
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^{*1}

虎陈霞^{1,2} 郭旭东¹ 连纲³ 张忠明²

(1. 中国土地勘测规划院 国土资源部土地利用重点实验室, 北京 100035;

2. 中国计量大学 经济与管理学院, 浙江 杭州 310018;

3. 浙江省环境监测中心, 浙江 杭州 310012)

【摘要】: 基于浙江省嘉兴市 1979~2012 年的土地利用数据, 评估了各种土地利用类型的生态系统服务价值, 分析了 30 多年来嘉兴市土地生态系统服务价值的动态变化及其对土地利用变化和景观格局变化的响应。结果表明: (1) 1979~2012 年, 嘉兴市建设用地面积变化最大, 增加了 136.6%, 相应的耕地面积减少了 15.5%。(2) 1979~2012 年, 嘉兴市景观破碎度指数从 0.6531 上升到 0.8762, 随着城市化进程的加剧, 耕地景观破碎度指数不断增加、聚集度指数减小。(3) 1979~2012 年, 嘉兴市的总生态系统服务价值减少了 14.7%, 2000~2012 年嘉兴市总的生态系统服务价值减少尤为显著, 生态系统各单项服务价值整体也呈现下降趋势, 耕地为嘉兴市提供的生态系统服务占嘉兴市总生态系统服务的 70%以上。(4) 运用相关分析方法对嘉兴市土地利用类型和景观格局对土地生态系统服务价值的影响分析表明, 耕地和水域与生态服务价值呈正相关, 而建设用地和未利用地与生态服务价值呈负相关; 景观多样性指数 (SHDI) 和耕地破碎度指数与生态系统服务总价值呈显著负相关关系。

【关键词】: 土地利用; 景观格局; 生态系统服务价值; 嘉兴市

【中图分类号】: X171.1; F062 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2017)03-0333-08

¹ 收稿日期: 2016-08-10; 修回日期: 2016-11-30

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“农户生产行为对农业面源污染的影响及控制对策研究”(41401134) [National Natural Foundation for young scholar(41401134)]; 浙江省自然科学基金“苕溪流域环境友好型农业发展模式与绩效评价研究”(LY15G030026) [Natural Foundation of Zhejiang Province(LY15747030026)]

; 国土资源部土地利用重点实验室开放基金“土地利用类型的生态服务功能研究”(KLLU201605) [Foundation of China land Surveying and Planning institute(KLLU201605)]

作者简介: 虎陈霞(1979~), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为景观生态与区域农业可持续发展、农业面源污染和生态系统服务价值评估等. E-mail: hcx115@163.com

生态系统服务(Ecosystem services)是人类从生态系统中获得的各种惠益,包括有形的物质产品供给与无形的服务提供两方面,主要分为供给服务、调节服务和文化服务,以及维持其他类型服务所必须的支持服务,共4种类型^[1~4]。人类通过土地利用改变了地表自然景观,引起生态系统结构和功能发生变化,进而影响着生态系统所能提供的服务种类和强度。自1997年Costanza等^[1]对全球生态系统服务价值进行了评估,并提出了各种土地利用类型的生态服务价值系数。土地生态系统服务评估成为国际生态学、地理学和经济学等领域研究的热点和焦点^[5,6]。国内学者欧阳志云^[7]1999年对我国陆地生态系统服务功能的价值进行了初步估算。2001年谢高地等^[8,9]对中国的自然草地生态系统服务价值进行了研究与评估,并结合我国特色对Costanza的系数进行修正,得出中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表。此后国内许多学者针对城市、湿地、农田、流域等不同生态系统进行了生态服务价值的评估^[10~20]。

城市是人类土地利用最为强烈的区域,自然生态系统受到人类活动的改造最为强烈,对生态系统服务功能的影响也最为显著,因而城市土地利用方式的变化与生态系统的服务功能之间存在着密切的联系^[21~23]。我国正经历着前所未有的城市化进程,城市化率由1978年的17.9%上升至2010年的47.6%^[24],并且这种快速城市化进程在未来的几十年中还将继续发展,至2030年我国城市人口的比例将达到总人口的60%^[25]。有预测表明,至2035~2040年间,我国的城市化将达到70%的水平^[26]。长三角地区是我国经济最发达、人口最密集、城市化发展最快的地区,目前城镇化水平已达到70%左右,明显高于全国平均水平^[27]。快速的城市化在促进社会和经济快速发展的同时,也削弱了自然生态系统为城市提供的重要生态服务功能^[28]。嘉兴市作为长三角快速城市化地区之一,随着近年来社会经济的快速发展,所面临的资源环境压力也与日俱增。因此本文以嘉兴市为例,评估了30年来嘉兴市土地生态服务价值的变化规律,并定量的分析了土地利用变化和景观格局变化对土地生态服务价值的影响,以期对嘉兴市生态建设和土地可持续利用提供决策支持。

