

基于 RS 和 GIS 的宁夏盐池县土地利用变化 对生态系统服务价值的影响

杨越^{1,3}, 哈斯¹, 杜会石¹, 孙保平², 赵岩², 赵瑞², 孙百生³

(1. 北京师范大学资源学院, 北京 100875; 2. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083; 3. 河北民族师范学院, 河北承德 067000)

摘要:以宁夏盐池县 1989 年、1995 年、1999 年、2003 年、2006 年和 2009 年 6 期 TM 影像为基础,运用 GIS 方法提取各年土地利用数据,分析盐池县土地利用动态变化;采用中国陆地生态系统的的服务价值测算方法,分析土地利用变化引起的生态系统服务价值变化。结果表明,1989—2009 年间盐池县土地利用变化显著,林地和建设用地面积持续增加,草地面积先减少后增加,耕地和未利用地面积先增加后减少,水域面积小幅波动变化;研究期内盐池县生态系统服务价值总体呈增加趋势,林地面积的增加起到主导作用;盐池县生态系统服务价值构成中,草地居于主导地位,贡献率为 49.8%~60.4%,林地的贡献比例持续增加,致使盐池县生态系统服务价值结构格局发生良性转变;各土地利用类型生态系统服务价值敏感性指数都小于 1,表明盐池县生态系统服务价值对生态服务功能价值系数缺乏弹性,研究结果可信。

关键词:生态系统服务价值;土地利用变化;宁夏盐池县

中图分类号:X171.4;X826

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)05-0100-06

Impacts of Land Use Change on Ecosystem Service Value in Yanchi County of Ningxia Based on RS and GIS

YANG Yue^{1,3}, HASI · Eerdun¹, DU Hui-shi¹, SUN Bao-ping², ZHAO Yan², ZHAO Rui², SUN Bai-sheng³

(1. College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University,

Beijing 100875, China; 2. College of Soil and Water Conversation, Beijing Forestry University,

Beijing 100083, China; 3. Hebei Normal University For Nationalities, Chengde, Hebei 067000, China)

Abstract:Based on TM image data in 1989, 1995, 1999, 2003, 2006 and 2009 of Yanchi County of Ningxia, the land use data of Yanchi County in each year were extracted by support of RS and GIS technology, and were used to analyze the dynamic change of land use. The land use data were studied for estimating the change of ecosystem service value caused by the land use change of Yanchi County by using the evaluation method of China terrestrial ecosystem services value. The results showed that the changes of land use were obvious during 1989 to 2009. The areas of woodland and construction land had an increasing tendency, while grassland area reduced before and increased after; while cropland and unused land area increased before and reduced after, while water area fluctuated slightly. The ecosystem service value of Yanchi County had an increasing tendency during 1989 to 1995 because the increasing woodland area had played the major role in raising the total ecosystem service value. The grassland accounted for a large proportion of the total ecosystem service value of Yanchi County, with its contribution rate from 49.8% to 60.4%. And the composition of the ecosystem service value of Yanchi County happened benign change for the increasing contribution rate of woodland. The ecosystem service value sensitivity index of each land use type is less than 1, indicating that the ecosystem service value of Yanchi County lacks flexibility on its service value index, and the research results are reliable and believable.

Key words:ecosystem service value; land use change; Yanchi County of Ningxia Hui Autonomous Region

收稿日期:2013-12-11

修回日期:2014-01-02

资助项目:国家“十二五”科技支撑计划“毛乌素沙地南缘流沙固定与植被保育技术研究与示范”(2012BAD16B0202);国家林业公益性行业科研专项“中国南方退耕还林工程建设效益监测与评价研究”(201004018)

作者简介:杨越(1983—),男(满族),河北承德人,北京师范大学资源学院,博士后,主要从事水土保持与荒漠化防治、干旱区生态恢复的研究。E-mail:yangyue131421@163.com

