leemans 等认为土地利用格局变化的尺度效应明显,致使土地利用格局表现出不同的变化特征,导致制定决策的空间尺度与有关土地利用过程的空间尺度不匹配,引起了诸如土地退化、土壤侵蚀、林地锐减等诸多土地利用问题。^{[8] (p107-126)}国内谢高地等结合中国实际情况对 Costanza 的评估方法进行修正,制定了中国陆地生态系统单位面积生态系统服务价值表,为我国区域生态系统服务价值评价提供了参考范例并得到普遍应用。^[9]任平等基于成都崇州市耕地实地采样数据和修正的 IBIS 模型测算数据,对耕地生产有机质、调节大气、涵养水源、土壤保持和净化环境等五种自然生态系统服务价值进行测算,^[10]对科学合理地确定耕地保护具有一定的指导意义。曹先磊等从现代消费选择理论出发,建立居民接受城市生态系统休闲娱乐服务支付意愿模型,采用 logit 模型等和实际调查数据,分析了居民对温江区城市生态系统休闲娱乐服务的支付意愿及影响因素,并运用 CVM 方法对其休闲娱乐服务价值进行了测算,发现城市生态系统具有较大的潜在休闲娱乐服务价值,居民的收入和教育程度对支付数量有影响。^[11]王慧选择南京市 1989 年、2000 年、2009 年土地利用数据,从南京市土地利用现状及变化情况、景观格局变化特征、马尔科夫模型预测三方面对南京市景观格局演变及发展趋势作了分析。^[12]

随着人类城镇化程度提高,自然生态环境却逐渐恶化,孔凡斌等考察了经济增长、承接产业转移与环境污染的关系。^[13]当前,土地利用及其生态系统服务价值现已成为地理及生态学界的研究重点,也是建立绿色国民经济核算体系的基础工作,并且有助于人类福利及经济可持续发展。本文在参考其他土地利用与生态系统服务研究的基础上,确定了适合长江经济带的土地利用类型演变和生态系统服务评估指标体系和空间分布差异方法,结果可为提高长江经济带生态与经济协调发展提供重要参考。

2 研究区域与数据来源

2.1 研究区域

长江经济带是以流域为基础,以长江为纽带,以长三角城市群、长江中游城市群以及成渝城市群为依托的宏观协作

经济带。^[14]2014 年《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》发布,标志着长江经济带发展上升为国家战略。本研究以该意见确定的长江经济带范围,即上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、云南、贵州等 9 省 2 市为研究范围,对长江经济带土地利用及其生态系统服务价值动态变化和空间分布进行深入分析。

2.2 数据来源及处理

本研究主要数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>),刘纪远在 1:10 万比例尺土地利用现状遥感监测数据基础上通过矢量数据栅格化生成的 1990 年、2000 年、2010 年的 100m 栅格数据和 2015 年的 1km 栅格数据。^[15]结合长江经济带区域的土地利用方式特征,将其土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地等六个用地类型。从长江经济带中各地区的统计年鉴中查找到 1990 年以来至 2015 年内,共 25 年的区域内的各地区平均粮食单产数据以及区域内粮食平均价格数据,作为计算生态系统服务价值的重要参数。

3 研究方法

3.1 土地利用转移概率矩阵

土地利用转移矩阵方法来源于系统分析中对系统状态与转移的定量描述方式,^[16]是国际、国内刻画区域不同土地利用类型相互转化的常用方法,不仅包含研究期内初期和末期的用地类型面积信息,还可呈现区域土地利用变化的空间结构特征和演变方向。其数学模型可表示为:^[17]

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{12} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中 S 代表研究期初与研究期末的土地利用面积, i, j 分别代表研究期初和期末的土地利用类型, n 代表土地利用类型数。矩阵中每一行表示研究期初 i 地类向期末各地类转移的面积信息,每一列表示研究期末 j 地类从期初各地类获得的面积信息。

