

区域土地利用变化图谱分析及其生态效应评价 ——以太原市城区及近郊区为例

刘琦, 任志远, 李晶

(陕西师范大学旅游与环境学院, 西安 710062)

摘要: 【目的】为太原市城区及近郊区土地资源的可持续利用以及生态环境保护提供决策支持, 以促进研究区生态环境和社会经济的持续发展。【方法】运用地学信息图谱理论和方法, 在 RS 和 GIS 的支持下生成了太原市城区及近郊区 1990~2001 年土地利用变化图谱, 在此基础上, 对研究区 1990~2001 年土地利用变化特征进行了分析并对其生态效应进行了测算。【结果】11 年中, 研究区耕地、草地、水域在不断减少, 其中耕地减少最多; 园地、未利用地、林地、建设用地在不断增加, 其中林地增加最多; 土地利用的变化导致了研究区生态系统的生态服务价值从 1990 年的 $1\ 202.15 \times 10^6$ 元增加到 2001 年的 $1\ 251.49 \times 10^6$ 元, 年增加率为 0.37%。【结论】土地利用类型变化最大的是耕地向未利用地的转化, 其次为耕地向城镇用地的转化; 草地、耕地的退化及未利用地的增加给研究区的生态系统服务带来了一定的负面影响; 经过实证分析, 利用地学图谱进行土地利用变化和生态效应定量研究是一种十分有效的方法。

关键词: 太原市城区及近郊区; 土地利用变化; 图谱; 生态系统服务价值

Image Analysis of Regional Land Use Change and Its Eco-Environmental Effects Evaluation —A Case Study on Urban and Suburban Area of Taiyuan City

LIU Qi, REN Zhi-yuan, LI Jing

(College of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062)

Abstract: 【Objective】The aim of this study is to provide decision-making support for the sustainable utilization and the ecological environment protection in urban and suburban area of Taiyuan city. 【Method】By using the theory of geographic informatic images supported by RS and GIS, the land use change images during the period of 1990-2001 in urban and suburban area of Taiyuan city were constructed. Based on the research of land use changes images, the character of land use change in research area was analyzed and the ecological effects was calculated between 1990 and 2001. 【Result】The result show that the area of farmland, rangeland and waters decreased from 1990 to 2001, the decreased area of farmland was the most, while the area of garden plot, unused land, forest land and construction land increased, of which, the increased area of forest land were the most. The change of land use resulted in the ecosystem service value of Taiyuan increased from $1\ 202.15 \times 10^6$ yuan in 1990 to $1\ 251.49 \times 10^6$ yuan in 2001, the average increase rate was 0.37%. 【Conclusion】The most land use changes category was the transformation from farmland to unused land, the transformation from farmland to construction land was the next. The degeneration of rangeland, farmland and the increase of unused land brought certain negative effects. By the empirical analysis, the way of geographic image was a very effective method in analyzing land use change and ecological effects.

Key words: Urban and suburban area of Taiyuan city; Land use changes; Image; Ecosystem service value

收稿日期: 2007-01-29; 接受日期: 2007-06-21

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40371003)

作者简介: 刘琦 (1983-), 女, 山西长治人, 硕士研究生, 研究方向为城乡国土资源评价与 GIS 研究。Tel: 029-85314483, 13630252410; E-mail: liuqi@stu.snnu.edu.cn. 通讯作者李晶 (1977-), 女, 吉林省吉林人, 博士, 研究方向为城乡国土资源评价与地理信息系统。E-mail: lijing@snnu.edu.cn

0 引言

【研究意义】土地利用与土地覆被变化 (LUCC) 是全球环境变化研究的核心内容, 它既受自然因素的制约又受社会、经济、政治等人文因素的影响。同时, LUCC 的集成作用又反过来影响着全球环境及人类社会的发展^[1]。因而, 研究区域 LUCC 及其生态效应变化对于深刻认识区域的生态环境、维持生态平衡、促进区域经济与环境的协调发展具有重要意义^[2]。【前人研究进展】近年来, 随着 LUCC 研究的不断深化, 国内外学者开始重视采用一套规范化的方法体系, 定量研究时空尺度土地利用变化“空间格局”与“时间过程”的复合特征, 以期更加准确地反应区域土地利用变化及其对生态环境的影响。【本研究切入点】地学信息图谱是以遥感 (RS)、地理信息系统 (GIS)、虚拟现实、计算机制图等技术为支撑发展起来的, 能够把“表现空间单元特征的图”与“表示事件发展之起点与过程的谱”合二为一^[3], 进而更好地揭示地理事物发展与变化的规律。太原市作为山西省的省会, 近年来经济快速发展, 城市化水平不断提高, 土地利用/土地覆被变化较大, 由此出现了一系列的生态环境问题。【拟解决的关键问题】本文运用地学信息图谱理论和方法, 对太原市城区及近郊区 1990~2001 年以来土地利用“空间格局”与“变化过程”进行了定量化综合研究, 并在此基础上, 通过评价研究区土地利用变化所引发的生态系统服务功能经济价值量的变动来反映其生态效应, 为研究区土地资源可持续利用和生态环境保护提供决策支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

