

# 苏州市土地利用变化的生态环境效应研究<sup>\*</sup>

张芳怡<sup>1,2</sup>, 邢元志<sup>3</sup>, 濮励杰<sup>1</sup>, 彭补拙<sup>1,2</sup>

(1. 南京大学 地理与海洋科学学院, 南京 210093; 2. 南京大学 金陵学院, 南京 210089; 3. 上海大学 房地产学院, 上海 201702)

**摘要:**以苏州市为例,利用 1980 年、1995 年、2000 年三期 TM 遥感影像解译图获取土地利用变化数据。首先,对苏州市 1980 - 1995 年和 1995 - 2005 年两个时段的土地利用变化特征进行分析。然后,通过定义不同土地利用类型的相对生态服务价值,分别运用区域生态环境质量指数和区域土地利用变化类型生态贡献率,对研究时段内苏州市土地利用变化的生态环境效应以及导致苏州市生态环境质量变化的主导土地利用变化类型进行分析与评价。结果表明,1980 - 2005 年苏州市的生态环境质量不断下降,苏州市的生态环境质量指数从 0.460 9 下降到 0.443 1,且下降速度越来越快。其中,导致苏州市生态环境质量恶化的主要土地利用变化类型是耕地向城乡建设用地的转变,促进苏州市生态环境质量改善的主要土地利用变化类型是耕地向水域用地的转变。

**关键词:**土地利用变化;生态环境效应;生态系统服务价值;生态环境质量指数

中图分类号:F301.24;X171

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)05-0098-06

## Study on the Eco-environmental Effect of Land Use Change in Suzhou

ZHANG Fang-yi<sup>1,2</sup>, XING Yuan-zhi<sup>3</sup>, PU Li-jie<sup>1</sup>, PENG Bu-zhuo<sup>1,2</sup>

(1. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Jingling College, Nanjing University, Nanjing 210089, China; 3. Institute of Real Estate, Shanghai University, Shanghai 201702, China)

**Abstract:** This paper obtained the data of land use change based on the TM images interpreted in 1980, 1995 and 2005 taking Suzhou as a case study. First, this paper analyzed the characteristics of land use change during 1980 - 1995 and 1995 - 2005. Then, eco-environmental quality was associated with land use types according to the relative ecological service value of different land use types. The effect of land use change on the eco-environmental quality was measured and quantified by calculating the regional eco-environmental indices. The major land use transformation types causing the change of eco-environmental quality were found out by calculating the contribution proportions of land use transformation types to eco-environmental quality. The regional eco-environmental quality index decreased from 0.460 9 to 0.443 1 in Suzhou from 1980 to 2005, which reflected that the eco-environmental quality was continually decreasing; and the rate was faster and faster. In the study phases, the transformation from arable land to constructive land was the major land use transformation type deteriorating the eco-environmental quality; the transformation from arable land to water area was the major land use transformation type improving the eco-environmental quality.

**Key words:** land use change; eco-environmental effect; ecological service value; eco-environmental quality index

土地是人类赖以生存与发展的重要资源和物质保障,土地利用反映了人类与自然界相互影响与交互作用最直接和最密切的关系<sup>[1]</sup>,对土地资源不合

理开发利用是生态环境恶化的直接人为因素<sup>[2]</sup>。随着社会的发展、技术进步和人口剧增,人类对自然环境的影响范围和强度都在不断加大,土地利用的变化

\* 收稿日期:2009-04-01

基金项目:国家自然科学基金(40871255);国家“十一五”科技支撑计划(2006BAJ05A02,2006BAJ05A08);江苏省研究生培养创新工程(CX09B\_006Z)

作者简介:张芳怡(1983-),女,湖南永州人,博士研究生,研究方向:土地利用与规划。E-mail:yfzhang@smail.nju.edu.cn

正在以不断加快的速度逐步改变着土地覆被,由此引起的区域生态环境问题也在不断加剧,如沙漠化、盐渍化、水土流失等,这些区域生态环境问题正严重威胁着人类赖以生存的环境资源等<sup>[3]</sup>。