3.2 标准差椭圆

标准差椭圆可以从中心趋势、方向趋势和离散程度等多个角度反映地理要素的空间分布特征和变化趋势。它包含中心、方位角、长轴、短轴等四个基本参数。中心反映地理要素分布整体在二维空间上的相对位置(重心),长轴的方向(方位角,即正北方向与顺时针旋转的长轴之间的夹角)反映其在二维空间上展布的主趋势方向;长、短轴的比值可以体现要素空间分布的形态;单位标准差椭圆上分布的空间要素总量可以体现其在二维空间上展布的密集程度。^[18]本研究在研究区内各地类相互转化将必然导致标准差椭圆的偏移的基础上,选择以建设用地为主要研究对象,生成建设用地标准差椭圆,进一步揭示其空间分布结构特征。

3.3 生态系统服务价值核算方法

基于谢高地等建立的“中国陆地生态系统服务价值当量表”,^[19]根据“一个生态服务价值当量因子的经济价值量等于当年平均粮食单产市场价值的 1/7”规则,^[20]并结合长江经济带实际情况进行修正。为了保证数据的完整性,本研究以农田—耕地、森林—林地、草地—草地、水体—水域、荒地、其他用地—未利用地的形式将不同土地利用类型与相应的生态系统类型对应起来,^[21]从而得到长江经济带土地利用类型价值系数。生态系统服务价值评估以 Costanza 等的研究方法为基础,计算公式为:

$$ESV = \sum A_k \times VC_k \quad (2)$$

式中 ESV 为该研究区域生态系统服务价值总量, A_k 为第 k 类土地利用类型的面积(hm^2), VC_k 为第 k 类土地利用类型对应的生态系统服务价值系数。

3.4 敏感性指数

为验证修正后的生态系统服务价值估算的准确性及合理性,利用敏感性指数分析长江经济带生态服务价值随时间变化对生态价值系数变化的依赖程度。^[22]将各土地利用类型的生态价值系数分别调整 50%,得到相应的敏感性指数,计算公式为:

$$CS = \frac{ESV_j - ESV_i}{ESV_i} / \frac{VC_{jk} - VC_{ik}}{VC_{ik}} \quad (3)$$

式中 ESV_i 和 ESV_j 分别表示调整前后的生态系统服务价值, VC_i 和 VC_j 分别表示调整前后的生态价值系数, k 为某类土地利用类型。如果 $CS > 1$,表明 ESV 对 VC 富有弹性,其准确度较差;如果 $CS < 1$,表明 ESV 对 VC 缺乏弹性,其准确度较高,且 CS 越小,其结果越可信。

4 结果与分析

4.1 土地利用时空变化格局分析

4.1.1 土地利用变化总体分析

通过对 1990—2015 年四期数据的处理,得到长江经济带土地利用变化表(表 1),从中可以看出,长江经济带土地利用类型以林地、耕地为主,林地面积约占整个区域的 46%,耕地面积约占整个区域的 31%,其次为草地,占 16%左右,水域、建设用地和未利用地依次减少,其中未利用地面积约 16398km²,仅占总面积的 8%左右。从时间变化看,耕地持续减少,每个时段减少约 1%;建设用地和水域持续增加,其中建设用地增加明显,三个时段分别增加了 14.23%、20.98%和 16.90%;林地、草地和未利用地则各有增减,总体保持相对稳定。

表 1 1990—2015 年长江经济带各土地利用面积及变化(km²)

土地利用类型	土地利用面积				1990—2000 年		2000—2010 年		2010—2015 年	
	1990 年	2000 年	2010 年	2015 年	变化面积	变化率(%)	变化面积	变化率(%)	变化面积	变化率(%)
耕地	643068	636259	624781	617099	-6809.3	-1.06	-11478.5	-1.80	-7681.51	-1.23
林地	937108	934858	936448	932845	-2249.54	-0.24	1590.18	0.17	-3603.4	-0.38
草地	334297	336717	334839	334195	2420.32	0.72	-1877.58	-0.56	-644.31	-0.19
水域	58381	59355	61244	62412	974.19	1.67	1889.05	3.18	1168.25	1.91
建设用地	41189	47052	56924	66544	5863.17	14.23	9872.25	20.98	9619.71	16.90
未利用地	16398	16195	16269	16235	-202.6	-1.24	73.78	0.46	-33.78	-0.21

4.1.2 土地利用转移概率矩阵

利用 ArcGIS 的栅格计算器工具对四期土地利用数据分别进行代数叠加运算,整理得到 1990—2000 年、2000—2010 年、2010—2015 年三个时间段的土地利用转移概率矩阵(表 2)