太原市地处山西省腹部, 位于东经 111°30′~113°09′和北纬 37°27′~38°25′之间, 西、北、东三面环山, 黄河的重要支流汾河横贯全市, 流经境内约 100 km。市区东有太行山阻隔, 西有吕梁山屏障, 座落在两山间的河谷平原上。气候属北温带大陆性气候, 冬无严寒, 夏无酷暑, 年平均降雨量 456 mm, 年平均气温 9.5℃, 全年日照时数平均 2 808 h, 无霜期年均 202 d。全市辖清徐、阳曲、娄烦 3 个郊区县和古交市, 城区及近郊区划设杏花岭、迎泽、万柏林、尖草坪、晋源、小店 6 个区, 总面积 6 988 km², 总人口 341.38 万人。本次研究选取了近年来城市化水平发展较快的太原市城区及近郊区作为研究区域, 其范围如图 1 中

深色区域, 没有把清徐、阳曲、娄烦 3 个县和古交市计算在内。

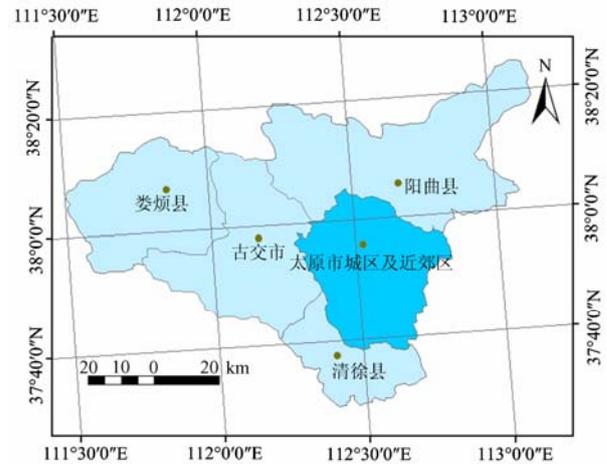


图 1 太原市行政区划及研究区范围

Fig. 1 The district of research area

1.2 研究区土地利用变化图谱的数据来源及处理

本文选取太原市城区及近郊区 1990 年、2001 年两期 TM 影像作为基础数据源, 根据研究区土地利用现状和土地资源特点, 将用地类型分为耕地、园地、草地、林地、建设用地、水域和未利用地 (主要包括盐碱地, 滩涂以及未建成的高校及工厂占地) 7 类。在遥感图像处理软件 ERDAS IMAGINE8.5 中, 对两期遥感影像进行投影转换 (为了保证面积上的精度, 统一转换成 ALBERS 等面积双标准纬线圆锥投影)、图像增强等图像预处理过程, 并用监督分类和目视解译相结合的方法对影像进行分类。利用 ERDAS IMAGINE8.5 中的精度评估模块结合野外实测数据对分类的影像进行检验, 分类精度都达到 90% 以上。最后利用太原市城区及近郊区 2000 年 1:10 万土地利用现状图对分类的影像进行了一定的修正, 得到了太原市城区及近郊区 1990 和 2001 年土地利用图 (图 2, 图 3), 以此作为研究区土地利用变化图谱的数据基础。

1.3 研究区土地利用变化图谱的生成

将上述两期土地利用图转化为矢量格式, 在 Arc/Info 的 ArcTools 模块中, 利用 Intersect 命令对其进行叠加。在 ArcView GIS 3.3 的支持下, 对叠加后的每个空间单元的 1990 属性数据 (grid-code) 与 2001 属性数据 (code) 进行两两合成, 生成新的属性数据 code1, 以属性数据 code1 为基础, 进而生成了太原市

