

1990—2015 年长三角城市群土地利用转型与生态系统服务功能变化

史慧慧¹, 程久苗¹, 费罗成¹, 程建^{1,2}

(1. 安徽师范大学 地理与旅游学院, 安徽 芜湖 241002; 2. 中国农业大学 土地科学与技术学院, 北京 100193)

摘要: 基于 1990—2015 年多时序土地利用现状遥感监测数据, 分析了长三角城市群土地利用转型过程及其引起的生态系统服务功能变化。结果表明: 1990—2015 年, 耕地、林地和草地面积显著减少, 建设用地、水域和未利用地面积显著增加; 耕地—建设用地、耕地—林地之间的相互转化是长三角城市群土地利用转型主要模式; 生态系统服务价值空间上呈现南高北低分布格局, 时间上从 1990 年的 1 717.01 亿元减少到 2015 年的 1 682.67 亿元; 在生态系统二级服务功能中, 水文调节功能、美学景观功能持续增强, 其他二级服务功能有所减弱; 森林、农田、水体生态系统对各项生态服务价值贡献较大; 以耕地—建设用地、林地—耕地为主的土地利用转型模式是引起生态系统服务功能变化的主要动力。

关键词: 土地利用转型; 生态系统服务价值; 生态效应; 长三角城市群

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)01-0301-07

Land Use Transition and Changes of Ecosystem Service Function in Urban Agglomerations of the Yangtze River Delta from 1990 to 2015

SHI Huihui¹, CHENG Jiumiao¹, FEI Luocheng¹, CHENG Jian^{1,2}

(1. College of Geography and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241002, China;

2. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Based on the remote sensing monitoring data of land use from 1990 to 2015, we analyzed the process of land use transition and the changes of ecosystem service function in the urban agglomerations of Yangtze River Delta. The results indicated that during the period from 1990 to 2015, farmland, woodland and grassland significantly reduced, and construction land, water bodies and unused land increased significantly; the mutual transformations of farmland and construction land, farmland and woodland were the main patterns of land use transition in the urban agglomerations of Yangtze River Delta; with respect to the spatial distribution pattern of ecosystem service value, ecosystem service value was higher in the southern area than that in the northern area, and decreased from 171.701 billion yuan in 1990 to 168.267 billion yuan in 2015; in the two-level ecosystem service function, hydrological adjusting function and aesthetic landscape function continued to improve, while other two-level service functions diminished; forest, farmland and water ecosystem made great contribution to single ecosystem service value; the land use transitions of farmland-construction land and farmland-woodland were the main drivers of changes in ecosystem service function.

Keywords: land use transition; ecosystem service value; ecological effect; urban agglomerations of Yangtze River Delta

土地利用转型不仅改变地表自然景观,也是致使生态系统服务功能变化的重要动力^[1]。生态系统服务功能退化影响土地利用效率,威胁人类健康与生态

安全^[2]。中国城市化已进入高速发展的中期阶段,快速低密度的城市蔓延引致耕地数量锐减、生物多样性退化、环境污染等资源环境问题^[3]。有研究表明,未来

25 a, 中国城市化水平每提高 1%, 建设用地需求量将增加 3 459 km², 生态超载指数将增长至 5.68^[4]。因此, 在城市化高速发展的大背景下, 考察土地利用转型与生态系统服务功能变化具有重要意义。

定量评估生态系统服务价值已成为国际可持续发展研究的热点之一^[5], 是生态学、生态经济学、环境科学以及土地管理科学的交叉研究领域^[6]。20 世纪 70 年代以来, 国外学者已对生态系统服务及其价值进行了大量研究, 在相关理论、评价方法等方面取得了重要进展^[7-11]。1997 年 Costanza 等^[12]运用生态经济学方法量化生态系统服务价值, 提出各类生态系统服务价值系数, 为生态系统服务价值研究奠定了基础。我国众多学者在借鉴国外相关研究的基础上, 从不同尺度对各类生态系统服务价值进行了广泛研究。欧阳志云、谢高地、何浩等^[13-15]定量评估了中国生态系统服务价值; 刘桂林、赵志刚、刘永强、虎陈霞等^[16-19]以长三角地区、鄱阳湖、湖南省、嘉兴市为例分析了土地利用变化对生态系统服务价值的影响。已有研究详细阐述了土地利用与生态系统服务变化的理论关系, 构建起较为成熟的研究范式。然而, 随着自然—社会系统不断演化, 许多新的发展命题也逐渐凸显。

