

土地利用变化对长江上游生态系统服务价值的影响

伍 星, 沈珍瑶^{*}, 刘瑞民, 官永伟

(北京师范大学环境学院 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100875)

摘 要: 该文以典型生态脆弱带——长江上游地区 1980、1990 和 2000 年的土地利用动态数据为基础, 参照中国陆地生态系统单位面积服务价值表, 结合敏感度分析, 探讨了土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响。结果表明, 1980—1990 年研究区林地、草地和湿地面积都有不同程度增长, 生态系统服务价值呈增加趋势; 但在 1990—2000 年间, 建设用地、耕地和未利用地面积大幅度增加, 且大多来源于林地和草地等地类的转化或退化, 使得整个研究期间内各项生态系统服务功能都出现不同程度的衰退。生态系统服务价值也从 1980 年的 11 119.16 亿元减少到 2000 年的 11 077.85 亿元, 净减少值为 41.31 亿元。该区域快速城市化和以经济利益为目的的发展模式给生态系统服务功能和可持续发展带来巨大压力, 这种生态环境急剧退化的趋势必须引起高度重视并进行有效控制。

关键词: 土地利用, 生态系统, 环境工程, 生态价值, 长江上游

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.08.043

中图分类号: F301.24, X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-8-0236-06

伍 星, 沈珍瑶, 刘瑞民, 等. 土地利用变化对长江上游生态系统服务价值的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 236—241.

Wu Xing, Shen Zhenyao, Liu Ruimin, et al. Effect of land use change on ecosystem services value of the upper reaches of the Yangtze River[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 236—241. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

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得到的生命支持产品和服务^[1]。地球生态系统不仅给人类提供了生活必需的生态产品, 还创造和维持了地球生命支持系统, 形成了人类生存所必须的环境条件^[2]。因此, 地球生态系统服务是人类生存与可持续发展的物质基础和基本条件。但随着近年来人类在盲目开发和利用自然生态系统过程中, 只片面强调其市场价值或直接使用价值, 而忽略了自然生态系统所具有的其他生态效用和生态价值, 使得人类赖以生存的各类生态系统退化严重。基于此, 生态系统服务的价值评估研究得到了高度关注, 并随着研究的深入, 已经开始由起初的静态研究转向对生态系统服务价值的相对变化研究^[3-7]。而作为全球环境变化研究的核心领域之一, 土地利用/覆被变化 (LUCC) 能通过改变生态系统的结构和功能, 对生态系统维持其服务功能起决定性作用^[1,8]。目前已有研究表明, 基于 GIS 和 RS 技术的土地利用变化分析可以为生态系统服务价值的评价研究提供很好的帮助^[5-6], 并且这种方法是可行和可靠的^[9]。另一方面, 由 LUCC 导致的

生态系统服务价值变化也可以作为一个反映 LUCC 环境效应的重要量化指标, 从而丰富 LUCC 综合生态环境效应的定量研究。因此, 研究 LUCC 背景下的区域生态系统服务价值变化具有重要的现实意义。

长江上游地处中国东西部政治、经济和文化的过渡及交汇区, 是长江流域和中国重要的水源涵养区和生态屏障。近几十年来, 区域经济的发展和宏观政策的制订驱动着该区土地利用结构的变化, 同时也造成了一系列的生态环境问题, 如非点源污染加剧、水土流失严重、自然灾害频发、生物多样性减少、土地质量下降等^[10-12], 这必将对长江上游地区的生态安全和可持续发展造成严重威胁。为此, 本文以遥感数据为基础, 通过定量评价土地利用变化及其引起的区域生态系统服务价值的变化情况, 为区域土地资源可持续利用和生态环境保护与建设提供决策支持。

1 研究区概况与研究方法

1.1 区域概况

长江上游指从长江源头至干流宜昌段, 长 4 511 km, 约占长江总长度的 70%; 流域面积 105.4 万 km², 占长江全流域面积的 58.9%, 涉及青、藏、云、贵、川、渝、陕、甘、鄂等 9 省、市、自治区; 人口 1.63 亿, 占长江流域的 40%左右, 是藏、羌、彝、苗和土家等少数民族的重要聚居区。长江上游地跨中国大地形的第一、第二级阶梯, 是世界屋脊——青藏高原的重要组成部分, 垂直海拔高度从 400~500 m 到 5 000 m 以上, 相对高差超过 4 000 m。研究区地貌类型复杂多样, 山地高原广阔, 平