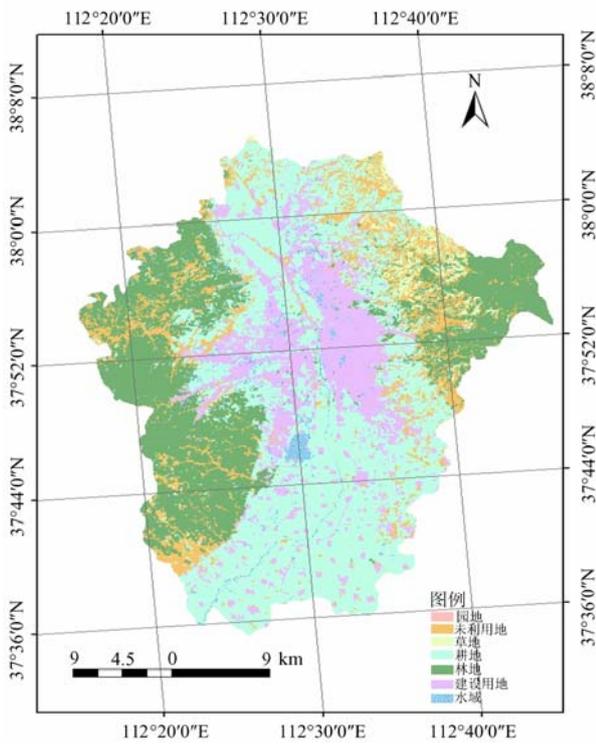


图 2 太原市城区及近郊区 1990 年土地利用图

Fig. 2 Land use of urban and suburban areas in Taiyuan city in 1990

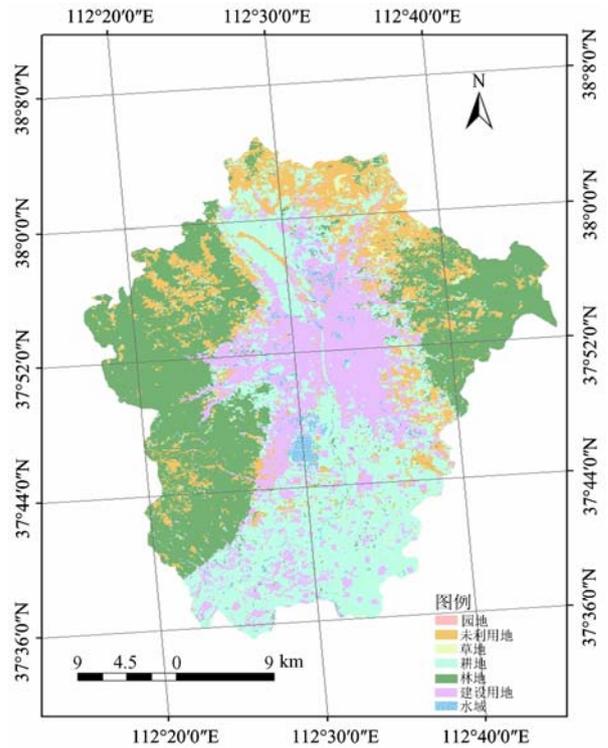


图 3 太原市城区及近郊区 2001 年土地利用图

Fig. 3 Land use of urban and suburban areas in Taiyuan city in 2001

城区及近郊区土地利用变化图谱 (图 4)。此时, 每个图谱单元对应的 code1 值都记录了自己在两个时期的不同土地利用状态。对图谱单元的属性数据进行空间统计运算即可得到太原市城区及近郊区 1990~2001 年土地利用转移矩阵 (表 1)。

1.4 生态效应评价方法

土地利用类型的变化必然带来土地生态系统服务功能的价值发生变化, Constanza 等人的研究^[4]使生态系统服务价值估算的原理及方法从科学意义上得以明确。谢高地等^[5]根据中国实情, 参考 Constanza 的研究成果, 总结了生态系统气体调节、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、

表 1 太原市城区及近郊区 1990~2001 年土地利用转移矩阵

Table 1 Transition matrix of land use during 1990-2001 in urban and suburban areas of Taiyuan city (ha)

土地利用类型 Land use types	园地 Garden plot	未利用地 Unused land	草地 Rangeland	耕地 Farmland	林地 Forestland	建设用地 Construction land	水域 Warters	1990 年合计 Total in 1990
园地 Garden plot	1.09	9.49	0.19	4.73	20.89	47.00	23.75	107.13
未利用地 Unused land	9.12	5439.54	138.73	2491.65	7598.40	1462.08	57.21	17196.74
草地 Rangeland	0	1168.20	52.65	276.91	778.11	25.80	0	2301.67
耕地 Farmland	114.66	9772.80	773.26	34573.73	4114.18	7920.99	699.98	57969.60
林地 Forestland	5.54	2950.15	28.22	1201.18	32396.45	592.51	49.44	37223.49
建设用地 Construction land	103.86	953.62	31.36	2530.50	489.04	17897.80	679.72	22685.90
水域 Warters	19.44	111.21	0.50	619.86	377.68	661.68	803.78	2594.15
2001 年合计 Total in 2001	253.71	20405.01	1024.91	41698.57	45774.74	28607.86	2313.88	140078.66
变化面积 Changed area	146.58	3208.27	-1276.76	-16271.03	8551.25	5921.96	-280.27	-

食物生产、原材料生成、娱乐文化在内的 9 项服务功能，制订出中国陆地不同生态系统单位面积生态服务价值表（表 2）。本文参考谢高地的单位面积生态系统服务价值表，对研究区生态系统服务价值进行了测算，以此来评价土地利用变化所引发的生态效应。生态系统服务价值计算公式如下：

$$ESV = \sum A_k \times VC_k$$

式中，*ESV* 为生态系统服务价值（元），*A_k* 为研究区第 *k* 种土地利用类型分布面积（ha），*VC_k* 为生态价值系数，即单位面积的生态系统服务价值。