目前国内外学术界关于土地利用变化的生态环境效应研究仍主要集中于土地利用变化对气候、水文、土壤以及生物等生态环境单一要素影响的研究<sup>[4]</sup>。近年来,越来越多的国内学者开始研究土地利用变化对区域整体生态环境的影响,但研究区域主要集中在生态环境脆弱区或经济落后地区<sup>[5-7]</sup>,而对于经济发达地区土地利用变化的生态环境综合效应研究相对较少。以苏州市为例,研究快速城市化背景下土地利用变化的生态环境效应,对于维持生态平衡,促进土地可持续利用等方面具有重要的现实意义。同时,也可以为“热点地区”土地利用变化的生态环境效应研究提供参考。

### 1 区域概况与研究方法

#### 1.1 研究区概况

苏州市位于东部沿海地区、长江三角洲中部,东经 119°55' - 121°20',北纬 30°47' - 32°02',东邻上海,西傍太湖、无锡市,南接浙江省嘉兴、湖州两市,北枕长江,是江苏省最东南部的省辖市。2005 年,苏州市地区生产总值 4 026.52 亿元(占江苏省的 22.0%);城镇固定资产投资完成额 1 233.76 亿元(占江苏省的 19.8%),人均国民生产总值 66 766 元(是江苏省平均水平的 2.7 倍);三次产业比重为 2.2:66.6:31.2,属于二、三、一型产业结构。苏州市无论从经济产出还是经济投入方面来看,都处于江苏省各地级市的较高水平。

#### 1.2 数据来源与处理

土地利用数据来源于 Landsat TM 遥感影像,获取时间分别为 1980 年、1995 年和 2005 年,分辨率均为 30 m × 30 m。土地利用类型划分在参照国土资源部的土地利用现状分类体系的基础上,结合苏州市土地利用的实际情况,将研究区划分为耕地、林地、草地、城乡建设用地、水域和未利用地等 6 种土地利用类型。在 Arc GIS 9.0 环境中编辑处理,分别获得苏州市 3 个年份的土地利用类型数据。

#### 1.3 土地利用变化分析

本研究在遥感影像解译基础上,运用 GIS 技术对不同时期的土地利用类型图进行空间叠加运算,可以求出各时期土地利用类型的转移矩阵,进而分析引起土地利用变化的过程。对于任意两期( $k$  及  $k + 1$ )土地利用类型图  $A_{ij}^k$  和  $A_{ij}^{k+1}$ ,按照下式的地图代数方法<sup>[8-9]</sup>,

$$C_{ij} = A_{ij}^k \times 10 + A_{ij}^{k+1} \text{ (土地利用类型小于 10 时适用)}$$

可以求得由  $k$  时期到  $k + 1$  时期的土地利用变化图  $C_{ij}$ ,表现土地利用变化的类型及其空间分布。据此可以求得土地利用类型相互转化的数量关系的原始转移矩阵。

#### 1.4 土地利用变化的生态环境效应评价

1.4.1 土地利用类型生态环境质量指数 不同的土地利用类型代表不同生态环境质量差异,根据各土地利用类型的相对生态价值,建立土地利用类型与区域生态环境质量的关联。通过分析土地利用变化特征,定量分析区域生态环境变化特征。考虑到土地利用类型的二级分类具有较高的生态环境分辨率,在确定一级土地利用类型相对生态价值的基础上,对二级土地利用类型的生态环境质量进行模糊赋值<sup>[10-11]</sup>。