收稿日期: 2008-07-07 修订日期: 2009-08-12

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划资助 (NCET-06-0130); 环保公益性行业科研专项项目 (200709024)

作者简介: 伍 星 (1982—), 男, 博士生, 主要从事水资源与水环境、土地利用/覆被变化等研究。北京 北京师范大学环境学院, 100875。

Email: yuntian112@gmail.com

^{*}通信作者: 沈珍瑶 (1967—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事流域水污染控制和水环境管理等研究。北京 北京师范大学环境学院, 100875。

Email: zyshen@bnu.edu.cn

地面积狭小, 拥有长江源区、横断山区、喀斯特景观区等特殊地貌类型, 山区和丘陵占总面积的 98% 左右。正是因为青藏高原的高海拔特征和长江上游辽阔的地域及其过渡性, 使长江上游地区成为规模宏大、具有全球意义的生态脆弱带和全球环境变化的敏感区。虽然目前该地区经济发展滞后, 经济总量在全国所占比重较小, 但长江上游特殊的自然环境和区位, 以及丰富的自然资源和生物多样性, 决定着其在长江流域和全国有着突出的生态战略地位。

1.2 土地利用/覆被数据来源与处理

研究区土地利用变化数据以中国资源与环境数据中心的全国 1:10 万土地利用数据库为基础, 利用 1980、1990 和 2000 年 3 个时期的 TM 遥感影像提取信息。根据土地资源的属性和利用属性, 将长江上游地区土地利用分为 6 个一级类型: 耕地、林地、草地、水域、城乡居民工矿用地 (建设用地) 和未利用地, 一级类型又进一步分为 25 个二级类和 8 个三级类^[13-15]。结合同期土地利用详查资料和典型区野外实地抽样调查, 对部分地区土地利用类型进行修正。为了便于土地利用变化的生态系统服务价值分析, 根据长江上游土地利用现状和土地资源特点, 在 25 个二级分类的基础上重新划分, 将研究区土地利用类型划分耕地、林地、草地、水域、湿地、建设用地和未利用地等 7 个类型, 其中湿地面积是二级分类中各种沼泽地、滩涂和滩地面积的总和, 比一般意义的湿地范围要窄。

1.3 生态系统服务价值评价方法

不同类型的生态系统在维持区域生态安全中发挥着不同的生态系统服务功能。虽然人类从 20 世纪 70 年代就开始了生态系统服务及其价值的研究, 但直到 1997 年 Costanza 等人的研究^[1]才使得生态系统服务价值评估的原理及方法从科学意义上得以明确, 并将生态系统服务研究推向生态经济学研究的前沿。尽管 Costanza 等人的研究因为对某些生态系统的价值考虑不全面, 且对某些生态系统单位面积的价值估计过高或过低, 而受到国内外学者广泛的讨论和许多批评^[2,16-19], 但该方法体系仍是迄今为止应用最为广泛的方法。最近国内学者谢高地等在 Costanza 等提出的评价模型基础上, 根据中国的实际情况, 对国内生态学者进行问卷调查, 制定了中国陆地生态系统单位面积生态服务价值表^[19]。考虑到长江上游地区的具体情况, 本文在采用谢高地的生态服务价值表的同时, 将研究区的土地利用类型与该表划分的生态系统进行对照 (见表 1), 并应用 Costanza 等人的计算公式来分析研究区的生态系统服务价值变化。

$$ESV = \sum A_k \times VC_k \quad (1)$$

$$ESV_f = \sum A_k \times VC_{fk} \quad (2)$$

式中: ESV ——生态系统服务价值, 元; A_k ——土地利用类型 k 的分布面积, hm^2 ; VC_k ——该类型土地单位面积的生态价值系数, 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; ESV_f ——生态系统单项服务功能价值, 元; VC_{fk} ——单项服务功能价值系数,

元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

表 1 中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值

Table 1 Ecosystem services value unit area for different types of terrestrial ecosystems in China