2 结果与分析

2.1 研究区土地利用变化图谱分析

在太原市城区及近郊区土地利用变化图谱中，共生成 47 类图谱单元，其中有 40 类发生了土地利用类型的转变，将 40 类发生变化的图谱单元按面积大小排序，并计算其变化比率（每一类发生变化的图谱单元的面积占有所有发生变化的图谱单元面积的比率）及累积变化率，其中 13 类发生变化的图谱单元的面积覆盖了总变化面积的 90%（表 3）。

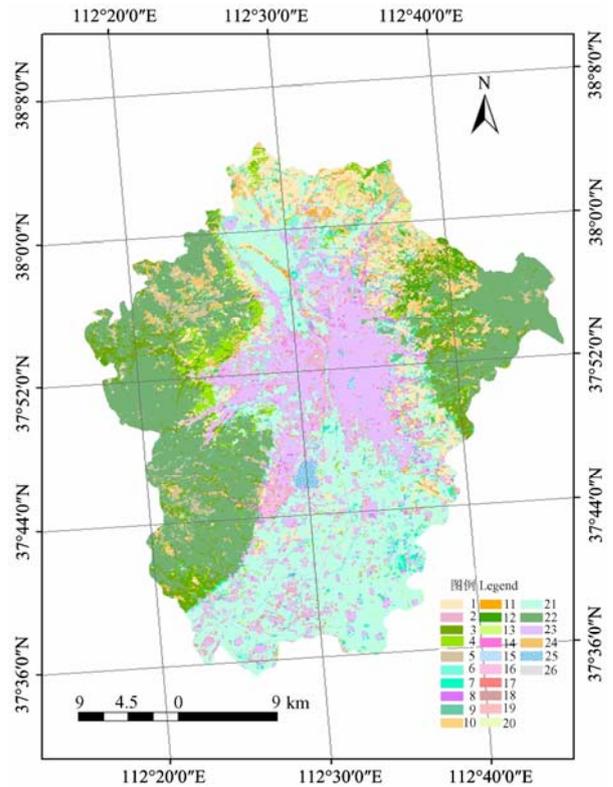
从表 1 可以看出，11 年以来太原市城区及近郊区 LUCC 的总趋势为：耕地、草地、水域不断减少，其中耕地减少最多，达 1 6271.03 ha；园地、未利用地、林地、建设用地不断增加，其中林地增加最多，为 8 551.25 ha。

从表 3 可知，11 年中研究区土地利用类型变化最大的为耕地向未利用地的转化，共有 9 772.80 ha 的耕地转化为未利用地，占总变化面积的 19.98%，从变化图谱可以明显的看出，这主要发生在研究区的北部，大学扩建以及一些能源化工产业占用耕地但还未建成再加上一部分耕地退化成盐碱地是这一区域未利用地增加的主要原因。另外还有一部分林地、草地、建设用地也转移为未利用地，对照表 1 可知，未利用地共增加了 3 208.27 ha 而耕地向建设用地转移的图谱单元则位列其次，11 年中共有 7 920.99 ha 的耕地被开发为建设用地，说明这期间研究区的城市化水平在不断的加快。再次就是未利用地向林地的转移，面积为 7 598.4 ha，占有所有变化面积的 15.53%，加上其它用地类型向林地的转换，11 年中林地共增加了 8 551.25 ha，这主要是退耕还林的结果。第四就是其它用地类型向耕地的转化，在研究区主要表现为一部分的盐碱地以及废弃的工矿用地被开垦为旱地，但由于建设用地的占用加之退耕还林的政策，所以，耕地的面积总体是

在减少，11 年中共减少了 16 271.03 ha（表 1）。另外不容忽视的是，由于草场的退化和沙化，11 年中有 1 168.19 ha（表 1）的草地转化为未利用地，占总变化面积的 2.39%（表 3）。这主要发生在研究区的东北部（图 4）。

2.2 研究区生态系统服务价值的变化及其成因分析

根据生态系统服务价值的计算方法，分别计算出 1990、2001 年太原市城区及近郊区生态系统的的服务价值总量（表 4）。



1. 耕地—未利用地；2. 耕地—建设用地；3. 未利用地—林地；4. 耕地—林地；5. 林地—未利用地；6. 建设用地—耕地；7. 未利用地—耕地；8. 未利用地—建设用地；9. 林地—耕地；10. 草地—未利用地；11. 建设用地—未利用；12. 草地—林地；13. 耕地—草地；14. 水域—建设用地；15. 水域—耕地；16. 林地—建设用地；17. 耕地—园地；18. 林地—园地；19. 不变园地；20. 不变草地；21. 不变耕地；22. 不变林地；23. 不变建设用地；24. 不变未利用地；25. 不变水域；26. 其它变化类型
1. Farmland-Unused land; 2. Farmland-Construction land; 3. Unused land-Forestland; 4. Farmland-Forestland; 5. Forestland-Unused land; 6. Construction land-Farmland; 7. Unused land-Farmland; 8. Unused land-Construction land; 9. Forestland-Farmland; 10. Rangeland-Unused land; 11. Construction land-Unused land; 12. Rangeland-Forestland; 13. Farmland-Rangeland; 14. Waters-Construction land; 15. Waters-Farmland; 16. Forestland-Construction land; 17. Farmland-Garden plot; 18. Forestland-Garden plot; 19. Unchanged Garden plot; 20. Unchanged rangeland; 21. Unchanged farmland; 22. Unchanged forestland; 23. Unchanged construction land; 24. Unchanged unusedland; 25. Unchanged waters; 26. Other