对于《全国国土规划纲要(2016—2030 年)》所确定的长江三角洲国土开发集聚区的土地利用转型及生态环境效应就是一个值得关注的问题。长三角城市群作为经济、人口密集的典型区, 城市建设无序蔓

延与生态系统功能退化等问题尤为突出。如何协调土地开发利用与生态保护的关系, 有效提升生态系统服务功能, 发挥土地利用综合效益已成为生态文明建设须直面的重大问题^[20]。本研究利用 1990—2015 年六期长三角城市群卫星遥感数据, 开展长三角城市群土地利用转型与生态系统服务价值研究, 以期为长三角城市群可持续发展提供理论参考, 并拓展国土开发集聚区这一特殊对象的生态系统服务研究。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区与数据来源

长三角城市群涉及三省一市(浙江省、江苏省、安徽省、上海市)共 26 个市, 位于北纬 32°34′—29°20′, 东经 115°46′—123°25′。长三角城市群是“一带一路”与长江经济带的重要交汇地带, 在中国国家现代化建设大局和全方位开放格局中具有举足轻重的战略地位。

土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心 1990—2015 年六期遥感影像解译数据, 栅格单元大小 1 km×1 km。社会经济统计数据来源于《上海统计年鉴》、《江苏统计年鉴》、《浙江统计年鉴》、《安徽统计年鉴》、《中国农产品价格调查年鉴》等。土地利用类型根据中国科学院土地利用覆盖分类体系分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地 6 个一级类以及 25 个二级类。生态系统类型分为农田生态系统、森林生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、水体生态系统、裸地生态系统和城镇生态系统^[21-22](表 1)。

表 1 生态系统分类体系

农田	森林	草地	湿地	水体	裸地	城镇
水田 旱地	有林地、灌木林、 疏林地、 其他林地	高、中、低 覆盖度草地	滩涂、滩地、 沼泽地	河渠、湖泊、 水库坑塘、 海洋	盐碱地、 裸土地、 裸岩石质地	城镇用地、 农村居民点、 其他建设用地

1.2 研究方法

研究选用土地利用变化幅度、土地利用转移矩阵、土地利用变化重要性指数^[23]等方法对土地利用结构变化进行分析, 同时借助 ArcGIS 叠置分析功能研究土地利用空间位置变化。土地利用变化幅度可以直观反映地类数量的变化趋势; 土地利用转移矩阵便于考察各地类间的数量转换特征; 土地利用变化重要性指数用于定量筛选土地利用转型的主要类型。

基于谢高地等^[24]提出的方法, 选取研究区 2015 年农田粮食单位面积产量与同期全国农田粮食单位面积产量的比值作为修订系数, 确定符合长三角城市群经济发展与用地特征的生态系统服务价值系数(表 2)。通过计算生态系统服务价值损益探讨生态系统

服务价值对土地利用转型的响应。生态系统服务价值与生态系统服务价值损益计算公式:

$$ESV = \sum(A_i \times VC_i)$$

$$ESV_f = \sum(A_i \times VC_{fi})$$

$$PL_{ij} = \sum(VC_j - VC_i) \times X_{ij}$$

式中: ESV , ESV_f 分别表示生态系统服务价值总量、第 f 项生态服务功能价值; A_i 表示生态系统类型 i 的面积; VC_i , VC_{fi} 分别表示第 i 类生态系统服务价值系数、第 i 类第 f 项生态服务功能价值系数。 PL_{ij} 表示研究初期第 i 类生态系统转化为研究末期第 j 类生态系统的生态服务价值损益; VC_j 表示第 j 类生态系统服务价值系数; X_{ij} 表示第 i 类生态系统转化为第 j 类生态系统的面积。