(1) 一级土地利用类型相对生态价值的确定。一级土地利用类型相对生态价值的确定参考了彭建等专家的研究方法<sup>[12]</sup>,利用谢高地等<sup>[13]</sup>对中国陆地生态系统单位面积生态服务价值的评估结果,依据测算结果的比例关系,对不同土地利用类型的生态环境质量在[0 - 1]内赋值,定义不同土地利用类型的相对生态服务价值,以此来反映单位面积上不同土地利用类型的生态环境质量的差异。由于研究区水域(主要为河流和湖泊)的实际生态系统服务功能低于林地,其赋值降低;城乡建设用地因为谢高地等人研究中缺乏相关数据而未进行估计,其赋值参照张淑英等<sup>[14]</sup>的测算结果与其他土地利用类型的生态服务价值的比例关系而定。综合以上研究成果,结合研究区的实际情况,对土地利用分类系统中一级分类体系下各土地利用类型所具有的生态服务价值在[0 - 1]区间内进行赋值,定义为不同土地利用类型的相对生态服务价值(表 1)。

表 1 不同土地利用类型的相对生态服务价值

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
全国平均值/(元 · hm <sup>-2</sup> · a <sup>-1</sup> )	6115.3	19334.0	6406.5	40676.4	-	371.4
相对生态服务价值	0.285	0.900	0.298	0.805	0.021	0.017

注:“-”表示谢高地等的研究中未计算其生态系统服务价值。

(2) 二级土地利用类型相对生态服务价值的确定。在保持一级土地利用类型生态环境质量总体水平的同时,对二级土地利用类型进行生态环境质量赋值(表 2)。

表 2 土地利用类型生态环境质量指数赋值

一级类型		二级类型		生态环境
编号	名称	编号	名称	质量指数赋值
1	耕地	11	水田	0.315
		12	旱地	0.275
		21	有林地	0.925
2	林地	22	灌木林	0.695
		23	疏林地	0.580
		24	其他林地	0.525
		31	高覆盖度草地	0.725
3	草地	32	中覆盖度草地	0.475
		33	低覆盖度草地	0.265
		41	河渠	0.625
4	水域	42	湖泊	0.815
		43	水库坑塘	0.645
		46	滩地	0.495
		51	城镇用地	0.025
5	城乡建设用地	52	农村居民点	0.025
		53	其他建设用地	0.015
6	未利用地	65	裸土地	0.020
		66	裸岩石砾地	0.010

1.4.2 区域生态环境质量指数 区域生态环境质量指数是指综合考虑区域内各土地利用类型所具有的生态环境质量及面积比例,用以定量表征某一区域内生态环境质量的总体状况<sup>[15]</sup>,其表达式为

$$EV_t = \sum_{i=1}^n LU_i C_i / TA \quad (1)$$

式中:  $EV_t$  —— $t$  时期区域生态环境质量指数;  $LU_i$  ——该区域  $t$  时期第  $i$  种土地利用类型的面积;  $C_i$  ——该区域第  $i$  种土地利用类型的生态环境质量指数;  $TA$  ——该区域土地总面积;  $n$  ——区域内所具有的土地利用类型数量。

1.4.3 区域土地利用变化类型生态贡献率 区域土地利用变化类型生态贡献率是指某一种土地利用变化类型所导致的区域生态环境质量的改变<sup>[15]</sup>,其表达式为

$$LEI = (LE_{t+1} - LE_t) LA / TA \quad (2)$$

式中:  $LE_{t+1}$ ,  $LE_t$  ——某一土地利用变化类型所反映的变化末期和初期土地利用类型所具有的生态环境质量指数;  $LA$  ——该变化类型的面积; 其他指标解释同上。

每一种变化类型即体现了一种生态价值流,使得区域内某一局部的生态价值升高或降低。通过土地利用类型转移矩阵获得的反映土地利用变化过程各土地利用类型相互转化的面积数据,从而确定导致区域生态环境变化的主导土地利用变化类型。