图 4 太原市城区及近郊区 1990~2001 年土地利用变化图谱
Fig. 4 Land use changes during the period of 1990-2001 in urban and suburban areas of Taiyuan city

表 2 中国陆地不同生态系统单位面积生态服务价值表 (元/ha)

Table 2 Chinese ecosystem services value unit area of different ecosystem types

	森林 Forest	草地 Rangeland	农田 Farmland	湿地 Wetland	水体 Waters	荒漠 Sand
气体调节 Gas regulation	3097.0	707.9	442.4	1592.7	0.0	0.0
气候调节 Climate regulation	2389.1	796.4	787.5	15130.9	407.0	0.0
水源涵养 Water conservation	2831.5	707.9	530.9	13715.2	18033.2	26.5
土壤形成与保护 Soil conservation	3450.9	1725.5	1291.9	1513.1	8.8	17.7
废物处理 Waste treatment	1159.2	1159.2	1451.2	16086.6	16086.6	8.8
生物多样性保护 Biodiversity protection	2884.6	964.5	628.2	2212.2	2203.3	300.8
食物生产 Food production	88.5	265.5	884.9	265.5	88.5	8.8
原材料 Raw material	2300.6	44.2	88.5	61.9	8.8	0.0
娱乐文化 Amusement culture	1132.6	35.4	8.8	4910.9	3840.2	8.8
总计 Total	19334	6406.5	6114.3	55489	40676.4	371.4

表 3 太原市城区及近郊区 1990~2001 年主要土地利用变化类型排序表

Table 3 Scheduling of main vary kinds of land use during 1990-2001 in research area

图谱单元类型 Image types	变化比率 Change rate (%)	累积百分率 Cumulative rate (%)	面积 Area (ha)
耕地—未利用地 Farmland-Unused land	19.98	19.98	9772.80
耕地—建设用地 Farmland-Constructionland	16.19	36.17	7920.99
未利用地—林地 Unused land-Forestland	15.53	51.70	7598.40
耕地—林地 Farmland- Forestland	8.41	60.11	4114.18
林地—未利用地 Forestland-Unused land	6.03	66.14	2950.15
建设用地—耕地 Construction land-Farmland	5.17	71.31	2530.50
未利用地—耕地 Unused land-Farmland	5.09	77.21	2491.65
未利用地—建设用地 Unused-land-Constructionland	2.99	80.2	1462.08
林地—耕地 Forestland- Farmland	2.46	82.66	1201.18
草地—未利用地 Rangeland-Unused land	2.39	85.05	11168.19
建设用地—未利用地 Construction land-Unused land	1.95	87.00	953.62
草地—林地 Rangeland-Forestland	1.59	88.59	778.11
耕地—草地 Farmland-Rangeland	1.58	90.17	773.26

通过计算可以看出, 1990 年到 2001 年, 研究区的生态系统服务价值从 $1\ 202.15 \times 10^6$ 元增加到 $1\ 251.49 \times 10^6$ 元, 11 年内共增加了 49.34×10^6 元, 年增加率为 0.37%, 年均上升 4.5×10^6 元, 总体变化不是很大。其中, 草地、耕地、水域的生态价值在减少, 年减少率分别为 5.04%、2.55%、0.98%; 而园地、林地、未利用地的生态价值在增加, 年增加率分别为 12.43%、2.09%、1.69%。对研究区生态系统服务价值贡献最大的是林地, 林地的生态价值在总的服务价值中所占的比例都超过了 50%, 在 2001 年达到了 70.72%。

虽然这期间耕地、草地出现了不同程度的退化, 未利用地在不断的增多, 而未利用地的生态价值系数较低, 但是研究区总体的生态系统服务价值还是有了一定的提高, 这主要是由于林地的面积在研究区总面积中占较大比例, 再加上退耕还林的政策以及植树造林使得林地的面积进一步增加, 并且林地的生态价值系数相对较高。所以林地生态价值的提高不仅弥补了耕地、草地退化所带来了生态价值的减少, 而且是研究区生态系统服务价值总量提高的最重要因素, 进而在一定程度上改善了研究区的生态环境。

3 讨论

为验证以上生态系统类型对于土地覆被类型的代表性以及所参考的生态价值系数的准确性, 引入敏感性指数 (CS) [10~12], 以反映生态系统服务价值对生态价值系数的依赖程度。敏感性指数的含义是指生态价

表 4 太原市城区及近郊区 1990~2001 年生态系统服务总价值及价值构成变化

Table 4 Total ecosystem services value and the value changes between 1990 and 2001 in research area