表 2 长三角城市群各类生态系统服务价值系数

一级类型	二级类型	森林	草地	农田	湿地	水体	裸地	城镇
供给服务	食物生产	167.47	218.21	507.48	182.70	268.96	10.15	0.00
	原材料生产	1512.30	182.70	197.92	121.79	177.62	20.29	0.00
	气体调节	2192.32	761.22	365.39	1223.03	258.82	30.45	0.00
调节服务	气候调节	2065.46	791.68	492.26	6876.40	1045.42	65.97	0.00
	水文调节	2075.61	771.37	390.77	6820.57	9525.46	35.53	0.00
	废物处理	872.87	669.88	705.40	7307.76	7536.13	131.95	0.00
支持服务	保持土壤	2040.08	1136.76	746.00	1009.89	208.07	86.28	0.00
	维持生物多样性	2288.75	949.00	517.63	1872.61	1740.66	202.99	0.00
文化服务	提供美学景观	1055.57	441.51	86.28	2380.10	2253.22	121.79	0.00
	合计	14270.43	5922.33	4009.13	27794.85	23014.36	705.40	0.00

2 土地利用转型分析

2.1 土地利用转型时空格局

1990—2015 年长三角城市群土地利用类型具有显著的时间变化特征(图 1)。从变化数量上看,主要表现为耕地、林地、草地面积的减少,减幅分别为 9.83%,0.77%,2.71%,以及水域、建设用地、未利用地面积的增加,增幅分别为 4.23%,87.81%,34.65%。其中,1990—2000 年耕地减速慢于其他时段,但是减少规模仍然巨大,净减少 857.00 km²;建设用地规模不断扩大,25 a 间净增加 11 168.07 km²,主要占用城镇周边耕地;1990—1995 年林地和草地面积均增加,1995 年以后单调减少;水域和未利用地先减少后增

加,1990—1995 年减幅分别为 0.59%,30.95%,未利用地的变化率很大,面积变化量却最少。

1990—2015 年长三角城市群各类用地之间交叉转化剧烈(表 3)。耕地转出 28.16%,主要向建设用地、林地和水域转移,分别转移了 16 800.86,9 333.34,4 664.80 km²,耕地流失主要集中发生在太湖流域。林地、水域、建设用地分别转出 23.09%,33.99%,64.05%,主要转为耕地,林地向耕地的转移主要发生在安徽省皖南山区、以及浙东和浙西的丘陵地区,水域向耕地的转移主要发生在长江、太湖、巢湖等河湖周围,建设用地向耕地的转移主要发生在巢湖流域、太湖流域。草地和未利用地主要向林地和耕地转移,耕地和林地也是草地和未利用地转入的主要来源。