	元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$					
土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	湿地	未利用地
对应的生态系统	农田	森林	草地	水体	湿地	荒漠
气体调节	442.4	3 097	707.9	0	1 592.7	0
气候调节	787.5	2 389.1	796.4	407	15 130.9	0
水源涵养	530.9	2 831.5	707.9	18 033.2	13 715.2	26.5
土壤形成与保护	1 291.9	3 450.9	1725.5	8.8	1513.1	17.7
废物处理	1 451.2	1 159.2	1159.2	16 086.6	16 086.6	8.8
生物多样性保护	628.2	2 884.6	964.5	2 203.3	2 212.2	300.8
食物生产	884.9	88.5	265.5	88.5	265.5	8.8
原材料	88.5	2 300.6	44.2	8.8	61.9	0
娱乐文化	8.8	1 132.6	35.4	3 840.2	4 910.9	8.8
合 计	6 114.3	19 334	6406.5	40 676.4	55 489	371.4

1.4 敏感性分析方法

为了验证以上生态系统类型对于各种土地覆被类型的代表性以及选用生态价值系数的准确性, 引入敏感性指数 (CS)^[4,7]来反映生态系统服务价值对生态价值系数的依赖程度。计算方法如下:

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

式中: CS ——敏感性指数; CR ——生态价值变化函数; i 和 j ——初始价值和生态价值系数调整后的价值。当 $CS < 1$, 表明生态系统服务价值对于生态价值系数是缺乏弹性的, 当 $CS > 1$, 表明生态系统服务价值对于生态价值系数是富有弹性的, 比值越大, 表明生态价值系数的准确性越关键。

2 结果与分析

2.1 土地利用状况的变化

长江上游地区 20 a 来土地利用发生较大的变化 (表 2), 主要表现为草地和建设用地面积快速增加, 而耕地、林地、水域、湿地和未利用地面积不同程度减少。其中草地面积从 1980 年的 $354.67 \times 10^3 \text{ km}^2$ 增加到 2000 年的 $356.35 \times 10^3 \text{ km}^2$, 增加了 $1.68 \times 10^3 \text{ km}^2$, 年均变化率为 0.024%。在前 10 a 间, 草地面积增加了 4.00%, 而在随后的 10 a 里锐减 $12.5 \times 10^3 \text{ km}^2$, 年均减少 0.34%, 这一方面由于期间大量耕地的开垦占用草地, 另外人类不合理的开发活动也使得部分草地退化为未利用地。虽然国家对“大三线建设”和“备战”思想期间国家经济建设重点西移后遗留下的问题进行重要调整, 使得前 10 a 长江上游建设用地小幅减小, 但在随后 10 a 里建设用地面积猛增 $2.45 \times 10^3 \text{ km}^2$, 增幅达 90.74%, 在 20 a 间, 建设用地也是增长最快的土地利用类型, 年均增加 1.116%。

林地和湿地呈现先增加后减少的趋势, 在前 10 a 间, 分别增加了 0.57% 和 3.91%, 但在随后的 10 a 里分别剧减

0.97%和 4.90%，使得最终 20 a 里仍分别减少 $1.37 \times 10^3 \text{ km}^2$ 和 $0.13 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。耕地在前 10 a 减少 1.78%，这与 20 世纪 80 年代中期部分地区在粮食比较宽裕的时期积极推动退耕还林（草）工作和 1988 年“长治”工程的开展有关，如贵州省在 1984、1985 两年就完成了 7.3 万 hm^2 陡坡耕地的退耕还林。但由于相关政策不配套，导致部分退耕地又重新返耕，加上人口的压力和经济增长的驱动，耕地在后 10 a 里增加明显。水域和未利用地的变化幅度也较大，前 10 a 分别减少 15.7%和 19.34%，后期则分别增加 13.88%和 23.88%，但整个研究期间面积变化不大。

表 2 长江上游地区土地利用类型面积及其变化（1980–2000）
Table 2 Area and their changes for different land use types in the upper reaches of Yangtze River from 1980 to 2000

土地利用/ 覆被类型	各年总面积/(10^3 km^2)			变化面积/(10^3 km^2)			变化率/%			
	1980 年	1990 年	2000 年	1980–1990	1990–2000	1980–2000	1980–1990	1990–2000	1980–2000	年均变化率
耕地	219.91	216.00	219.17	-3.91	3.17	-0.74	-1.78	1.47	-0.34	-0.017
林地	337.70	339.63	336.33	1.93	-3.30	-1.37	0.57	-0.97	-0.41	-0.020
草地	354.67	368.85	356.35	14.18	-12.5	1.68	4.00	-3.39	0.47	0.024
水域	8.46	7.13	8.12	-1.33	0.99	-0.34	-15.7	13.88	-4.02	-0.201
湿地	11.00	11.43	10.87	0.43	-0.56	-0.13	3.91	-4.90	-1.18	-0.059
建设用地	4.21	2.70	5.15	-1.51	2.45	0.94	-35.86	90.74	22.33	1.116
未利用地	50.56	40.78	50.52	-9.78	9.74	-0.04	-19.34	23.88	-0.08	-0.004