	园地 Garden plot	草地 Rangeland	耕地 Farmland	林地 Forestland	水域 Waters	未利用地 Unused land	总计 Total
1990 年 ESV ($\times 10^6$ 元) ESV in 1990 ($\times 10^6$ yuan)	1.38	14.75	354.44	719.68	105.52	6.39	1202.15
所占比例 (%) Proportion	0.11	1.23	29.48	59.86	8.78	0.53	1
2001 年 ESV ($\times 10^6$ 元) ESV in 2001 ($\times 10^6$ yuan)	3.27	6.57	254.96	885.00	94.12	7.58	1251.49
所占比例 (%) Proportion	0.26	0.52	20.37	70.72	7.52	0.61	1
1990~2001 年 ESV 变化 ($\times 10^6$ 元) The change of ESV in 1990-2001 ($\times 10^6$ yuan)	1.89	-8.18	-99.48	165.33	-11.40	1.19	49.34
年变化率 (%) annual change rate	12.44	-5.04	-2.55	2.09	0.98	1.69	0.37

值系数变动 1%引起的生态系统服务价值的变化情况。如果 $CS > 1$, 表明 ESV 对 VC 是富有弹性的; 如果 $CS < 1$, 则表明 ESV 对 VC 是缺乏弹性的。比值越大, 说明生态系统价值系数的准确性对生态系统服务价值评估越重要。敏感性指数的计算公式如下:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{jk}} \right|$$

式中, ESV 、 VC 、 k 的含义同前, i 、 j 分别代表调整前和调整后的状态。

本文将园地、草地、耕地、林地、水域和未利用地的生态价值系数分别上下调整了 50%, 计算出了研究区 1990 年和 2001 年的敏感性指数 (表 5)。结果表明, 生态系统服务价值对生态价值系数的敏感性指数都小于 1, 由高到低依次为: 林地、耕地、水域、草地、未利用地、园地, 最高值为 0.598~0.707, 即

表 5 太原市城区及近郊区生态系统服务价值敏感性指数

Table 5 Change in ecosystem service value and coefficients of sensitivity in research area

生态价值系数 VC	$ESV (\times 10^6 \text{ 元})$		敏感性指数 Coefficients of sensitivity (%)	
	1990	2001	1990	2001
园地 VC+50% Garden plot VC+50%	1202.84	1253.12	0.001	0.002
园地 VC-50% Garden plot VC-50%	1201.46	1249.86		
草地 VC+50% Rangeland VC+50%	1209.53	1254.78	0.012	0.005
草地 VC-50% Rangeland VC-50%	1194.78	1248.21		
耕地 VC+50% Farmland VC+50%	1379.38	1378.98	0.294	0.204
耕地 VC-50% Farmland VC-50%	1024.93	1124.01		
林地 VC+50% Forestland VC+50%	1561.99	1694.00	0.598	0.707
林地 VC-50% Forestland VC-50%	842.31	8089.92		
水域 VC+50% Waters VC+50%	1254.91	1298.56	0.088	0.075
水域 VC-50% Waters VC-50%	1149.39	1204.44		
未利用地 VC+50% Unused land VC+50%	1205.35	1255.29	0.005	0.006
未利用地 VC-50% Unused land VC-50%	1198.96	1247.71		

当林地的生态价值系数增加 1%时, 总价值增加 0.598%~0.707%。这表明, 相对于生态系统服务价值系数来说, 研究区总的生态系统服务价值是缺乏弹性的, 研究结果是可信的。

4 结论

4.1 通过对太原市城区及近郊区 1990~2001 年土地

利用变化图谱的分析和统计表明: 11 年间, 研究区的耕地、草地、水域都有不同程度的减少, 而未利用地、建设用地、园地和林地有不同程度的增加。土地利用变化的主要方向为耕地向未利用地的转化, 以及耕地向建设用地的转化, 这是快速城市化的必然结果。

4.2 土地利用/土地覆被变化使研究区的生态系统服务价值从 1990 年的 $1\ 202.15 \times 10^6$ 元增加到 2001 年的

1 251.49×10⁶元, 生态系统服务价值呈一定的上升趋势。这主要得益于研究区内林地面积的增加。

4.3 尽管谢高地的生态服务价值表(表 2), 比 Constanza 等的更适合中国国情, 但由于研究区生态系统自身的特点, 难免会对本研究的结果产生影响, 因此, 本文引入了经济学中常用的弹性系数的概念, 对生态服务价值的敏感性指数进行了计算, 结果表明, 本文所选用的生态价值系数是比较合理的。

4.4 虽然研究区的生态系统服务价值在 11 年中有一定程度的增加, 但增长缓慢, 耕地及草地的退化问题仍然不容忽视, 所以如何有效地开发和改造未利用地以及保护耕地是当前实现土地资源可持续利用的关键, 并以此来促进该区生态环境的进一步改善。