1 研究区概况

嘉兴市位于浙江省东北部、长江三角洲杭嘉湖平原腹地,东邻上海,西南连杭州,西与湖州接壤,北接苏州,南濒杭州湾,是长江三角洲重要城市之一。嘉兴市北部为太湖冲积平原,南部为钱塘江冲积平原,该市平原地势低平,海拔多在10 m以下,分布有少量海拔在200 m以下的孤丘和丘陵。平原被纵横交错的塘浦河渠所分割,形成“六田一水三分地”。2015年,嘉兴市GDP位居全国第50位浙江省第6位,人口密度880人/km²,是浙江省推进城乡一体化、构建和谐社会的先行之地。

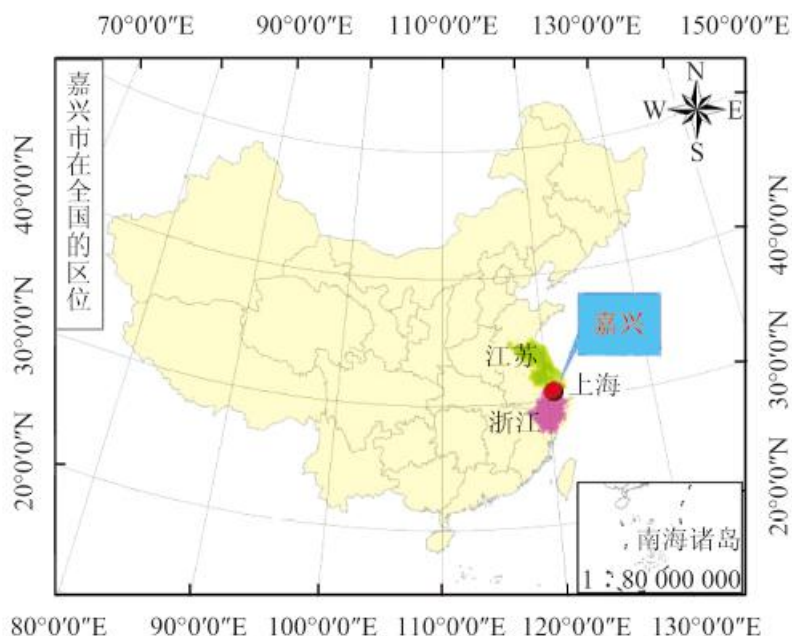


图1 嘉兴市区位图

Fig.1 Location of Jiading City

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

基于数据的可获取性和遥感数据的整体质量，本文采用了嘉兴市1979年、1984年、2000年、2010年和2012年Landsat TM/ETM数据影像，均拍摄于当年9月份，分辨率为30 m，结合实地调查数据获得土地利用数据^[29]，将土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、未利用土地及建设用地六大类。其中，建设用地包括城镇用地、农村居民点以及其他建筑用地等，未被纳入土地生态系统服务价值估算范畴。依据嘉兴市统计年鉴，收集2000~2012年农作物的总产量、种植面积、农作物价格等资料，整理后作为数据来源。

2.2 土地生态系统服务价值评估方法

本文依据Costanza^[12, 13]和谢高地等^[11]确定的生态服务价值系数，结合谢高地对中国陆地生态系统提出的价值当量换算方法，适当调整后确定了嘉兴市土地生态系统单位面积生态服务价值。生态系统服务价值当量因子是生态系统潜在服务价值的相对贡献率，考虑到没有人力投入的自然生态系统提供的经济价值是现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的1/7，因此本文将生态系统服务价值当量因子定为每年每公顷农作物产值的1/7。本文根据2000~2012年嘉兴市种植面积较大的农作物(包括粮食，油料，药材，蔬菜瓜类)的单位面积产值的1/7来计算土地生态系统服务价值当量，得到嘉兴市土地生态系统每个当量的生态服务价值为3 752.9元/hm²。参照谢高地^[11]构建的中国陆地生态系统服务价值当量因子表，将嘉兴市的各种土地类型与最接近的生态系统类型联系起来，其中耕地与农田对应，林地与森林对应，未利用地取荒漠的对应值，乘以单位当量生态服务价值，得出嘉兴市五种土地生态系