表 2 土地利用转移概率矩阵%

研究时段	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1990—2000 年	耕地	86.08	8.04	2.12	0.97	2.77	0.01
	林地	5.46	90.94	3.27	0.17	0.12	0.03
	草地	4.14	8.43	86.27	0.48	0.08	0.58
	水域	8.72	2.76	2.79	84.66	0.85	0.10
	建设用地	0.16	1.83	0.43	1.06	96.49	0.00
	未利用地	0.27	1.69	13.21	0.35	0.02	84.43
2000—2010 年	耕地	97.94	0.30	0.11	0.30	1.35	0.00
	林地	0.06	99.63	0.16	0.03	0.10	0.01
	草地	0.19	0.91	98.75	0.08	0.05	0.01
	水域	0.64	0.05	0.13	98.79	0.38	0.00
	建设用地	0.04	0.03	0.01	0.11	99.82	0.00
	未利用地	0.02	0.07	0.07	0.14	0.03	99.68
2010—2015 年	耕地	86.41	1.09	4.82	2.17	5.42	0.02
	林地	12.62	78.61	7.43	0.53	0.58	0.12
	草地	9.20	0.46	87.61	0.90	0.38	1.31
	水域	0.96	7.50	4.40	83.31	3.35	0.26
	建设用地	0.05	5.64	1.15	3.10	90.04	0.02
	未利用地	0.98	5.77	8.50	1.15	0.18	84.30

1990—2000 年期间,各种土地利用类型保留率相对较高,全部在 80%以上,其中建设用地的保留率最高,达到 96.49%,其次是林地,达到 90.94%,水域减少的部分主要转化为耕地、林地和草地,林地由草地、耕地和水域的转入而增加,建设用地主要由耕地转入,未利用地则主要转化为草地;2000—2010 年期间,土地利用变化强度较低,各种地类保留率均在 95%以上,耕地和草地减少的部分主要转化为林地,未利用地主要向水域转化,建设用地增加的部分主要由林地和水域转入;2010—2015 年期间,由于经济快速发展和人类活动剧烈,土地利用变化加剧,各种地类保留率下降,尤其是林地、水域和未利用地大量减少,保留率为 78.61%、83.31%和 84.30%,其中林地减少的部分主要转化为耕地,水域主

要转移方向为林地和草地,分别为 7.50% 和 4.40%,未利用地主要向草地、林地转移,分别转出 8.50% 和 5.77%,耕地的增加主要由林地和草地的转入,其中林地转入 12.62%。

4.1.3 土地利用类型质心迁移特征

一般来讲,建设用地对区域的整体土地利用演变的过程和格局有着深刻影响,因此,本文以建设用地为研究对象,提取三个时段由各个用地类型转出的建设用地,利用标准差椭圆,对区域内的建设用地扩展空间轨迹进行研究。区域内各个时段新增建设用地重心迁移和标准差椭圆空间分布变化如下(图 1),标准差各项参数结果如表 3 所示。

表 3 标准差椭圆基本参数

年份	1990-2000 年	2000-2010 年	2010-2015 年
沿 X 轴的标准差(km)	289.796	257.453	319.699
沿 Y 轴的标准差(km)	785.099	840.606	809.335
方位角 $\theta(^{\circ})$	62.702	79.126	65.658

从重心移动的空间轨迹看,三个时段的新增建设用地重心基本在安徽安庆市、六安市和湖北麻城市交界地区波动,先向南偏东方向偏移,再向西移动。2000-2010 年新增建设用地与 1990-2000 年相比,空间重心向南偏东方向移动了 113.946km,且重心向东偏移的距离大于向南偏移的距离。2010-2015 年新增建设用地与 2000-2010 年相比,空间重心向北偏西方向移动了 84.314km,且重心向西偏移的距离大于向北偏移的距离。

从方位角变化情况看,标准差椭圆方位角总是介于 62.702° - 79.126° 之间,表示每个时段新增建设用地呈现“西南-东北”方向分布格局。其方位角增大后减小,前一时期方位角增大说明“西南-东北”方向分布格局正在减弱,后一时期方位角减小表示上述分布格局逐渐加强。