References

- [1] 熊惠波, 周燕芳, 江 源, 耿 侃. 扎鲁特旗土地利用变化中的生态损益估算. 干旱区研究, 2003, 20(2): 98-103.
Xiong H B, Zhou Y F, Jiang Y, Geng K. Estimation on the ecological degeneration in the change of land use and land covers in Zhalot Banner, Inner Mongolia. *Arid Zone Research*, 2003, 20(2): 98-103. (in Chinese)
- [2] 彭 建, 王仰麟, 张 源, 李卫锋, 吴健生, 陈大为. 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. 地理学报, 2004, 59: 629-638.
Peng J, Wang Y L, Zhang Y, Li W F, Wu J S, Chen D W. Land use change and its ecological effect in the ecotone of northwest of Yunnan province, China: A case study of yongsheng county. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59: 629-638. (in Chinese)
- [3] 叶庆华, 刘高焕, 田国良, 叶景敏, 陈沈良, 黄 翀, 刘庆生, 常军, 石亚男, 娄维国. 黄河三角洲土地利用时空复合变化图谱分析. 地球科学, 2004, 34: 461-473.
Ye Q H, Liu G H, Tian G L, Ye J M, Chen S L, Huang C, Liu Q S, Chang J, Shi Y N, Lou W G. The tupu analysis of land use change in the yellow river delta. *Earth Science*, 2004, 34: 461-473. (in Chinese)
- [4] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 366: 253-256.
- [5] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑 度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
Xie G D, Lu C X, Leng Y F, Zheng D, Li S C. Ecological assets valuation of the Tibetan plateau. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 189-196. (in Chinese)
- [6] 李 晶, 任志远. 陕北黄土高原土地利用生态服务价值时空研究. 中国农业科学, 2006, 39: 2538-2544.
Li J, Ren Z Y. The spatial analysis of land use ecological services value in loess plateau in northern Shanxi province. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39: 2538-2544. (in Chinese)
- [7] 李晓文, 方精云, 朴世龙. 近 10 年来长江下游土地利用变化及其生态环境效应. 地理学报, 2003, 58: 659-667.
Li X W, Fang J Y, Pu S L. Landuse changes and its implication to the ecological consequences in lower Yangtze region. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58: 659-667. (in Chinese)
- [8] 喻 锋, 李晓兵, 王 宏, 余弘婧. 皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价. 地理学报, 2006, 61: 645-653.
Yu F, Li X B, Wang H, Yu H J. Land use change and eco-security assessment of Huangfuchuan watershed. *Acta Geographica Sinica*. 2006, 6: 645-653. (in Chinese)
- [9] 任志远, 李 晶, 王晓峰. 城郊土地利用变化与区域生态安全动态. 北京: 科学出版社, 2006, 325-329.
Ren Z Y, LI J, Wang X F. *Land Use Change in Urban Area and Regional Ecological Safety*. Beijing: Science Press, 2006, 325-329. (in Chinese)
- [10] 王宗明, 张 柏, 张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究. 自然资源学报, 2004, 19(1): 55-61.
Wang Z M, Zhang B, Zhang S Q. Study on the effects of land use change on ecosystem service values of Jilin province. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(1): 55-61. (in Chinese)
- [11] 吴后建, 王学雷, 宁龙梅, 芦云峰. 土地利用变化对生态系统服务价值的影响——以武汉市为例. 长江流域资源与环境, 2006, 15(2): 185-190.
Wu H J, Wang X L, Ning L M, Lu Y F. Effects of land use change on ecosystem services value—A case study in Wuhan city. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(2): 185-190. (in Chinese)
- [12] 喻建华, 高中贵, 张 露, 彭补拙. 昆明市生态系统服务价值变化研究. 长江流域资源与环境, 2005, 14 (2): 213-217.
Yu J H, Gao Z G, Zhang L, Peng B Z. Change in ecosystem service value in Kunshan city. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, 14 (2): 213-217. (in Chinese)
- [13] 郝慧梅, 任志远. 基于 RS 和 GIS 的包头市土地利用动态及其生态效应定量研究. 水土保持学报, 2006, 20(2): 139-143.
Hao H M, Ren Z Y. Analysis on land use change and its eco-environmental effects in Baotou city based on RS and GIS. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(2): 139-143. (in Chinese)
- [14] 莫宏伟, 任志远, 谢红霞. 延安市城郊区土地利用动态与生态效应变化. 水土保持学报, 2004, 18(4): 130-133.
Mo H W, Ren Z Y, Xie H X. Estimation on ecological value in changes of land-use and land-cover in suburb of Yan'an city. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(4): 130-133. (in Chinese)
- [15] 陈述彭, 岳天祥, 励惠国. 地学信息图谱研究及其应用. 地理研究,