统单位面积的服务价值量(表 1)。

表 1 嘉兴市土地利用类型的生态系统服务价值系数表(元/hm²·a)

Tab.1 Average Value of Land Ecosystem Services in Jiaxing City

功能 \ 类型	林地	草地	耕地	水域	未利用土地	合计
气体调节	13 135.15	3 002.32	1 876.45	0	0	18 013.92
气候调节	10 132.83	3 377.61	3 340.081	1 726.33	0	18 576.86
水源涵养	12 009.28	3 002.32	2 251.74	76 484.10	112.59	93 860.03
土壤形成与保护	14 636.31	7 318.16	5 479.234	37.53	75.06	27 546.29
废物处理	4 916.29	4 916.29	6 154.76	68 227.72	37.53	84 252.61
生物多样性保护	12 234.45	4 090.66	2 664.56	9 344.72	1 275.99	29 610.38
食物生产	375.29	1 125.87	3 752.9	375.29	37.53	5 666.88
原材料	9 757.54	187.645	375.29	37.529	0	10 358.00
娱乐文化	4 803.71	150.12	37.53	16 287.59	37.53	21 316.47
合计	82 000.87	27 170.99	25 932.54	172 520.81	1 576.22	309 201.43

根据各类土地生态系统面积和单位面积价值，估算区域土地生态系统总的生态服务价值为：

$$V = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^9 A_i P_{ij} \quad (1)$$

式中：V 为区域土地生态系统服务总价值；A_i 为第 i 类土地生态系统的面积；P_{ij} 为 i 种土地生态系统 j 种服务功能的单位面积价值。

3 结果与分析

3.1 嘉兴市土地利用变化

基于 1979~2012 年嘉兴市土地利用数据得到 6 类土地类型面积变化趋势(表 2)。结果表明，从 1979~2000 年，嘉兴市建设用地略有增加，耕地略有减少，说明嘉兴市在 1979~2000 年间城市化进程缓慢。从 2000~2012 年，建设用地的增加幅度较大，占土地总面积的 11.95%，耕地减少幅度比较大，占总面积的 11.51%，表明自 2000 年以来，嘉兴市土地利用变化以耕地向建设用地转化为主，其他用地的变化幅度不大，说明嘉兴市在这一时期城市化进程较快。耕地是嘉兴市的主要生态服务用地，从近 30 年嘉兴市的土地利用变化来看，嘉兴市的生态服务用地不断减少。耕地面积 30 年内减少了 516.03 km²，减少的面积占嘉兴市总面积的 13.18%。耕地主要向生态功能较低的建设用地变更，建设用地以城区向郊区扩散的方式占用耕地。嘉兴市连年的高强度开发使得建设用地面积快速增加，30 年内增加了 535.46 km²。

表 2 1979~2012年嘉兴市各土地利用类型面积及其变化(km²)

Tab.2 Area Changes of Land Use in Jiaxing City from 1979 to 2012

类型		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	合计
年份	1979	3 322.25	33.13	7.42	160.15	391.94	0.11	3 915
	1984	3 311.44	34.16	7.2	149.75	412.45	0	3 915
	2000	3 256.91	38.81	5.81	153.8	459.56	0.11	3 915
	2010	2 842.67	40	8.12	142.46	881.45	0.31	3 915
	2012	2 806.22	39.68	8.08	135.32	927.4	0.31	3 915
年际变化幅度	1979~1984	-10.81	1.03	-0.22	-10.4	20.51	-0.11	
	1984~2000	-54.53	4.65	-1.39	4.05	47.11	0.11	
	2000~2010	-414.24	1.19	2.31	-11.34	421.89	0.2	
	2010~2012	-36.45	-0.32	-0.04	-7.14	45.95	0	
	合计	-516.03	6.55	0.66	-24.83	535.46	0.2	