2.2 生态系统的服务价值和单项服务功能价值变化

长江上游各类生态系统服务价值及其变化如表 3 所示。20 年来该区生态系统服务价值呈现先增加后快速减少的趋势：先从 1980 年的 11 119.16 亿元增加到 1990 年的 11 189.54 亿元，而 2000 年则减少至 11 077.85 亿元，20 年净损失达 41.31 亿元。从各生态系统服务价值的比例构成来看，林地和草地的价值占总价值的 80%左右，可见林地和草地对本区域的生态安全有着非常重要的意义。而这两种地类在 20 世纪 90 年代末出现迅速减少，

造成的生态价值损失分别达到 63.80 亿元和 80.08 亿元，这不仅造成该区生态环境恶化、自然灾害频发，也严重阻碍了当地的经济的发展。长江上游地区水域和湿地的面积虽不到 2%，但两者生态系统价值总量之和占到总价值的 10%左右，虽然 10 a 水域的增长在一定程度上弥补了同期由于湿地减少造成的损失，但在 20 a 间这两种地类的生态价值损失仍达到 20 多亿元。耕地和未利用地在研究期间波动较大，但由于单位面积生态价值相对较低，对长江上游生态系统总值影响不大。

表 3 长江上游地区生态系统服务价值变化（1980–2000）
Table 3 Changes of ecosystem services value in the upper reaches of Yangtze River from 1980 to 2000

土地利用/ 覆被类型	单位面积 生态价值 /(元·($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$) $^{-1}$)	1980 年			1990 年			2000 年			生态价值变化/(10^8 元)		
		ESV	A/%	V/%	ESV	A/%	V/%	ESV	A/%	V/%	1980– 1990	1990– 2000	1980– 2000
耕地	6 114.3	1 344.60	22.29	12.09	1 320.69	21.90	11.80	1 340.07	22.22	12.10	-23.91	19.38	-4.52
林地	19 334.0	6 529.09	34.23	58.72	6 566.41	34.43	58.68	6 502.60	34.09	58.70	37.31	-63.80	-26.49
草地	6 406.5	2 272.19	35.95	20.43	2 363.04	37.39	21.12	2 282.96	36.12	20.61	90.84	-80.08	10.76
水域	40 676.4	344.12	0.86	3.09	290.02	0.72	2.59	330.29	0.82	2.98	-54.10	40.27	-13.83
湿地	55 489.0	610.38	1.12	5.49	634.24	1.16	5.67	603.17	1.10	5.44	23.86	-31.07	-7.21
未利用地	371.4	18.78	5.13	0.17	15.15	4.13	0.14	18.76	5.12	0.17	-3.63	3.62	-0.01
总和	–	11 119.16	99.57	100	11 189.54	99.73	100	11 077.85	99.48	100	70.38	-111.69	-41.31

注：因建设用地的生态服务价值系数为 0，未在表中列出；ESV——生态系统服务价值， 10^8 元/a；A——面积比例，%；V——价值比例，%。

从生态系统各单项服务功能的价值量看（表 4），长江上游生态系统主要的服务功能为土壤形成与保护、水源涵养以及生物多样性保护等，三者价值之和占总价值的一半左右，这也充分说明该地区是中国生态安全极为重要的核心区域。虽然前 10 a 土壤形成与保护、气候调节和气体调节等功能的价值增长明显，但由于后 10 a 里所有生态系统服务功能价值都大幅下降，导致整个研究期间内全部生态系统服务功能价值都出现不同程度的减少，其中以水源涵养、废物处理、气候调节和生物多样

性保护减少较多，充分体现了研究区生态环境严重退化和生物多样性衰退，如果这种趋势得不到有效控制，对于构筑长江流域乃至全国的生态屏障是极其不利的。其原因主要由于过度开垦、乱砍滥伐和超载放牧等人类活动的胁迫作用，使得草地和林地面积不断减少，其结构和功能受到严重破坏，从而造成生物多样性衰退和沙漠化、盐碱化等土地退化现象。另外气候干旱和不合理的土地利用，水域、湿地面积不断萎缩对水源涵养功能影响也较大。