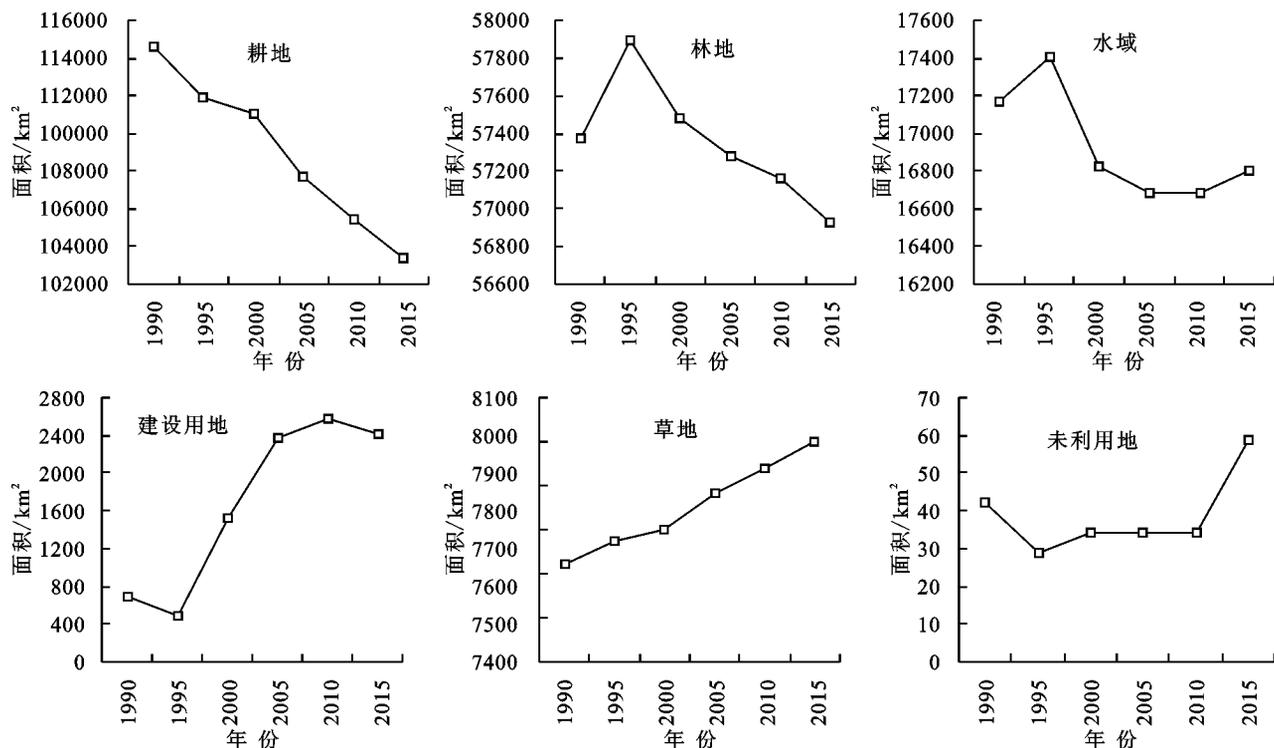


图 1 1990—2015 年长三角城市群各类用地面积及其变化

2.2 土地利用转型模式

耕地—建设用地、耕地—林地两两相互转化是土地利用转型重要类型,重要性指数累计 66.17%(表 4)。长三角城市群高速城市化吸引人口、资本快速集聚,建设用地以城区向郊区扩散的方式占用大量耕地,造成耕地流失 16 800.86 km²。1990—1995 年是城镇急剧扩张的初始期,新增建设用地高达 11 081.19 km²,尤以江苏

省扩展规模最大,占 44.84%。1990—2000 年,城镇扩建速度稍微放缓,但是苏南、皖中地区拓展速度仍然较快。2000 年以后,长三角城市群进入城市化新阶段,新增建设用地数量急剧上升。期间由于城乡建设用地增减挂钩政策,大量农村居民点用地被复垦为耕地,在安徽和江苏两省转化尤为活跃,分别转移了 2 542.99,2 503.23 km²。

表 3 1990—2015 年长三角城市群土地利用变化转移矩阵

土地利用 类型	2015 年						总计
	草地	建设用地	耕地	林地	水域	未利用地	
1990 年	3362.70	257.96	1539.32	2177.05	395.33	2.50	7734.86
建设用地	103.52	4572.69	6977.14	544.64	516.60	3.23	12717.82
耕地	1349.72	16800.86	82067.76	9333.34	4664.80	23.63	114240.11
林地	2365.45	1284.94	8813.96	43672.34	630.27	15.14	56782.10
水域	342.92	966.94	3605.51	598.31	10727.39	8.98	16250.05
未利用地	1.29	2.50	11.50	21.21	2.68	2.09	41.27
总计	7525.60	23885.89	103015.19	56346.89	16937.07	55.57	207766.21

耕地—林地互转主要发生在研究区南部,这与林地的地形分布相一致。由于地形条件,部分水利条件不好的山坡地等被改造为林地^[25],以及农业结构调整,粮食作物向经济作物转移^[26],1990—1995 年与 1990—2000 年分别有 9 413.66,7 692.25 km² 的耕地转为林地。同时毁林开垦现象普遍存在,1990—1995 年与 1990—2000 年分别有 8 784.02,8 009.45 km² 的林地转为耕地,主要发生在浙江省和安徽省。2000 年以后,耕地、林地等用地政策改变,两者互转极其平缓,仅有 73 km² 的耕地转为林地,以及 72 km² 的林地转为耕地,主要发生在浙江省。