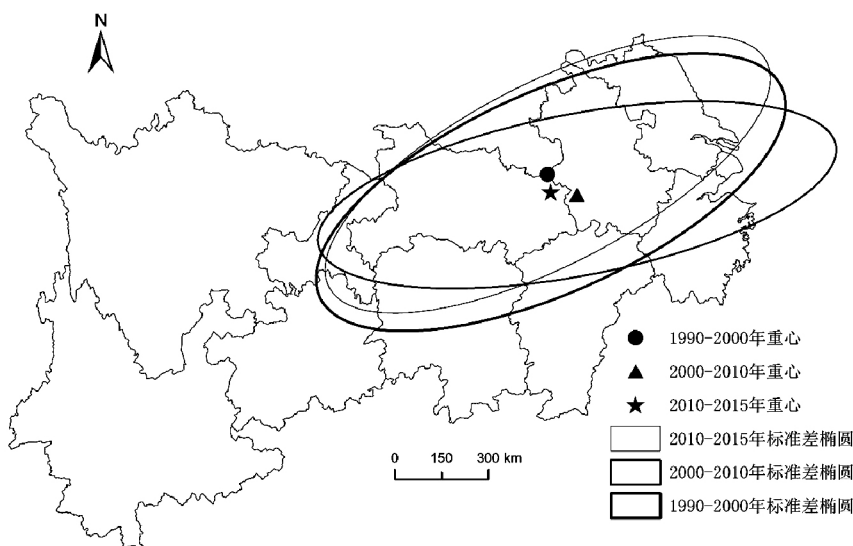


图 1 新增建设用地标准差椭圆及重心

4.2 生态系统服务价值时空演变分析

4.2.1 生态系统服务价值动态分析

根据区域内不同土地利用类型的面积和对应的生态系统服务价值系数,利用公式(2)计算得到 1990-2015 年鄱阳湖流域的生态系统服务价值及其变化情况(表 4)。1990 年、2000 年、2010 年、2015 年长江经济带生态系统服务价值总量分别为 37723.69 亿元、37681.00 亿元、37717.06 亿元、37613.06 亿元,呈现先减后增再减反复波动的态势,最终减少 110.63 亿元。从 1990 年到 2000 年,生态系统服务价值总量减少 0.11%,主要原因是耕地和林地等较高生态价值系数的地类减少,尽管水域的生态系统服务价值增加,但其面积占比较少,不足以影响整体变化趋势;2000-2010 年期间,林地和水域面积大幅增加,导致生态系统服务价值总量增加 36.06 亿元,而耕地和草地呈减少的趋势,但由于其变化幅度较小,对整体增加的趋势影响较小;2010-2015 年间,由于耕地和林地大幅度流失,生态系统服务价值总量减少 0.28%,而草地和未利用地面积则基本保持不变。在 1990 到 2015 年,尽管耕地面积一直持续减少,水域面积一直持续增加,但这些对整体变化趋势影响不大,主要原因是其面积百分比较小。林地面积大,生态价值系数高,主导着区域的整体变化趋势。

表 4 不同用地类型生态系统服务价值变化

土地利用类型		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	总计
ESV(亿元)	1990 年	5581.99	25721.41	3040.35	3371.29	0	8.65	37723.69
	2000 年	5522.88	25659.66	3062.37	3427.55	0	8.54	37681.00
	2010 年	5423.25	25703.31	3045.29	3536.63	0	8.58	37717.06
	2015 年	5356.57	25604.40	3039.43	3604.10	0	8.57	37613.06
百分比(%)	1990 年	14.80	68.18	8.06	8.94	0	0.02	100
	2000 年	14.66	68.10	8.13	9.10	0	0.02	100
	2010 年	14.38	68.15	8.07	9.38	0	0.02	100
	2015 年	14.24	68.07	8.08	9.58	0	0.02	100
变化率(%)	1990 - 2000 年	- 1.06	- 0.24	0.72	1.67	0	- 1.24	- 0.11
	2000 - 2010 年	- 1.80	0.17	- 0.56	3.18	0	0.42	0.10
	2010 - 2015 年	- 1.23	- 0.38	- 0.19	1.91	0	- 0.17	- 0.28
	1990 - 2015 年	- 4.04	- 0.45	- 0.03	6.91	0	- 0.99	- 0.29