## 2 研究结果

### 2.1 苏州市土地利用变化

2.1.1 苏州市土地利用变化的总体特征 由表 3 可知,1980 - 2005 年间,苏州市土地利用变化整体上呈现出耕地和林地面积持续减少、草地面积先不变后增加、水域和城乡建设用地面积持续增加、未利用地面积基本保持不变的特征。其中,耕地是各地类中变化幅度最大的用地类型,城乡建设用地是各地类中增幅最大的用地类型,各土地利用类型变化幅度的顺序是:耕地 > 城乡建设用地 > 水域 > 林地 > 草地 > 未利用地。

表 3 1980 年、1995 年和 2005 年苏州市各

土地利用类型	土地利用类型面积			hm <sup>2</sup>
	1980 年	1995 年	2005 年	
耕地	487581.22	455645.16	403392.25	
林地	19660.42	19553.59	18724.38	
草地	2218.71	2218.69	2244.01	
水域	301070.57	304513.69	308202.71	
城乡建设用地	55412.17	84011.94	133380.19	
未利用地	475.13	475.15	474.68	

2.1.2 苏州市土地利用转换矩阵 由表 4 - 5 可知,耕地向城乡建设用地转变是苏州市的主要土地利用变化类型,其中,1980 - 1995 年间共有 33 340.05 hm<sup>2</sup> 的土地发生用地类型转变,耕地的流出面积占各地类流出总量的 97.72%,城乡建设用地流入面积占各地类流入总量的 85.81%;1995 - 2005 年间共有 67 697.61 hm<sup>2</sup> 的土地发生用地类型转变,耕地的流出面积占各地类流出总量的 85.61%,城乡建设用地流入面积占各地类流入总量的 75.11%。耕地、林地属于流入面积小、流出面积大的土地利用类型,城乡建设用地是耕地、林地流出的主要方向;草地和未利用地属于相对稳定的土地利用类型,其流入流出面积均很小;水域用地流入流出面积均较大,耕地是水域用地流入的主要方向,水域用地的主要流出方向在 1980 - 1995 年间是城乡建设用地、在 1995 - 2005 年间是耕地;城乡建设用地属于流入面积大、流出面积小的土地利用类型,耕地是城乡建设用地流入的主要方向。

表 4 1980 - 1995 年苏州市土地利用转换矩阵

项目	1995 年						
	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地	减少合计
耕地/ hm <sup>2</sup>	455002.27	0.29	0.00	4088.11	28490.54	0.00	32578.94
B/ %	93.32	0.00	0.00	0.84	5.84	0.00	
C/ %	99.86	0.00	0.00	1.34	33.91	0.00	
林地/ hm <sup>2</sup>	0.08	19552.89	0.00	0.04	107.39	0.02	107.53
B/ %	0.00	99.45	0.00	0.00	0.55	0.00	
C/ %	0.00	100.00	0.00	0.00	0.13	0.00	
草地/ hm <sup>2</sup>	0.01	0.00	2218.68	0.01	0.00	0.00	0.02
B/ %	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
C/ %	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
1980 年 水域/ hm <sup>2</sup>	635.25	0.05	0.00	300425.21	10.06	0.00	645.36
B/ %	0.21	0.00	0.00	99.79	0.00	0.00	
C/ %	0.14	0.00	0.00	98.66	0.01	0.00	
城乡建设用地/ hm <sup>2</sup>	7.54	0.35	0.00	0.31	55403.96	0.00	8.20
B/ %	0.01	0.00	0.00	0.00	99.99	0.00	
C/ %	0.00	0.00	0.00	0.00	65.95	0.00	
未利用地/ hm <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	475.12	0.00
B/ %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
C/ %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
增加合计/ hm <sup>2</sup>	642.88	0.69	0.00	4088.47	28607.99	0.02	33340.05