成来看,森林、农田、水体生态系统是生态服务价值的主体,2015 年贡献率之和达到了 94.09%。

1990—1995 年,长三角城市群生态系统服务价值减少 5.35 亿元,变化率为 -0.31%。减少的原因主要是农田、湿地生态系统服务价值流失。1990—2000 年,长三角城市群生态系统服务价值增加 0.49 亿元,变化率为 0.03%,稳中略升。与 1990—1995 年相比,水体生态系统服务价值变化量由负值变为正值;农田生态系统服务价值减速有所变缓。2000—2015 年,长三角城市群生态系统服务价值变化率为 -1.72%。农田、湿地、森林、草地生态系统服务价值变化率均为负值;水体、裸地生态系统服务价值变化率分别为 4.75%,100.00%,尽管裸地生态系统服务价值变化率最大,但其对生态服务价值的贡献最小。

表 4 1990—2015 年长三角城市群土地利用变化重要性指数

土地利用变化类型	变化面积/km ²	重要性指数/%
耕地—建设用地	16800.86	26.52
建设用地—耕地	6977.14	11.01
耕地—林地	9333.34	14.73
林地—耕地	8813.96	13.91
耕地—水域	4664.80	7.36
水域—耕地	3605.51	5.69
以上累计	50195.61	79.22
其他类型	13165.60	20.78
合计	63361.21	100.00

3 生态系统服务价值分析

3.1 生态系统服务价值变化及分布

25 a 来长三角城市群生态系统服务价值总体上呈下降趋势,从 1990 年的 1 717.01 亿元减少至 2015 年的 1 682.67 亿元,下降了两个百分点(表 5)。从构

1990—2015 年长三角城市群生态系统服务价值变化并未引致空间格局的大变动,依然呈现南高北低的分布形态(图 2)。南部高生态系统服务价值区的分布形态与森林、草地的空间布局大致吻合。除了安庆市生态系统服务价值增加了 0.31 亿元,其他城市生态系统服务价值均有不同程度的损失。北部低生态系统服务价值区建设用地规模庞大,大量耕地被占用,故生态环境较差。其中太湖流域生态系统服务价值损失达到 12.12 亿元,占该区价值损失总量的 77.73%。低价值区减速慢于高价值区,主要是众多大型河湖集中在此,部分耕地退还为水域,而水体生态系统服务价值系数远大于农田,生态系统服务功能减弱速度得到缓解。

表 5 长三角城市群生态系统服务价值及其变化

生态系统类型		农田	森林	草地	湿地	水体	裸地	合计
1990 年	价值量/亿元	459.56	818.75	46.71	65.57	326.39	0.03	1717.01
	贡献率/%	26.77	47.68	2.72	3.82	19.01	0.00	100
1995 年	价值量/亿元	448.78	826.19	47.38	63.04	326.25	0.02	1711.66
	贡献率/%	26.22	48.27	2.77	3.68	19.06	0.00	100
2000 年	价值量/亿元	445.34	820.29	45.67	60.84	339.99	0.02	1712.15
	贡献率/%	26.01	47.91	2.67	3.55	19.86	0.00	100
2005 年	价值量/亿元	432.02	817.42	45.27	55.31	354.31	0.02	1704.35
	贡献率/%	25.35	47.96	2.66	3.25	20.78	0.00	100
2010 年	价值量/亿元	422.83	815.68	45.26	55.84	356.19	0.02	1695.82
	贡献率/%	24.93	48.10	2.67	3.29	21.01	0.00	100
2015 年	价值量/亿元	414.61	812.37	45.63	53.87	356.15	0.04	1682.67
	贡献率/%	24.64	48.28	2.71	3.20	21.17	0.00	100