从长江经济带各省(市)情况看(表 5),各地区的生态系统服务价值总量较为稳定,未出现较大的波动。四川省和云南省的生态系统服务价值最高,分别占整个区域的 20% 左右,这两个省行政区划面积大是主要因素;其次是湖南省、湖北省和江西省,分别占 12%、10% 和 9.9%,上海市的生态系统服务价值最低,仅有 60 亿元左右,约占总量的 0.16%。

表 5 不同地区生态系统服务价值变化

地区	1990 年		2000 年		2010 年		2015 年	
	EVS(亿元)	百分比(%)	EVS(亿元)	百分比(%)	EVS(亿元)	百分比(%)	EVS(亿元)	百分比(%)
上海	63.89	0.17	61.85	0.16	55.54	0.15	55.83	0.15
江苏	1377.69	3.65	1374.94	3.65	1368.27	3.63	1357.90	3.61
浙江	2181.84	5.78	2184.42	5.80	2167.54	5.75	2147.79	5.71
安徽	2094.67	5.55	2087.90	5.54	2083.13	5.52	2078.67	5.53
江西	3736.31	9.90	3741.01	9.93	3733.66	9.90	3711.84	9.87
湖北	3849.25	10.20	3861.68	10.25	3891.98	10.32	3877.68	10.31
湖南	4668.89	12.38	4674.59	12.41	4677.46	12.40	4660.03	12.39
重庆	1297.12	3.44	1310.93	3.48	1322.03	3.51	1313.92	3.49
四川	7559.51	20.04	7544.30	20.02	7547.68	20.01	7546.53	20.06
贵州	3309.62	8.77	3300.95	8.76	3326.85	8.82	3310.99	8.80
云南	7584.89	20.11	7538.44	20.01	7542.92	20.00	7551.89	20.08

从各省市单位面积生态系统服务价值量看,变化也相对稳定但内部差异较大。其中江西省和湖南省最高,分别达到 2.24 万元/公顷和 2.21 万元/公顷,这两省境内分别含有鄱阳湖、洞庭湖等高价值的土地利用类型,同时较高的森林覆盖率也是重要因素之一;四川省尽管生态系统服务价值总量高,但其行政面积较大且境内未利用地较多,导致单位面积生态系统服务价值量低下;上海市 2010 年之后单位面积生态系统服务价值不足 1 万元/公顷,在各省市中最低,因为上海地区经济发达,人类活动强烈,且以建设用地为主,生态空间极度被压缩。

4.2.2 生态系统服务价值空间分布格局

为了更加深入地研究长江经济带生态系统服务价值的空间分布特征,利用研究所用的栅格数据重采样的方法,将栅格单元转化为 1km × 1km,并将其转为点要素,共得到 20337 个点状要素,以每个样点来代替每个栅格的值,即该栅格的生态服务价值量,再对所有样点的生态系统服务价值进行克里金插值分析,得到长江经济带的生态系统服务价值空间分布格局(图 2)。

总体上看,1990 - 2015 年生态系统服务价值空间分布维持较好的稳定性,在洞庭湖、鄱阳湖、洪泽湖以及太湖小范围内的周边区生态系统服务价值要远远高于其他地区,其主要原因是这些地区蕴含丰富的水体资源,其生态价值系数较高,故同等面积下的生态系统服务价值更高。另外,在湖北和湖南西部、江西南部、浙江南部也同样出现一定范围的“深色”高值聚集区,其境内水体相对充足,林地覆盖度较高,所以生态系统服务价值一直居高。然而在成渝城市群、武汉城市圈、安徽北部以及江苏大部分地区出现明显低于其他区域的低值区,这些地区都是经济发达、人类活动频繁,土地类型以建设用地为主的地区,其高价值的生态用地缺乏,导致生态系统服务价值偏低。从空间分布来看,长江经济带生态系统服务价值出现明显的不均衡性。