注:在表中,行表示的是  $k$  时期的  $i$  种土地利用类型,列则表示  $k+1$  时期的  $j$  种土地利用类型;黑体部分表示的是  $k$  时期的土地利用类型转变为  $k+1$  时期各种类型的面积,即原始土地利用变化转移矩阵  $A_{ij}$ 。 $B_{ij} = A_{ij} \times 100 / \sum_{j=1}^6 A_{ij}$ ,表示  $k$  时期  $i$  种土地利用类型转变为  $k+1$  时期  $j$  种土地利用类型的比例; $C_{ij} = A_{ij} \times 100 / \sum_{i=1}^6 A_{ij}$ ,表示  $k+1$  时期的  $j$  种土地利用中由  $k$  时期的  $i$  种土地利用类型转化而来的比例。行、列的合计分别表示从  $k$  时期到  $k+1$  时期各种土地利用类型增加总面积和减少总面积。

表 5 1995 - 2005 年苏州市土地利用转换矩阵

项目	2005 年						
	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地	减少合计
耕地/ hm <sup>2</sup>	397688.97	541.52	13.12	6885.81	50515.75	0.00	57956.19
B/ %	87.28	0.12	0.00	1.51	11.09	0.00	
C/ %	98.59	2.89	0.58	2.23	37.87	0.00	
林地/ hm <sup>2</sup>	411.54	18028.87	9.21	271.75	832.22	0.01	1524.72
B/ %	2.10	92.20	0.05	1.39	4.26	0.00	
C/ %	0.10	96.29	0.41	0.09	0.62	0.00	
草地/ hm <sup>2</sup>	17.93	0.03	2044.87	36.06	119.79	0.00	173.81
B/ %	0.79	0.00	89.62	1.58	5.25	0.00	
C/ %	0.00	0.00	91.13	0.01	0.09	0.00	
1995 年 水域/ hm <sup>2</sup>	2908.47	38.32	176.81	299980.68	1409.40	0.00	4533.01
B/ %	0.96	0.01	0.06	98.51	0.46	0.00	
C/ %	0.72	0.20	7.88	97.33	1.06	0.00	
城乡建设用地/ hm <sup>2</sup>	2365.34	115.64	0.00	1028.41	80502.55	0.00	3509.39
B/ %	2.82	0.14	0.00	1.22	95.82	0.00	
C/ %	0.59	0.62	0.00	0.33	60.36	0.00	
未利用地/ hm <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	474.67	0.49
B/ %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	99.90	
C/ %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
增加合计/ hm <sup>2</sup>	5703.28	695.51	199.14	8222.03	52877.64	0.01	67697.61

### 2.2 苏州市生态环境变化及驱动因素

2.2.1 苏州市生态环境变化的主要特征 根据公式(1),分别计算得到苏州市 1980 年、1995 年和 2005 年的区域生态环境质量指数,如图 1 所示。

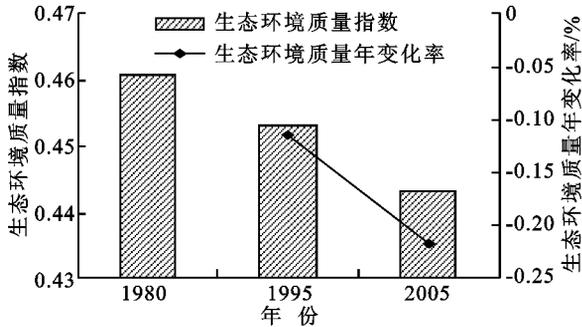


图 1 1980 - 2005 年苏州市生态环境质量变化情况

由图 1 可知,1980 - 1995 年间,苏州市的生态环境质量指数从 0.460 9 下降到 0.453 0,年均下降 0.11 %;1995 - 2005 年,苏州市的生态环境质量指数下降到 0.443 1,年均下降 0.21 %。计算结果表明,1980 - 2005 年间,苏州市总体生态环境质量不断下降,且下降速度越来越快。