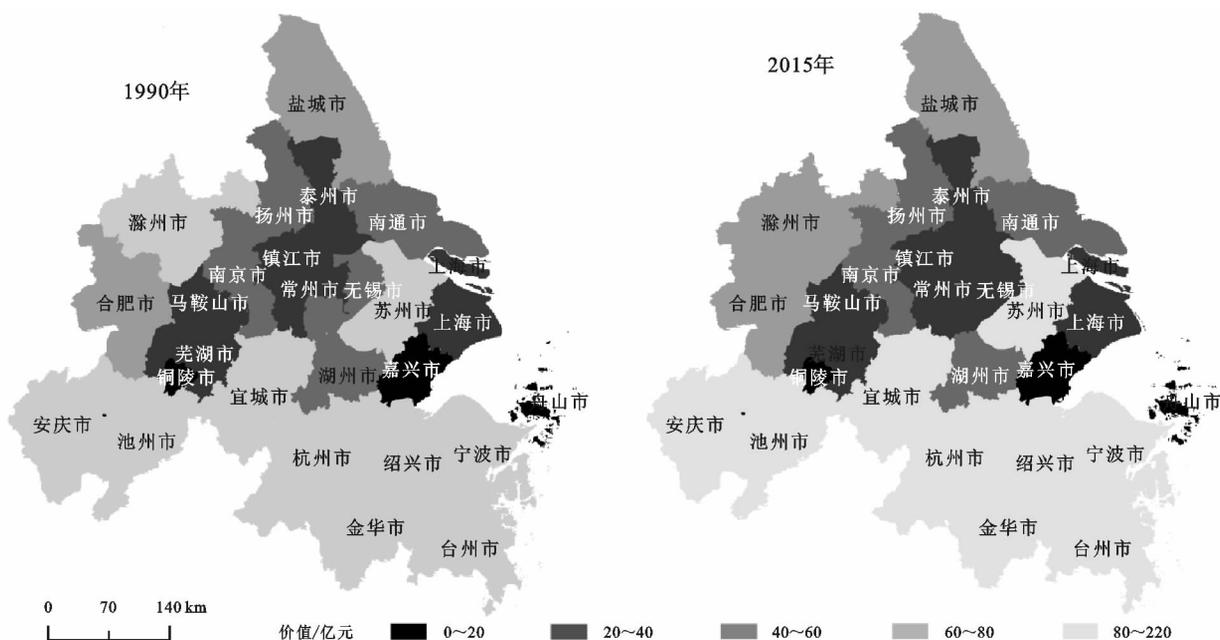


图 2 1990 年、2015 年长三角城市群生态系统服务价值空间分布

3.2 单项生态服务价值

在生态系统一级服务功能中,调节服务对生态系统服务价值贡献最大,2015 年贡献率为 57.21%;其次是支持服务,贡献率为 25.49%(表 6)。1990—2015 年,长三角城市群各类一级服务功能均呈减弱趋势,但其构成的二级服务功能变化又略有差异。水文调节、提供美学景观价值处于增加趋势,变化率分别为 1.25%,0.38%。其他二级服务价值处于减少趋势,原材料生产、废物处理、维持生物多样性的生态服务价值变化较慢,变化率分别为-2.42%,-0.67%,-2.44%;食物生产、气体调节、气候调节、保持土壤的生态服务价值变化较快,变化率分别为-7.51%,-3.00%,-3.84%,-4.45%。其中,农田、森林、水体生态系

统对各类单项生态服务价值贡献较大。

3.3 生态系统服务价值流向

各类生态系统相互转移对长三角城市群生态系统服务价值影响显著。1990—2015 年,长三角城市群生态系统服务价值净损失 34.34 亿元(表 7)。从各类生态系统相互转化过程看,森林、水体、湿地生态系统主要流向农田生态系统,引起生态服务价值损失 159.83 亿元,占全域损失总值的 51.96%。城镇生态系统流向其他生态系统,生态服务价值均会增加;其他生态系统流向城镇生态系统,生态服务价值均会减少。但是城镇生态系统占用其他地类远大于对其他地类的补充,引起生态服务价值净损失 61.35 亿元。农田生态系统向森林、水体、湿地生态系统的转移,引