表 4 长江上游地区各项生态系统服务功能的价值变化（1980–2000）

Table 4 Ecosystem services value changes for different functions in the upper reaches of Yangtze River from 1980 to 2000

功能类型	1980年		1990年		2000年		价值量变化（10 ⁸ 元）		
	价值量 /（10 ⁸ 元）	比例 /%	价值量 /（10 ⁸ 元）	比例 /%	价值量 /（10 ⁸ 元）	比例 /%	1980—1990	1990—2000	1980— 2000
气体调节	1 411.74	12.70	1 426.71	12.75	1 408.15	12.71	14.97	-18.56	-3.59
气候调节	1 432.32	12.88	1 451.11	12.97	1 427.70	12.89	18.79	-23.41	-4.62
水源涵养	1 628.79	14.65	1 623.87	14.51	1 617.79	14.60	-4.92	-6.08	-11
土壤形成与保护	2 079.07	18.70	2 105.61	18.82	2 076.08	18.74	26.54	-29.53	-2.99
废物处理	1 435.22	12.91	1 433.66	12.81	1 426.94	12.88	-1.56	-6.72	-8.28
生物多样性保护	1 512.54	13.60	1 524.41	13.62	1 508.69	13.62	11.87	-15.72	-3.85
食物生产	322.76	2.90	323.15	2.89	322.37	2.91	0.39	-0.78	-0.39
原材料	812.81	7.31	817.54	7.31	809.65	7.31	4.73	-7.89	-3.16
娱乐文化	483.92	4.35	483.49	4.32	480.48	4.34	-0.43	-3.01	-3.44
合 计	11 119.16	100	11 189.54	100	11 077.85	100	70.38	-111.69	-41.31

2.3 生态系统服务的敏感度分析

根据式（3），本文将各土地利用类型的生态价值系数分别上下调整了 50%，计算出研究区 1980、1990 和 2000 年各种土地利用类型的敏感性指数（图 1）。分析表明，各种情况下价值系数的敏感性指数都小于 1，且各年份之间差别不大。其中，林地的敏感性指数最高，为 0.58~0.59，说明当林地的生态价值系数增加 1%时，生态系统服务总价值将增加 0.58%~0.59%。这表明，研究区总的生态系统服务价值是缺乏弹性的，并且相对于价值系数来说是相对稳定的。因此本文所选用的价值系数适用于该研究区。

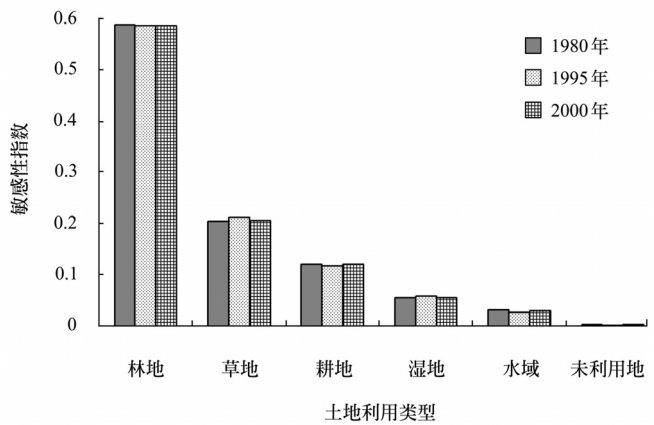


图 1 生态系统服务价值敏感性指数变化（1980–2000）
Fig.1 Changes of coefficients of sensitivity of ecosystem services value from 1980 to 2000

目前，这种通过生态价值的变化来反映生态系统服务价值的变化状况的敏感度分析方法已经相对成熟，并得到学术界的普遍认可。虽然国内部分学者开始尝试从其他角度构建新的指数或方法来评价生态系统服务的敏感度，但在指数或方法的构建上尚缺乏对新建指数物理意义和实用性的探讨。例如喻建华等^[20]构建了价值变化率函数（CR），以反映某种土地利用类型面积变化对生态系统服务价值总值的影响程度。但经分析表明，各种土地类型 CR 值之比实际等于各种土地类型单价的比值，造