2.2.2 苏州市生态环境变化的驱动因素分析 根据苏州市 1980 - 1995 年和 1995 - 2005 年两个时段的土地利用变化转移矩阵和公式(2),对引起苏州市生态环境变化的主导土地利用变化类型及其贡献率进行分析。表 6 和表 7 分别给出了 1980 - 1995 年和 1995 - 2005 年两个时段整个苏州市导致生态环境质量改善和恶化的主要土地利用变化类型的面积和贡献率。

表 6 1980 - 1995 年苏州市生态环境变化的主导土地利用变化类型及贡献率

土地利用变化类型	变化面积/ hm <sup>2</sup>	贡献率	占总贡献率 的比例/ %
水田转城镇用地	9548.14	0.0032	33.63
水田转农村居民点	9282.07	0.0031	32.69
水田转其他建设用地	854.75	0.0003	3.11
旱地转城镇用地	6807.93	0.0020	20.67
旱地转农村居民点	1997.64	0.0006	6.06
水库坑塘转水田	620.30	0.0002	2.49
合计	29110.83	0.0094	98.65
水田转湖泊	640.81	0.0004	21.95
水田转水库坑塘	3414.92	0.0013	77.19
合计	4055.73	0.0017	99.13

由表 6 可知,1980 - 1995 年间,导致苏州市生态环境质量恶化的主要土地利用变化的驱动因子有城乡建设用地规模的扩大、水域的开垦,其中城乡建

设用地规模扩大主要表现为耕地向城乡建设用地的转化,占到导致苏州市生态环境质量恶化的主要土地利用变化类型总贡献率的 96.16 %;促进苏州市生态环境质量改善的主要土地利用变化的驱动因子是退田还水,主要表现为水田向湖泊、水库坑塘的转化,占到促进苏州市生态环境质量改善的主要土地利用变化类型总贡献率的 99.13 %。

表 7 1995 - 2005 年苏州市生态环境变化的主导土地利用变化类型及贡献率

土地利用变化类型	变化面积/ hm <sup>2</sup>	贡献率	占总贡献率 的比例/ %
水田转城镇用地	23263.08	0.0078	36.41
水田转农村居民点	20918.86	0.0070	32.74
水田转其他建设用地	2894.37	0.0010	4.69
旱地转城镇用地	1194.91	0.0003	1.61
旱地转农村居民点	1254.44	0.0004	1.69
旱地转其他建设用地	990.10	0.0003	1.39
有林地转农村居民点	209.98	0.0002	1.02
灌木林转疏林地	2571.62	0.0003	1.60
疏林地转其他林地	4337.36	0.0003	1.29
水库坑塘转水田	2432.34	0.0009	4.33
水库坑塘转城镇用地	402.89	0.0003	1.35
水库坑塘转农村居民点	727.75	0.0005	2.44
合计	61197.70	0.0194	90.55
水田转其他林地	292.45	0.0001	1.99
水田转水库坑塘	6091.34	0.0023	64.99
旱地转其他林地	210.23	0.0001	1.71
旱地转水库坑塘	640.37	0.0003	7.68
滩地转河渠	556.86	0.0001	2.34
滩地转湖泊	743.25	0.0003	7.69
滩地转水库坑塘	772.91	0.0001	3.75
农村居民点转水田	196.70	0.0001	1.84
其他建设用地转有林地	61.98	0.0001	1.82
合计	9566.09	0.0033	93.80

由表 7 可知,1995 - 2005 年间,导致苏州市生态环境质量恶化的主要土地利用变化的驱动因子是城乡建设用地规模的扩大,主要表现为耕地、林地和水域向城乡建设用地的转化,其中耕地转化为城乡建设用地占到导致苏州市生态环境质量恶化的主要土地利用变化类型总贡献率的 78.53 %;促进苏州市生态环境质量改善的主要土地利用变化的驱动因子有退田还水、退耕还林和水域用地内部的转化,其中耕地向水域的转化,占到促进苏州市生态环境质量改善的主要土地利用变化类型总贡献率的 72.67 %。