起生态服务价值收益 188.78 亿元,占全域收益总值的 69.08%。从转移总量与结构上看,农田、城镇生态系统的

的大量转入及森林、水体生态系统的转出造成了研究区生态系统服务价值总量的降低。

表 6 1990—2015 年长三角城市群单项生态服务功能价值及其变化

亿元

一级类型	二级类型	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	1990—2015 年
供给服务	食物生产	73.75	72.48	72.05	70.45	69.29	68.21	-5.54
	原材料生产	113.70	113.97	113.22	112.33	111.71	110.95	-2.75
	小计	187.45	186.45	185.27	182.78	181.00	179.16	-8.29
调节服务	气体调节	180.23	180.36	178.98	177.19	176.13	174.83	-5.40
	气候调节	212.23	211.43	210.01	207.19	206.02	204.09	-8.14
	水文调节	321.14	320.58	324.32	327.12	326.88	325.14	4.00
	废物处理	260.34	258.27	261.03	261.70	260.73	258.59	-1.75
	小计	973.94	970.64	974.34	973.20	969.76	962.65	-11.29
支持服务	保持土壤	216.86	215.95	214.19	211.15	209.23	207.22	-9.64
	维持生物多样性	227.25	226.97	226.20	224.67	223.38	221.71	-5.54
	小计	444.11	442.92	440.39	435.82	432.61	428.93	-15.18
文化服务	提供美学景观	111.51	111.65	112.15	112.55	112.45	111.93	0.42
合计		1717.01	1711.66	1712.15	1704.35	1695.82	1682.67	-34.34

表 7 1990—2015 年长三角城市群生态系统服务价值流向损益

亿元

生态系统	类型	2015 年							1990 年合计
		草地	农田	城镇	森林	湿地	水体	裸地	
1990 年	草地	0.00	-2.95	-1.53	18.17	0.93	6.06	-0.01	20.67
	农田	2.58	0.00	-67.36	97.77	11.62	79.39	-0.08	123.92
	城镇	0.61	27.97	0.00	8.10	1.44	10.70	0.00	48.82
	森林	-19.75	-88.44	-18.34	0.00	0.82	4.98	-0.22	-120.95
	湿地	-1.46	-14.25	-3.98	-0.99	0.00	-2.77	0.00	-23.45
	水体	-4.72	-57.14	-18.96	-4.59	1.75	0.00	-0.09	-83.75
	裸地	0.01	0.04	0.00	0.29	0.01	0.05	0.00	0.40

4 结论

(1) 研究期间长三角城市群土地利用转型时空格局发生显著变化。耕地呈现“快速减少—缓慢减少—快速减少”的态势,主要转换为建设用地、林地、水域,太湖流域耕地减少最为剧烈。建设用地呈现“快速增加—缓慢增加—快速增加”的态势,主要来源于耕地、林地、水域。林地面积处于先增加后减少的趋势,主要转换为耕地,安徽省皖南山区、以及浙东和浙西的丘陵地区林地转化较为活跃。水域面积处于先减少后增加的趋势,主要来源于耕地。

(2) 研究期间长三角城市群生态系统服务价值总体上处于下降趋势。除了 1990—2000 年,长三角城市群生态系统服务价值略有提高,其他时段均有下降,尤其 2000 年以后,生态系统服务价值减少速度逐步加快。从空间分布特征看,生态系统服务价值呈现南高北低分布格局,高生态服务价值区主要分布在林

草地覆盖区,低生态服务价值区主要分布在建设用地密集区。在生态系统二级服务功能中,水文调节、提供美学景观功能增强,其他二级服务功能减弱。

(3) 地类面积变化对长三角城市群生态系统服务价值影响显著,耕地向建设用地转移及林地、水域向耕地转移是引起生态服务价值流失的主要类型。各类用地相互转化处于不平衡状态,高生态价值系数的生态系统向低生态价值系数的转移更为强烈,引起研究区生态系统服务价值流向为负。合理的土地利用结构与布局有助于增强生态系统服务功能,长三角城市群在开发过程中需要兼顾用地类型多样性,优化土地利用结构与布局,加强自然生态空间管护。

1990—2015 年长三角城市群土地利用转型与生态环境变化区域联系愈发紧密。通过探讨长三角城市群土地利用转型与生态系统服务功能变化可知,以耕地—建设用地、林地—耕地为主的土地利用转型模式是导致生态系统服务价值损失的主要驱动力,映射