成单价高的土地类型的 CR 值较高，而单价低的土地类型的 CR 值较低，因此并没有达到构建该指数的初衷。而从土地利用类型面积变化角度对生态系统服务价值总量进行分析具有很高的实用价值，特别是借助马尔科夫模型等预测方法，能给区域的土地利用规划提供科学依据和指导性意见。因此，这将是生态系统服务价值研究的重点之一。

3 结论与讨论

1) 本文根据长江上游 1980、1990 和 2000 年 3 期土地利用数据，在分析土地利用变化的基础上，应用谢高地等在 Costanza 等提出的评价模型基础上确定的适合中国实际的生态系统服务价值系数，估算了由土地利用变化对长江上游总生态系统服务价值的影响。为了考察各土地类型生态价值系数的合理性，本文通过敏感性指数来反映生态系统服务价值对生态价值系数的依赖程度，结果表明，所选用的生态价值系数是比较合理的。

2) 研究区近 20 a 来草地和建设用地面积有所增加，其余类型面积减少。剧烈的土地利用变化严重损害了长江上游地区生态系统的服务功能，生态服务价值损失了 41.31 亿元。在前 10 a，由于林地、草地和湿地等的面积增加，使得研究区生态系统服务功能有所提高，特别是土壤形成与保护、气候调节和气体调节等功能的价值增长明显。但在后 10 a 里，研究区林地和草地等面积锐减，导致生态服务价值大幅下降。由于研究区对整个长江流域乃至全国的生态安全有着重要意义，因此这种生态环境急剧退化的趋势必须引起高度重视并进行有效控制。

虽然本文选择了更适合中国国情的生态系统服务价值系数进行估算，但由于该系数的大小不仅与生态系统的种类、结构等因素有关，而且与生态系统所处空间地理的位置以及生态系统演替的阶段也密切相关，因此应针对不同研究区生态系统的特点及其功能制定适合该区特点的生态服务价值系数。尽管目前已经开始利用 GIS 和 RS 等技术获取土地利用变化来评价生态系统服务价值的区域差异性，但其中生态系统类型的划分易受土地

利用分类系统的限制, 从而影响生态服务价值的深入研究。另外, 现有的研究比较注重对已往的数据进行分析, 而对生态系统服务价值变化的驱动和反馈机制的研究尚不足, 并且缺乏从生态服务价值的角度对未来区域土地利用规划的探讨。