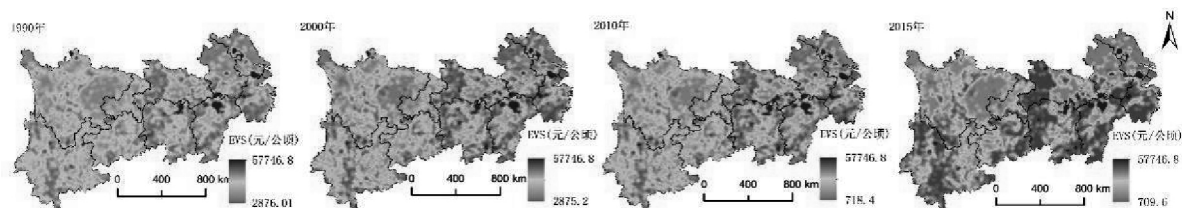


图2 1990-2015 年长江经济带生态系统服务价值空间分布格局

4.3 敏感性分析

根据上述介绍的敏感性指数的计算方法,将耕地、林地、草地等六大地类的生态价值系数分别上调 50%,即为原来的 1.5 倍。然后再利用调整之后的各土地利用类型的生态价值系数分别对长江经济带 1990 年、2000 年、2010 年和 2015 年生态系统服务价值进行重新评估,得到敏感性指数表(表 6)。从敏感性指数表可以看出,经过调整后的各土地利用类型生态系统服务价值的敏感性指数全都小于 1,意味着计算得到的鄱阳湖流域内的生态系统服务价值对生态系统服务价值系数是缺乏弹性的,准确度高,研究结果可信。其中林地的敏感性指数最高,在 0.68 左右,而敏感性指数最低的是未利用地和草地,都低于 0.1,表示其生态系统服务价值对生态系统服务价值系数的调整几乎没有弹性,即当它们的生态价值系数增加 1% 时,流域内生态服务价值几乎无变化。在这 25 年期间,水域的敏感性指数从 0.09 上升到 0.1,说明水域变化对长江经济带生态系统服务价值影响程度增加;耕地的敏感性指数从 0.15 下降到 0.14,说明耕地变化对长江经济带生态系统服务价值影响程度减弱。

表6 调整生态价值系数后生态系统服务价值(亿元)及敏感性指数

土地利用类型	1990 年		2000 年		2010 年		2015 年	
	EVS _j (亿元)	CS	EVS _j (亿元)	CS	EVS _j (亿元)	CS	EVS _j (亿元)	CS
耕地	40514.68	0.15	40442.44	0.15	40428.68	0.14	40291.35	0.14
林地	50584.39	0.68	50510.83	0.68	50568.71	0.68	50415.26	0.68
草地	39243.87	0.08	39212.18	0.08	39239.71	0.08	39132.78	0.08
水域	39409.33	0.09	39394.77	0.09	39485.38	0.09	39415.11	0.10
建设用地	37723.69	/	37681.00	/	37717.06	/	37613.06	/
未利用地	37728.01	0.00	37685.27	0.00	37721.35	0.00	37617.35	0.00

5 结论与讨论

5.1 结论

利用 1990 年、2000 年、2010 年和 2015 年四期长江经济带土地利用数据,采用土地利用转移概率矩阵、标准差椭圆和谢高地等修正 Costanza 方法,深入分析了长江经济带的土地利用分布格局和转移方向,定量计算了整体生态系统服务价值,并对其空间分布情况进行了深入研究。经过敏感性分析,表明长江经济带生态系统服务价值对价值系数是缺乏弹性的,研究结果可信。通过以上分析,可以得出以下结论:

长江经济带土地利用类型以林地、耕地为主,其次为草地、水域和建设用地,未利用地最少。从时间变化看,耕地持续减少,建设用地和水域持续增加,林地、草地和未利用地各有增减,总体保持相对稳定。从土地利用转移方向看,林地主要转化为耕地和建设用地,其主要由草地水域转入,未利用地则主要是水域和草地。三个时段的新增建设用地重心基本在安徽安庆市、六安市和湖北麻城市交界地区移动,标准差椭圆方位角介于 62.702°-79.126°之间,则新增建设用地呈现“西南-东北”方向分布格局。