出城镇、农业、生态空间结构矛盾凸显。长三角城市群土地利用与生态保护应在因地制宜的基础上优势互补、相互协调,促进城市群一体化发展。未来也可考虑构建区域城镇化与生态环境时空耦合动力学模型,深入探索城镇、农业、生态三者时空上的演化机理,为区域空间开发政策的制定提供理论依据,以期最终实现长三角城市群高度一体化与协同发展。

参考文献:

- [1] 房学宁,赵文武. 生态系统服务研究进展:2013年第11届国际生态大会(INTECOL Congress)会议述评[J]. 生态学报,2013,33(20):6736-6740.
- [2] 魏慧,赵文武,张骁,等. 基于土地利用变化的区域生态系统服务价值评价:以山东省德州市为例[J]. 生态学报,2017,37(11):3830-3839.
- [3] 郭葳,苏伟忠,陈伟肖,等. 基于自然生态单元的中国城乡建设用地空间格局特征分析[J]. 长江流域资源与环境,2017,26(7):1011-1021.
- [4] 方创琳,周成虎,顾朝林,等. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J]. 地理学报,2016,71(4):531-550.
- [5] 李全,李腾,杨明正,等. 基于梯度分析的武汉市生态系统服务价值时空分异特征[J]. 生态学报,2017,37(6):2118-2125.
- [6] 王丽群,张志强,李格,等. 北京边缘地区景观格局变化及对生态系统服务的影响评价:以牛栏山—马坡镇为例[J]. 生态学报,2018,8(3):1-10.
- [7] Holdren J P, Ehrlich P R. Human population and the global environment[J]. *American Scientist*, 1974, 62(3):282-292.
- [8] Daily G C. Nature's services; societal dependence on natural ecosystems[J]. *Pacific Conservation Biology*, 1997, 6(2):220-221.
- [9] Polasky S, Nelson E, Pennington D, et al. The impact of land-use change on ecosystem services, biodiversity and returns to landowners: A case study in the state of minnesota[J]. *Environmental & Resource Economics*, 2011, 48(2):219-242.
- [10] Luisetti T, Turner R K, Jickells T, et al. Coastal zone ecosystem services: From science to values and decision making[J]. *Science of the Total Environment*, 2014, 493(15):682-693.
- [11] Adekola O, Mitchell G, Grainger A. Inequality and ecosystem services: The value and social distribution of Niger Delta wetland services[J]. *Ecosystem Services*, 2015, 12:42-54.
- [12] Costanza R, D'Arge R, Groot R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387(1):3-15.
- [13] 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.
- [14] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学,2015,37(9):1740-1746.
- [15] 何浩,潘耀忠,朱文泉,等. 中国陆地生态系统服务价值测量[J]. 应用生态学报,2005,16(6):1122-1127.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 刘永强,廖柳文,龙花楼,等. 土地利用转型的生态系统服务价值效应分析:以湖南省为例[J]. 地理研究,2015,34(4):691-700.
- [19] 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.
- [20] 杨天荣,匡文慧,刘卫东,等. 基于生态安全格局的关中城市群生态空间结构优化布局[J]. 地理研究,2017,36(3):441-452.
- [21] 欧阳志云,张路,吴炳方,等. 基于遥感技术的全国生态系统分类体系[J]. 生态学报,2015,35(2):219-226.
- [22] 王静,王雯,祁元,等. 中国生态用地分类体系及其1996—2012年时空分布[J]. 地理研究,2017,36(3):453-470.
- [23] 罗娅,杨胜天,刘晓燕,等. 黄河河口镇—潼关区间1998—2010年土地利用变化特征[J]. 地理学报,2014,69(1):42-53.
- [24] 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.
- [25] 杨绍钦,季碧勇. 浙江省林地面积变化分析与预测[J]. 浙江林业科技,2014,34(5):43-47.
- [26] 赵哲远,马奇,华元春,等. 浙江省1996—2005年土地利用变化分析[J]. 中国土地科学,2009,23(11):55-60.