[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: 253—260.
- [2] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其经济价值评价[J]. *应用生态学报*, 1999, 10(5): 635—640.
Ouyang Zhiyun, Wang Rusong, Zhao Jingzhu. Ecosystem services and their economic valuation[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(5): 635—640. (in Chinese with English abstract)
- [3] Daily G C. Natural service: Social dependence on nature ecosystem[M]. Washington: Island Press, 1997.
- [4] 王宗明, 张柏, 张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究[J]. *自然资源学报*, 2004, 19(1): 55—61.
Wang Zongming, Zhang Bai, Zhang Shuqing. Study on the effects of land use change on ecosystem service values of Jilin Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(1): 55—61. (in Chinese with English abstract)
- [5] 许中旗, 李文华, 闵庆文, 等. 锡林河流域生态系统服务价值变化研究[J]. *自然资源学报*, 2005, 20(1): 99—104.
Xu Zhongqi, Li Wenhua, Min Qingwen, et al. Research on changes in value of ecosystem services in Xilin River Basin[J]. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(1): 99—104. (in Chinese with English abstract)
- [6] 蔡邦成, 陆根法, 宋莉娟, 等. 土地利用变化对昆山生态系统服务价值的影响[J]. *生态学报*, 2006, 26(9): 3005—3010.
Cai Bangcheng, Lu Genfa, Song Lijuan, et al. Variation of ecosystem services' value of Kunshan based on the land use change[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(9): 3005—3010. (in Chinese with English abstract)
- [7] Kreuter U P, Harris H G, Matlock M D, et al. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas [J]. *Ecological Economics*, 2001, 39: 333—346.
- [8] Lambin E F, Bockstaed N, et al. Land-use and Land-cover change, Implementation, Strategy[R]. IGBP Report No.48/IHDP Report No.10. Stockholm: IGBP, 1999.
- [9] 毕晓丽, 葛剑平. 基于 IGBP 土地覆盖类型的中国陆地生态系统服务功能价值评估[J]. *山地学报*, 2004, 22(1): 48—53.
Bi Xiaoli, Ge Jianping. Evaluating ecosystem service valuation in China based on the IGBP land cover datasets[J]. *Journal of Mountain Research*, 2004, 22(1): 48—53. (in Chinese with English abstract)
- [10] 刘瑞民, 杨志峰, 丁晓雯, 等. 土地利用/覆盖变化对长江上游非点源污染影响研究[J]. *环境科学*, 2006, 27(12): 2407—2414.
- [11] Liu Ruimin, Yang Zhifeng, Ding Xiaowen, et al. Effect of land use/cover change on pollution load of non-point source in upper reach of Yangtze river basin[J]. *Environmental Science*, 2006, 27(12): 2407—2414. (in Chinese with English abstract)
- [12] 潘开文, 吴宁, 潘开忠, 等. 关于建设长江上游生态屏障的若干问题的讨论[J]. *生态学报*, 2004, 24(3): 617—629.
Pan Kaiwen, Wu Ning, Pan Kaizhong, et al. A discussion on the issues of the re-construction of ecological shelter zone on the upper reaches of the Yangtze river[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3): 617—629. (in Chinese with English abstract)
- [13] 伍星, 沈珍瑶. 长江上游地区土地利用/覆被和景观格局变化分析[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(10): 86—92.
Wu Xing, Shen Zhenyao. Analysis of the changes of land use/cover and landscape pattern in the upper reaches of the Yangtze river[J]. *Transactions of the CSAE*, 2007, 23(10): 86—92. (in Chinese with English abstract)
- [14] Shi X E, Yu D S, Warner E D, et al. A framework for the 1:1000000 soil database of China[C]// Proceedings of the 17th world congress of soil science. Bangkok, [s.n.], 2002, 1757: 1—5.
- [15] Liu J Y, Liu M L, Zhuang D F, et al. Study on spatial pattern of landuse change in China during 1995-2000[J]. *Science in China*, 2003, 46(4): 373—384.
- [16] Liu J Y, Zhuang D F, Luo D, et al. Land cover classification of China: Integrated analysis of AVHRR imagery and Geo-physical data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(12): 2485—2500.
- [17] Howarth R B, Farber S. Accounting for the value of ecosystem services[J]. *Ecological Economics*, 2002, 41: 421—429.
- [18] 张耀启, 李一清, 潘羿. 自然与环境资源价值评估的误区[J]. *自然资源学报*, 2005, 20(3): 453—460.
Zhang Yaoqi, Li Yiqing, Pan Yi. Critique on non-market valuation of natural and environmental resources[J]. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(3): 453—460. (in Chinese with English abstract)
- [19] Zhang Y Q, Li Y Q. Valuing or pricing natural and environmental resources[J]. *Environmental Science and Policy*, 2005, 8(2): 179—186.
- [20] 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—195.
Xie Gaodi, Lu Chunxia, Leng Yunfa, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau[J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 189—195. (in Chinese with English abstract)
- [21] 喻建华, 高中贵, 张露, 等. 昆山市生态系统服务价值变化研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(2): 213—217.
Yu Jianhua, Gao Zhonggui, Zhang Lu, et al. Change in ecosystem service value in Kunshan city[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, 14(2): 213—217. (in Chinese with English abstract)

Effect of land use change on ecosystem services value of the upper reaches of the Yangtze River

Wu Xing, Shen Zhenyao^{*}, Liu Ruimin, Gong Yongwei

(State Key Laboratory of Environ Simulation and Pollution Control, School of Environment,
Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Based on dynamic data of land use in 1980, 1990 and 2000, and by the table of Chinese ecosystem service value per unit area of different ecosystem types and ecological sensitivity analysis, a typical ecological fragile zones of the upper reach of Yangtze River was selected to explore land use changes and their effects on the ecosystem services value. Results showed that area of forest, grassland and wetland had the varying degree growth, and ecosystem service values showed an upward trend in the study region from 1980 to 1990. However, due to a dramatic increase in the area of construction land, farmland and unused land from 1990 to 2000, which were mainly transferred from forest and grass land, all kinds of ecosystem functions declined in different extents during the whole study period. The total ecosystem service values of the study region reduced from $11\ 119.16 \times 10^8$ Yuan in 1980 to $11\ 077.85 \times 10^8$ Yuan in 2000, with the net decline of 41.31×10^8 Yuan. The rapid urbanization and development mode aimed at economic interests have brought significant harm to the local ecosystem service functions and sustainable development.

Key words: land use, ecosystem, environmental engineering, ecological values, upper reaches of Yangtze River