1990 年、2000 年、2010 年、2015 年长江经济带生态系统服务价值总量分别为 37723.69 亿元、37681.00 亿元、37717.06 亿元、37613.06 亿元,呈现先减后增再减反复波动的态势,最终减少 110.63 亿元。林地面积大,生态价值系数较高,对生态系统服务价值贡献度最大,主导着区域内整体的变化趋势。从长江经济带各省(市)情况看,各地区的生态系统服务价值总量较为稳定,未出现较大的波动。四川省和云南省的生态系统服务价值最高,其次是湖南省、湖北省和江西省,上海市的生态系统服务价值最低;单位面积生态系统服务价值最高的省(市)是江西省和湖南省,其境内分别含有鄱阳湖、洞庭湖等高价值的土地利用类型和较高的森林覆盖率,上海市单位面积生态系统服务价值最低。从生态系统服务价值的空间分布格局来看,在洞庭湖、鄱阳湖、洪泽湖以及太湖及小范围内的周边区域生态系统服务价值要远远高于其他地区,另外在湖北和湖南西部、江西南部、浙江南部也同样出现一定范围高值聚集区;然而在成渝城市群、武汉城市圈、安徽北部以及江苏大部分地区出现明显低于其他区域的低值区,因此,长江经济带生态系统服务价值空间分布出现明显

的不均衡性。

5.2 讨论

对长江经济带土地利用及其生态系统服务价值总体布局、时间动态变化和空间分布格局分别进行了定量计算和详细分析,但是受研究者经验和知识水平等主观因素的限制,目前暂时未考虑不同区域带来的生态价值系数的差异性,忽视了城市建设用地提供的生态价值,对分析省(市)的土地利用和生态系统服务价值变化的因素也不尽完美,这也是今后研究的主要方向和目标。但是,此研究结果也具有一定的代表性,可作为近年来长江经济带生态与经济协调发展的重要参考。

参考文献:

- [1]白晓飞,陈焕伟.不同土地利用结构生态系统服务功能价值的变化研究[J].中国生态农业学报,2004,12.
- [2]Kaplan J O, Krumhardt K M, Zimmermann N E. The Effects of Land Use and Climate Change on the Carbon Cycle of Europe Over the Past 500 Years[J]. *Global Change Biology* 2012 (3).
- [3]徐羽,钟业喜,徐丽婷,等.1990年以来赣州都市区土地利用变化及其生态服务价值响应[R].2016中国新时期土地资源科学与新常态创新发展战略研讨会暨中国自然资源学会土地资源研究专业委员会30周年纪念会,中国沈阳,2016.
- [4]Daily G C. *Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystems* [M]. Washington, DC: Island Press, 1997.
- [5]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(5).
- [6]Costanza R, D'Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural Capital[J]. *Nature*, 1997.
- [7]Kreuter U P, Harris H G, Malock M D, Lacey R E. Change in Ecosystem Service Values in the San Antonio Area[J]. *Ecological Economics* 2001 (3).
- [8]HBJ Leemans, RSD Groot. *Millennium Ecosystem Assessment Board, Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment* [M]. Washington: Island Press, 2003.
- [9]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(2).
- [10]任平,洪步庭,马伟龙,等.基于IBIS模型的耕地生态价值估算——以成都崇州市为例[J].地理研究,2016(12).
- [11]曹先磊,刘高慧,张颖,等.城市生态系统休闲娱乐服务支付意愿及价值评估——以成都市温江区为例[J].生态学报,2017(9).
- [12]王慧.南京市土地利用景观格局变化及预测[D].南京:南京农业大学,2010.
- [13]孔凡斌,许正松,胡俊.经济增长、承接产业转移与环境污染的关系研究——基于江西省1989年~2012年统计数据的实证[J].经济经纬,2017(2).
- [14]陈修颖.长江经济带空间结构演化及重组[J].地理学报,2007(12).
- [15]刘纪远.国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究[J].遥感学报,1997(3).
- [16]徐岚,赵羿.利用马尔科夫过程预测东陵区土地利用格局的变化[J].应用生态学报,1993(3).
- [17]朱会义,李秀彬.关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J].地理学报,2003(5).
- [18]赵璐,赵作权,王伟.中国东部沿海地区经济空间格局变化[J].经济地理,2014(2).
- [19]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(8).
- [20]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(12).
- [21]吴松,安裕伦,马良瑞.城市化背景下喀斯特流域生态服务价值时空分异特征——以贵阳市南明河流域为例[J].长江流域资源与环境,2015(9).
- [22]马骏,马朋,李昌晓,等.基于土地利用的三峡库区(重庆段)生态系统服务价值时空变化[J].林业科学,2014(5).

(责任编辑:余小江)