3.2 嘉兴市土地利用景观格局变化

基于 1979~2012 年嘉兴市土地利用图, 利用 ArcGIS 和 Fragstats3.3, 计算了嘉兴市土地利用的景观破碎度指数、平均斑块面积指数和景观多样性指数以及林地和耕地的破碎度指数和聚集度指数^[29]。从近 30 年嘉兴市的景观格局可以看出(图 2), 景观破碎度指数从 1979 年的 0.6531 上升到了 2012 年的 0.8762, 表明嘉兴市生态系统中人类对景观的干扰程度变强, 易造成生物多样性丧失。在嘉兴市生态系统中, 生态功能较强的是林地生态系统和耕地生态系统, 从近 30 年的林地生态系统和耕地生态系统的变化中可以看出, 耕地生态系统破碎化指数不断增加、聚集度指数减小, 表明耕地生态系统趋于破碎化。

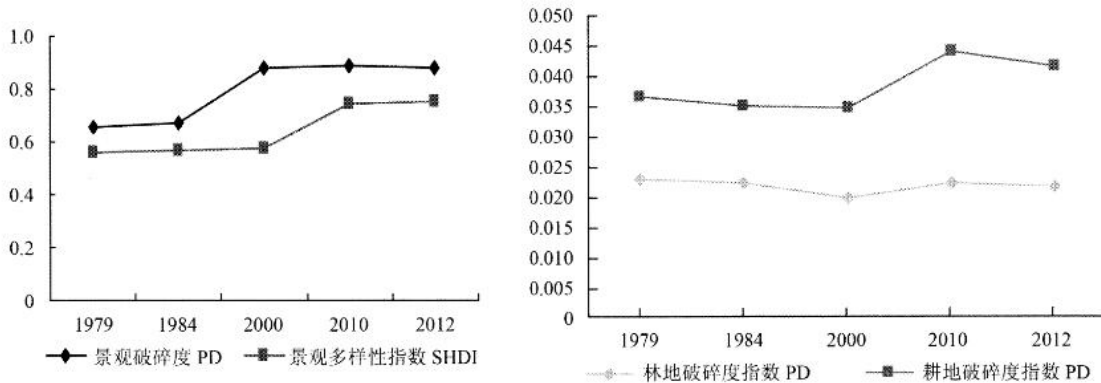


图 2 1979~2012年嘉兴市土地利用景观格局变化

Fig.2 Changes of Landscape Pattern in Jiaxing City from 1979 to 2012

3.3 嘉兴市土地生态系统服务价值变化

根据嘉兴市土地生态系统单位面积服务价值当量表和 1979~2012 年土地利用数据, 估算得到嘉兴市 1979~2012 年的土地生态系统服务价值。结果表明 1979~2012 年嘉兴市土地生态系统服务价值整体呈现逐年下降的趋势(表 3)。其中, 在 1979~2000 年间, 嘉兴市土地生态系统服务价值由 116.70 亿元降低至 2000 年的 114.33 亿元, 年均降低 218 万元。从 2000~2012 年, 嘉兴市城市化进程加速, 造成了生态用地的不合理转化, 服务价值较高的耕地转出, 而服务价值为负的建设用地增加, 导致了土地生态系统服务价值总体呈下降趋势, 从 2000 年的 114.33 亿元下降到 2012 年的 99.59 亿元, 年均减少 1.1 亿元。1979~2012 年, 嘉兴市土地生态系统服务价值的变化呈现出前期降低较缓慢, 而后期降低较快的趋势, 特别是近 10 年中生态系统服务价值减少显著。

从表 3 中可以看出嘉兴市生态系统服务的提供主体从大到小依次为：耕地>水体>林地>草地>荒漠。其中，耕地生态系统是嘉兴市生态系统服务的主要提供者，耕地为嘉兴市提供的生态服务占嘉兴市总生态服务的 70%以上。近 30 年间，耕地面积大幅下降，耕地面积减少了 516.03 km²，转变成不能提供生态服务的建设用地，因此造成嘉兴市生态服务功能持续下降。同时，在空间尺度上随着城市化进程的加快，城区面积不断扩张，城区周围的农田变为建筑用地，生态服务价值降低。水域是嘉兴市单位面积生态服务价值最高的土地利用类型，近 30 年间，水域面积逐渐减少，生态服务价值也逐渐降低。林地是嘉兴市单位面积生态服务功能较高的土地利用类型，近 30 年间，林地的面积上升了 6.55 km²，但与耕地面积的大幅减少相比，林地面积的上升仍不能改变嘉兴市生态服务功能持续下降的局面。