### 3 结论与建议

研究表明,苏州市生态环境变化存在着好转和恶化并存的情况。当导致生态环境改善的主要土地利用变化类型的总贡献率抵消一部分导致生态环境质量恶化的主要土地利用变化类型的总贡献率时,苏州市总体生态环境质量总体上呈现出不断恶化的趋势。由上述分析可知,苏州市生态环境恶化的主要驱动因素是城乡建设用地扩张,生态环境改善的主要驱动因素是农业结构调整以及生态退耕等。因此,本文从遏制生态环境质量恶化和促进生态环境质量改善两个角度来提出改善生态环境的土地利用调控措施。

(1) 遏制生态环境质量恶化的土地利用调控措施。苏州市正处于城市化快速发展阶段,城市建设用地扩展是必然趋势,只考虑保护生态环境而不顾城市发展是不现实的。为协调经济发展和生态环境保护之间的关系,在城市外延扩张的同时,尽可能对城市建设用地进行内涵挖潜,提高城市建设用地利用效率,从而满足城市社会经济需求。

(2) 促进生态环境质量改善的土地利用调控措施。苏州地处江南水乡,农业结构调整较频繁,尤其是耕地与坑塘水面、养殖水面之间的转换。而农业结构调整对耕地的基本生产条件不会造成破坏或仅有轻度破坏并易于恢复。因此,根据土地适宜性原则,使生态服务价值相对较低的耕地向生态服务价值相对较高的坑塘水面、养殖水面转化,有利于生态环境质量的改善。同时,对于不适宜于耕种的坡耕地,有步骤地实施生态退耕,有利于区域生态环境的改善。

#### 参考文献:

[1] 刘彦随,陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究, 2002, 21(3): 324-330.

[2] 左伟,陈洪玲,王桥,等. 基于遥感的山区县域土地覆被变化的驱动力因子和生态环境效应分析:以重庆市忠县为例[J]. 山地学报, 2004, 22(2): 240-247.

[3] Turner B L, Meyer W B, Skole D. Global Land-Use/Land-Cover Change: Towards an Integrated Study[J]. AMBIO, 1994, 23(1): 91-95.

[4] 于兴修,杨桂山,李恒鹏. 典型流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应:以浙江省西苕溪流域为例[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 13-19.

[5] 欧维新,杨桂山,于兴修,等. 盐城海岸带土地利用变化的生态环境效应研究[J]. 资源科学, 2004, 26(3): 76-83.

[6] 潘竟虎. 近15年来长江源区土地利用变化及其生态环境效应[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(3): 310-315.

[7] 秦丽杰,张郁,许红梅,等. 土地利用变化的生态环境效应研究:以前郭县为例[J]. 地理科学, 2002, 22(4): 508-512.

[8] 李天宏,韩鹏. 厦门市土地利用/覆盖动态变化的遥感检测与分析[J]. 地理科学, 2001, 21(6): 537-542.

[9] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-88.

[10] 秦泗刚. 城市边缘区土地利用变化及其生态环境效应:以西安市城南为例[D]. 西安:西北大学, 2005.

[11] 于艳华. 基于退耕还林还草的科尔沁沙地土地利用变化生态效应研究:以通辽市奈曼旗为例[D]. 呼和浩特:内蒙古师范大学, 2006.

[12] 彭建,王仰麟,张源,等. 滇西北生态脆弱区土地利用变化及其生态效应:以云南省永胜县为例[J]. 地理学报, 2004, 59(4): 629-638.

[13] 谢高地,鲁春霞,肖玉,等. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估[J]. 山地学报, 2003, 21(1): 50-55.

[14] 张淑英,陈云浩,李晓兵,等. 内蒙古生态资产测量及生态建设研究[J]. 资源科学, 2004, 26(3): 22-28.

[15] 李晓文,方创琳,黄金川,等. 西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应:以甘肃河西地区为例[J]. 2003, 23(3): 280-292.