生态系统服务(ecosystem services)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],是人类生存和发展的物质基础和基本条件。生态系统服务价值(ecosystem services value, ESV)的定量评估是国内外生态学研究热点之一,其在理论、评价和核算方法等方面取得了很大的研究进展^[2-8]。土地利用变化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的作用^[9]。因此,研究土地利用变化背景下的生态系统服务价值变化,对于实现土地资源的可持续利用、促进经济与环境的协调发展具有重要意义。近年来,很多学者对流域^[10-12]、城市^[13-16]、干热河谷^[17]、绿洲等^[18-20]区域土地利用变化引起的生态系统服务价值变化进行了定量研究;但是这些研究的时间尺度有限,多侧重于两个时期的比较,而且对县域尺度的研究相对薄弱^[21-22]。

宁夏盐池县位于我国北方农牧交错带,独特的地理位置造成该地区自然资源的多样性和生态环境的脆弱性,也使该地区成为我国荒漠化的主要发生区域,其生态环境的优劣关系到周边地区的发展。在气候变化、人类活动及政策调控等自然和人为因素驱动下,宁夏盐池县的土地利用变化显著,进而影响着区域生态系统服务功能。保护生态环境、维持生态平衡,对于保障该地区生态安全和可持续发展具有至关重要的意义。盐池县已有的研究多集中于土地利用变化^[23-24]、荒漠化动态^[25-26]以及荒漠化治理效果^[27-28]等方面,尚未见生态系统服务价值的研究报告。因此,本文在分析盐池县 6 期土地利用动态变化的基础上,揭示土地利用变化引起的生态系统服务价值的演变规律,为区域土地资源可持续利用和生态环境建设提供决策参考。

1 研究区概况

盐池县位于宁夏回族自治区东部,北纬 37°04′—38°10′,东经 106°30′—107°41′。地势南高北低,平均海拔为 1 600 m,南部为黄土丘陵区,中北部为鄂尔多斯缓坡丘陵区。属于中温带大陆性气候,年均气温 8.1℃,极端最高气温为 34.9℃,极端最低气温为 -24.2℃,年均无霜期为 165 d,年降水量仅 250~350 mm,年蒸发量为降水量的 5 倍,年平均风速 2.8 m/s,年平均大风日 24.2 d,沙尘暴日数 20.6 d。土壤类型以灰钙土为主,其次是黑垆土和风沙土,此外有黄土,少量的盐土、白浆土等。植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地植被和荒漠化草原植被。盐池县现有 4 乡 4 镇,总人口 16.5 万人。

盐池县北与毛乌素沙漠相连,南靠黄土高原,属于一个典型的过渡地带,即:地形上自南向北是从黄土高原向鄂尔多斯台地(沙地)过渡地带,气候上是从半干旱区向干旱区的过渡地带,植被上是从干草原向荒漠的过渡地带,资源利用上是从农区向牧区过渡地带^[27]。这种地理上的过渡性造成盐池县自然资源的多样性和生态环境的脆弱性。

2 数据来源与研究方法

2.1 土地利用变化数据获取

以宁夏盐池县 1989 年、1995 年、1999 年、2003 年、2006 年和 2009 年 6 期遥感影像为基础,辅以太区地形图、地质地貌、土壤植被分布图以及野外实地调查数据。根据全国农业区划委员会 1984 年颁发的《土地利用现状调查技术规程》和盐池县土地资源特点,将其土地利用类型划分 6 类,即耕地、林地、草地、建设用地(城镇、工矿、居民用地)、水域、未利用地。在 ArcGIS 9.2 支持下按照土地利用分类系统建立解译标志,通过进行监督分类和目视解译相结合,获取 6 期土地利用数据。结合野外调查采样点的数据,在 ENVI 4.6 软件下对遥感影像分类结果进行精度检验后,得到 6 个年份的总精确度和 Kappa 指数等均接近或大于 0.8(表 1),其分类精度满足研究要求^[29]。

表 1 盐池县土地利用分类精度评估

年份	样点数量/个	总精确度	Kappa 指数
1989	315	0.82	0.79
1995	319	0.84	0.81
1999	318	0.83	0.79
2003	321	0.81	0.83
2006	326	0.85	0.82
2009	332	0.83	0.86