表 3 嘉兴市 1979~2012 年的土地生态系统服务价值

Tab.3 Changes of Ecosystem Service Value of Jiaxing City from 1979 to 2012

类型	年份	森林	草地	耕地	水体	荒漠	合计
生态服务价值 (亿元)	1979	2.72	0.20	86.15	27.63	0.000173	116.70
	1984	2.80	0.20	85.87	25.83	0.00	114.71
	2000	3.18	0.16	84.46	26.53	0.000173	114.33
	2010	3.28	0.22	73.72	24.58	0.000489	101.80
	2012	3.25	0.22	73.77	23.35	0.000489	99.59
排序		3	4	1	2	5	
所占比例(%)	1979	2.33	0.17	73.82	23.67	0.00	100
	1984	2.44	0.17	74.86	22.52	0.00	100
	2000	2.78	0.14	73.87	23.21	0.00	100
	2010	3.22	0.22	72.42	24.14	0.00	100
	2012	3.27	0.22	73.07	23.44	0.00	100

表 4 嘉兴市 1979~2012 年各项生态服务价值(亿元)

Tab.4 Changes of Ecosystem Service Value Structure in Jiaxing from 1979 to 2012

价值	类型	气体调节	气候调节	水源涵养	土壤形成与保护	废物处理	生物多样性保护	食物生产	原材料	娱乐文化	合计
		1979	6.69	11.73	20.15	18.75	31.57	10.78	12.55	1.58	2.89
	%	5.73	10.05	17.27	16.07	27.05	9.24%	10.75	1.35%	2.48%	100.00
1984	价值	6.68	11.69	19.34	18.7	30.8	10.67	12.5	1.58	2.73	114.71
	%	5.83	10.19	16.86	16.30	26.85	9.30	10.90	1.38	2.38	100.00
2000	价值	6.64	11.56	19.58	18.46	30.76	10.61	12.3	1.61	2.81	114.33
	%	5.81	10.11	17.13	16.15	26.90	9.28	10.76	1.41	2.46	100.00
2010	价值	5.88	10.17	17.8	16.23	27.45	9.43	10.75	1.46	2.62	101.8
	%	5.78	9.99	17.4	15.94	26.97	9.26	10.56	1.44	2.57	100.00
2012	价值	5.81	10.04	17.17	16.02	26.74	9.26	10.61	1.45	2.5	99.59
	%	5.84	10.08	17.24	16.09	26.85	9.30	10.65	1.45	2.51	100.00
	排序	7	5	2	3	1	6	4	9	8	

从 1979~2012 年嘉兴市土地生态系统服务功能的价值构成来看(表 4)，近 30 年嘉兴市不同土地利用类型的各项生态服务价值的次序没有显著变化，依次为：废物处理>水源涵养>土壤形成与保护>食物生产>气候调节>生物多样性保护>气体调节>娱乐文化>原材料。其中 2000~2012 年各项服务功能价值变化趋势较明显，主要表现在水源涵养功能由 19.58 亿元降低到 17.16 亿元，气候调节功能由 11.55 亿元降低到 10.03 亿元，土壤形成与保护功能由 18.46 亿元降低到 16.02 亿元，废物处理功能由 30.75 亿元降低到 26.73 亿元，食物生产功能由 12.30 亿元降低到 10.60 亿元，原材料功能由 16.07 亿元降低到 14.46 亿元，娱乐文化功能由 28.14 亿元降低到 25.01 亿元。其他服务功能的变化趋势不明显。2000~2012 年各项服务功能价值整体呈现下降趋势，主要原因是嘉兴市城市化进程加快，部分农田被转化成了建设用地；而 1984~2000 年各项服务功能价值的构成变化不明显。

3.4 嘉兴市土地利用和景观格局变化对土地生态服务价值的影响

已有研究表明土地利用类型和土地利用格局的变化影响生态系统的能量交换、水分循环、土壤侵蚀与堆积、生物地球化学循环等主要生态过程，从而对生态系统服务造成影响^[4, 18, 30]。通过对嘉兴市土地利用类型与景观格局指数的相关分析表明(表 5)，耕地面

积和水域面积与景观多样性指数(SHDI)呈显著负相关,表明嘉兴市的土地利用景观格局受耕地面积和水域面积变化的影响较显著。建设用地和未利用地面积与景观多样性指数和耕地破碎度指数呈显著正相关关系,表明随着嘉兴市城市化建设的加快,大量的耕地被转换为建设用地,耕地破碎化程度加剧,景观多样性指数呈现增加的趋势。