- 2000, 19(4): 337-343.
- Chen S P, Yue T X, Li H G. Studies on geo-informatic tupu and its application. *Geographical Research*, 2000, 19(4): 337-343. (in Chinese)
- [16] 杨玉珍, 刘高焕, 刘庆生, 叶庆华, 汪小钦, 薛允传, 苏奋振. 黄河三角洲生态与资源数字化集成研究. 郑州: 黄河水利出版社, 2004: 119-135.
- Yang Y Z, Liu G H, Liu Q S, Ye Q H, Wang X Q, Xue Y C, Su F Z. *The Digital Research of Ecology and Resources in the Yellow River Delta*. Zhengzhou: The Yellow River Publishing Company, 2004: 119-135. (in Chinese)
- [17] Kreuter U P, Harris H G, Matlock M D, Lacey R E. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas. *Ecological Economics*, 2001, 39: 333-346.
- [18] 叶庆华, 刘高焕, 姚一鸣, Russi M. 黄河三角洲新生湿地土地利用变化图谱. 地理科学进展, 2003, 22(2): 141-148.
- Ye Q H, Liu G H, Yao Y M, Russi M. Tupu analysis of land use changes in the new-born wetland of the Yellow River delta. *Progress in Geography*, 2003, 22(2): 141-148. (in Chinese)
- [19] 许月卿, 李秀彬. 基于 GIS 的河北南部平原土地利用变化动态分析. 资源科学, 2003, 25(2): 77-84.
- Xu Y Q, Li X B. Dynamic change of land use in hebei southern plain based on GIS. *Resources Science*, 2003, 25(2): 77-84. (in Chinese)
- [20] 肖捷颖, 葛京凤, 沈彦俊, 梁彦庆. 基于 TM 和 ETM⁺遥感分析的石家庄市土地利用/覆被变化研究. 地理科学, 2005, 25: 495-500.
- Xiao J Y, Ge J F, Shen Y J, Liang Y Q. Research on land use/cover changes in Shijiazhuang using landsat TM and ETM⁺ data. *Scientia Geographica Sinica*, 2005, 25: 495-500. (in Chinese)
- [21] 叶庆华, 田国良, 刘高焕, 叶景敏, 娄维国. 黄河三角洲新生湿地土地覆被演替图谱. 地理研究, 2004, 23: 257-263.
- Ye Q H, Tian G L, Liu G H, Ye J M, Lou W G. Tupu analysis on the land cover evolving patterns in the new-born wetland of the Yellow River delta. *Geographical Research*, 2004, 23: 257-263. (in Chinese)
- [22] 谢高地, 张钰铨, 鲁春霞, 郑 度, 成升魁. 中国自然草地生态系统服务价值. 自然资源学报, 2001, 16(1): 47-53.
- Xie G D, Zhang Y L, Lu C X, Zheng D, Cheng S K. Study on valuation of rangeland ecosystem services of China. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(1): 47-53. (in Chinese)
- [23] 许英勤, 吴世新, 刘朝霞, 阎新华, 马依尔. 塔里木河下游垦区绿洲生态系统服务的价值. 干旱区地理, 2003, 26(3): 208-216.
- Xu Y Q, Wu S X, Liu Z X, Yan X H, Ma Y E. Value of the oasis ecosystem services in the lower reach of Tarim River basin. *Arid Land Geography*, 2003, 26(3): 208-216. (in Chinese)
- [24] 薛 亮, 马海州. 基于 RS 和 GIS 的绿洲土地利用变化动态监测研究. 干旱区地理, 2004, 27: 512-515.
- Xue L, Ma H Z. RS/GIS based study on the dynamic monitoring of land use change in oases. *Arid Land Geography*, 2004, 27: 512-515. (in Chinese)
- [25] 王 成, 魏朝富, 邵景安, 高 明, 蒋 伟. 区域生态服务价值对土地利用变化的响应—以重庆市沙坪坝区为例. 应用生态学报, 2006, 17: 1485-1489.
- Wang C, Wei C F, Shao J A, Gao M, Jiang W. Responses of regional ecological service value to land use change—A case study of Shapingba county in Chongqi. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17: 1485-1489. (in Chinese)

(责任编辑 吴晓丽)

欢迎订阅 2008 年《农业质量标准》

《农业质量标准》是由中华人民共和国农业部主管, 中国农业科学院主办, 农业部农产品质量安全中心协办, 中国农科院农业质量标准与检测技术研究所承办的刊物。

主要栏目有本刊特稿、本刊专访、专家点评、专题论坛、政策法规、农产品质量安全、农业标准化、无公害食品行动、标准制定与实施、质量认证与管理、质量监督与检验、检验检测体系建设、农业标准公告、研究与探讨、质检中心之窗、名企名品、市场信息与动态、海外博览、编读园地、广告信息等。

读者对象为与农产品质量安全和农业质量标准有关的各级农业行政管理、科研教学、检验检测、技术推广、生产企业等部门的有关人员。

本刊为双月刊, 逢双月 10 日出版。大 16 开本, 彩色四封, 56 页。全国各地邮局(所)均可订阅, 也可直接到本刊编辑部办理订阅手续。邮发代号: 82-223, 每册定价: 6.80 元, 全年共 40.80 元。

通讯地址: 北京中关村南大街 12 号中国农科院质量标准所(邮编: 100081)

联系电话/传真: (010) 62138026; E-mail: aqs@caas.net.cn