表 5 土地利用变化对景观格局变化的影响

Tab.5 Effects of Land Use Change on Landscape Pattern Change

类型	指数	景观		景观多		林地破		林地斑块		林地聚		耕地破碎		耕地斑块		耕地聚集	
		破碎度	斑块平均面积	多样性指数	破碎度指数	平均面积	集度指数	度指数	平均面积	集度指数	度指数	平均面积	集度指数	度指数	平均面积	集度指数	
耕地	-0.73	0.73	-0.999**	-0.024	-0.511	-0.59	-0.965**	0.785	0.995**								
林地	0.491	-0.477	0.486	-0.091	0.34	0.39	0.596	-0.306	-0.456								
草地	0.01	-0.009	0.711	0.742	-0.275	-0.182	0.61	-0.989**	-0.75								
水域	-0.635	0.643	-0.900**	0.027	-0.488	-0.542	-0.784	0.688	0.900**								
建设用地	0.725	-0.726	0.999**	0.026	0.508	0.586	0.960**	-0.786	-0.995**								
未利用地	0.736	-0.731	0.949*	0	0.508	0.589	0.965**	-0.726	-0.937**								

注: **在0.01水平上显著相关; *在0.05水平上显著相关。

表 6 土地利用变化对生态系统服务价值的影响

Tab.6 Effects of Land Use Change on Ecosystem Services Value

类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
文化服务	0.899*	-0.099	-0.638	0.998**	-0.907*	-0.73
供给服务	1.000**	-0.487	-0.698	0.905*	-1.000**	-0.950*
调节服务	0.932**	-0.386	-0.684	0.951*	-0.994**	-0.906*
支持服务	1.000**	-0.473	-0.699	0.912*	-1.000**	-0.945*
总价值	0.996**	-0.651	-0.651	0.938*	-0.999**	-0.921*

注: **在0.01水平上显著相关; *在0.05水平上显著相关。

对嘉兴市不同土地利用类型与土地生态系统服务价值进行相关分析表明(表 6),嘉兴市各类土地生态系统单元中,耕地、水域、建设用地和未利用地类型均与生态服务价值呈显著相关关系,其中,耕地和水域与生态服务价值呈正相关,而建设用地和未利用地与生态服务价值呈负相关。进一步将土地生态系统服务归为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务 4 种类型,分析了土地利用变化对嘉兴市 4 种生态系统服务价值的影响,结果表明耕地与供给服务和支持服务呈显著正相关关系,水域与文化服务和调节服务呈显著的正相关。由于嘉兴市林地和草地面积较小,加之近几年林地、草地和建设用地面积的增加基本由耕地转化而来,因此这几类用地类型与嘉兴市土地生态服务价值呈负相关关系。

表 7 景观格局变化对生态服务价值的影响

Tab.7 Influence of Landscape Pattern Change on Ecosystem Service Value

价值	指数	景观		景观多		林地破		林地斑块		林地聚		耕地破碎		耕地斑块		耕地聚集	
		破碎度	斑块平均面积	多样性指数	破碎度指数	平均面积	集度指数	度指数	平均面积	集度指数	度指数	平均面积	集度指数	度指数	平均面积	集度指数	
文化服务	-0.592	0.6	-0.896*	-0.028	-0.436	-0.492	-0.772	0.719	0.900*								
供给服务	-0.717	0.718	-1.000**	-0.041	-0.497	-0.576	-0.962**	0.795	0.996**								
调节服务	-0.707	0.709	-0.990**	-0.023	-0.503	-0.576	-0.929*	0.78	0.988**								
支持服务	-0.714	0.715	-0.999**	-0.041	-0.495	-0.574	-0.958*	0.796	0.996**								
总价值	-0.71	0.712	-0.995**	-0.03	-0.5	-0.576	-0.941*	0.787	0.992**								

注: **在0.01水平上显著相关; *在0.05水平上显著相关。

对嘉兴市近 30 年土地利用景观格局变化对生态服务价值的影响进行了相关分析(表 7),结果表明嘉兴市景观多样性指数和耕地破碎度指数与生态服务总价值呈显著负相关关系,说明作为嘉兴市生态系统服务主要提供者的耕地破碎度指数增高,使得景观多样性指数增加,反而导致土地生态服务总价值降低。耕地聚集度指数与生态服务价值呈显著正相关关系,其他景观格局指数与生态服务价值的关系均不显著。

4 结论与讨论

本文以长三角快速城市化地区浙江省嘉兴市为例，基于遥感数据获取的土地利用数据，估算了1979~2012年嘉兴市的生态系统服务价值，并从土地利用变化和景观格局等方面分析了城市土地生态系统生态服务价值的影响因素。

(2) 1979~2012年，由于人口增长、快速工业化及城市化，导致嘉兴市建设用地增加了136.6%，耕地和水域面积则减少，致使嘉兴市生态系统服务价值减少了14.7%。废物处理、水源涵养、土壤形成和保持成为嘉兴市主要的生态系统服务功能。同时，改革开放以来，随着嘉兴市工业化、城镇化的快速推进，经济总量不断扩大，嘉兴市污染物排放总量大大超出环境容量，生态赤字总量巨大。2005~2011年嘉兴市人均生态赤字为浙江省和全国平均水平的1.75倍。近年来，虽然环境治理和生态保护取得积极成效，但嘉兴市的水环境污染、大气复合污染、土壤重金属污染仍然十分严重。环境污染和城市化进程的加快，导致嘉兴市自然生态系统退化，降低了城市自然生态系统的环境承载力，加剧了资源环境供给和城市经济社会发展的矛盾。

(3) 土地利用类型和土地利用格局的变化对嘉兴市土地生态系统服务价值都具有较显著的影响，耕地和水域面积与土地生态服务价值呈正相关，而建设用地和未利用地面积与土地生态服务价值呈负相关；景观多样性指数(SHDI)和耕地破碎度指数与土地生态服务价值呈显著负相关关系。

(4) 本文将国内外评估生态系统服务价值的系数进行综合，以谢高地等提出的中国陆地生态系统服务价值当量为基础，结合研究区特点进行了调整，但对研究区生态系统服务价值进行的估算精确度仍有待提高。

参考文献:

[1] 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(6630): 253 - 260.

[2] DAILY G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. 4th ed. Washington, DC: Island Press, 1997.

[3] MA (Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and Human Well-Being[M]. 2nd ed. Washington, DC: Island Press, 2005.

[4] 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[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 441 - 446.

【FU B J, ZHANG L W. Land-use change and ecosystem services: concepts, methods and progress[J]. Progress in Geography, 2014, 33(4): 441 - 446. 】

[5] CHEN Z X, ZHANG X S. Value of ecosystem services in China[J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(10): 870 - 876.

[6] PEARCE D. Auditing the earth: the value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 1998, 40(2): 23 - 28.

[7] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 等. 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.

【OUYANG Z Y, WANG X K, MIAO H, et al. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values[J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(5): 607 - 613.】

[8] 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.

【XIE G D, ZHANG C X, ZHANG L M, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area[J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(8): 1243 - 1254.】

[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, 18(2): 189 - 196.

【XIE G D, LU C X, LENG Y F, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2):189 - 196.】

[10] 尹占娥, 田娜, 殷杰, 等. 基于遥感的上海市湿地资源与生态服务价值研究[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(6): 925 - 930.

【YIN Z E, TIAN N, YIN J, et al. Wetland resources and ecosystem service value using remote sensing in Shanghai[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(6): 925 - 930.】

[11] 张骞, 高明, 杨乐, 等. 1988 - 2013 年重庆市主城九区生态用地空间结构及其生态系统服务价值变化[J]. 生态学报, 2017, 37(2):566 - 575.

【ZHANG Q, GAO M, YANG L, et al. Changes in the spatial structure of ecological land and ecosystem service values in nine key districts of Chongqing City over the past 25 years[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(2): 566 - 575.】

[12] 张舟, 吴次芳, 谭荣. 生态系统服务价值在土地利用变化研究中的应用: 瓶颈和展望[J]. 应用生态学报, 2013, 24(2): 556 - 562.

【ZHANG Z, WU C F, TAN R. Application of ecosystem service value in land use change research: bottlenecks and prospects[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(2): 556 - 562.】

[13] 张立伟, 傅伯杰. 生态系统服务制图研究进展[J]. 生态学报, 2014, 34(2): 316 - 325.

【ZHANG L W, FU B J. The progress in ecosystem services mapping: a review[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(2): 316 - 325.】

[14] 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 -

【XIE G D, ZHEN L, LU C X, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China[J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5): 911 - 919.】

[15] 李文华. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用[M]. 北京:中国人民大学出版社, 2008.

[16] 赵小汎. 土地利用生态服务价值指标体系评估结果比较研究[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(1): 98 - 105.

【ZHAO X F. Comparison on evaluation result and index system of ecosystem service values based on land use[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(1): 98 - 105.】

[17] 王磊, 何冬梅, 江浩, 等. 江苏滨海湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 生态科学, 2016, 35(5): 169 - 175.

【WANG L, HE D M, JIANG H, et al. Evaluation of coastal wetland ecosystem services in Jiangsu Province[J]. Ecological Science, 2016, 35(5): 169 - 175.】

[18] FU B J, WANG S, SU C H, et al. Linking ecosystem processes and ecosystem services[J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2013, 5(1): 4 - 10.

[19] 顾泽贤, 赵筱青, 高翔宇, 等. 澜沧县景观格局变化及其生态系统服务价值评价[J]. 生态科学, 2016, 35(5): 143 - 153.

【GU Z X, ZHAO X Q, Gao X Y, et al. Change of landscape pattern and it's evaluation of ecosystem services values in Lancang County[J]. Ecological Science, 2016, 35(5): 143 - 153.】

[20] 胡和兵, 刘红玉, 郝敬峰, 等. 城市化流域生态系统服务价值时空分异特征及其对土地利用程度的响应[J]. 生态学报, 2013, 33(8): 2565 - 2576.

【HU H B, LIU H Y, HAO J F, et al. Spatio-temporal variation in the value of ecosystem services and its response to land use intensity in an urbanized watershed[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(8): 2565 - 2576.】

[21] 张凤太, 苏维词, 赵卫权. 基于土地利用/覆被变化的重庆城市生态系统服务价值研究[J]. 生态与农村环境学报, 2008, 24(3): 21 - 25, 50.

【ZHANG F T, SU W C, ZHAO W Q. Urban ecosystem service values based on land use change/cover (LUCC) in Chongqing[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2008, 24(3): 21 - 25, 50.】

[22] 段瑞娟, 郝晋珉, 王静. 土地利用结构与生态系统服务功能价值变化研究——以山西省大同市为例[J]. 生态经济, 2005(3): 60 - 62, 64.

[23] 李 锋, 叶亚平, 宋博文, 等. 城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例[J]. 生态学报, 2011, 31(19):5623 - 5631.

【LI F, YE Y P, SONG B W, et al. Spatial structure of urban ecological land and its dynamic development of ecosystem services: a case study in Changzhou City, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011,31(19): 5623 - 5631.】

[24] 方创琳. 中国城市化进程亚健康的反思与警示[J]. 现代城市研究, 2011(8): 4 - 11.

【FANG C L. The reflection on the sub-health of urbanization in China[J]. Modern Urban Research, 2011(8): 4 - 11.】

[25] CHEN J. Rapid urbanization in China: a real challenge to soil protection and food security[J]. CATENA, 2007, 69(1): 1 - 15.

[26] 刘新卫, 张定祥, 陈百明. 快速城镇化过程中的中国城镇土地利用特征[J]. 地理学报, 2008, 63(3): 301 - 310.

【LIU X W, ZHANG D X, CHEN B M. Characteristics of China' s town-level land use in rapid urbanization stage[J]. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(3): 301 - 310.】

[27] 阳文锐, 李锋, 王如松, 等. 城市土地利用的生态服务功效评价方法——以常州市为例[J]. 生态学报, 2013, 33(14): 4486 - 4494.

【YANG W R, LI F, WANG R S, et al. Eco-service efficiency assessment method of urban land use: a case study of Changzhou City,China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(14): 4486 - 4494.】

[28] 陈雯, 闫东升, 孙伟. 长江三角洲新型城镇化发展问题与态势的判断[J]. 地理研究, 2015, 34(3): 397 - 406.

【CHEN W, YAN D S, SUN W. Analyzing the patterns and processes of new urbanization development in the Yangtze River Delta[J].Geographical Research, 2015, 34(3): 397 - 406.】

[29] 环境保护部南京环境科学研究所, 中国环境科学研究院, 北京大学景观设计研究院, 等. 嘉兴市生态文明建设规划研究[R]. 2013.

[30] 傅伯杰. 生态系统服务与生态安全[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.

【FU B J. Ecosystem Service and Ecological Security[M]. Beijing,China: Higher Education Press, 2013.】