土地利用动态度可定量描述区域土地利用变化的速度,它对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用^[30]。单一土地利用动态度(K)是指某研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,其公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: K ——研究时段内某一种土地利用类型动态度; U_a, U_b ——研究初期、研究末期某一种土地利用类型的数量; T ——研究时段长,当 T 的时段设定为年时, K 的值就是该研究区某一种土地利用类型年变化率。

2.2 生态系统服务价值的评估

国内外众多学者已开展了对全球尺度、区域尺度以及单个生态系统和生态系统单项服务的价值评估

研究。谢高地等^[8]根据中国的实际情况,将生态服务划分为 9 项,得出了中国生态系统服务价值当量因子表,并确定 1 个生态服务价值当量因子的经济价值量等于当年全国平均粮食单产市场价值的 1/7。本文根据研究区实际情况,参考谢高地生态系统服务价值表,并对其进行修正,获得适合研究区的生态系统服务价值表(表 2)。即以宁夏盐池县 1989—2009 年年均粮食产量(1 324 kg/hm²)以及 1989—2009 年粮食平均价格(2.7 元/kg)确定宁夏盐池县 1 个生态服务价值当量因子的经济价值为 513 元。

参考已有的研究成果,结合宁夏盐池县的具体情况,将土地利用类型与最接近的生态系统相联系(耕地对应农田,林地对应森林,草地对应草地,水域对应水体,未利用地对应荒漠,建设用地暂不估算其生态系统服务功能的经济价值),据此测算出研究区土地利用类型对应于 Costanza 等^[1]所划分生态系统类型

表 2 盐池县各土地利用类型生态服务功能价值系数

元/(hm²·a)

生态服务功能	耕地	林地	草地	水域	未利用地
空气调节	256.50	1795.50	410.40	0.00	0.00
气候调节	456.57	1385.10	461.70	235.98	0.00
水源涵养	307.80	1641.60	410.40	10454.94	15.39
土壤形成与保护	748.98	2000.70	1000.35	5.13	10.26
废物处理	841.32	672.03	672.03	9326.34	5.13
生物多样性保护	364.23	1672.38	559.17	1277.37	174.42
食物生产	513.00	51.30	153.90	51.30	5.13
原材料	51.30	1333.80	25.65	5.13	0.00
娱乐文化	5.13	656.64	20.52	2226.42	5.13
合计	3544.83	11209.05	3714.12	23582.61	215.46

2.3 敏感性指数的计算

为了确定生态系统服务价值随时间的变化对于生态服务功能价值系数的依赖程度,相关研究^[12-13,15]选取经济学中的弹性系数概念来计算价值系数的敏感性指数(coefficient of sensitive, CS)。敏感性指数是指生态服务功能价值系数变动 1% 引起生态系统服务价值的变化情况,如果 CS>1,表明 ESV 相对于 VC 是富有弹性的;如果 CS<1,ESV 则被认为是缺乏弹性的,比值越大,表明生态服务功能价值系数的准确性越关键。

本文将各类土地利用类型的价值系数分别上下调整 50%,衡量总生态系统服务价值变化。敏感性指数的计算公式如下:

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

式(3)中,ESV, VC, k 的含义同式(2), i, j 分别表示初始的生态系统服务价值和生态服务功能价值系数调整后的价值。

的生态服务功能价值系数(表 2)。运用 Costanza 等^[1]的计算公式确定各土地利用类型的生态系统服务价值,其公式为:

$$ESV = \sum (A_k \times VC_k) \quad (2)$$

式中:ESV——生态系统服务价值(元); A_k ——研究区 k 种土地利用类型的面积(hm²); VC_k ——生态服务功能价值系数[元/(hm²·a)]。

目前受时间、地点、研究尺度等众多因素的影响和制约,生态系统服务价值评估方法还不完善,评估的结果也不够准确;但是将这些方法和结果应用到实际工作中也是有意义的^[3]。例如对于一个地区的生态系统服务价值进行连续评估,虽然结果不甚准确,但采用相同的方法研究其不同时间的变化趋势是具有可比性的,这在一定程度上能反映该地区生态系统服务价值的变化状况以及存在的问题,从而为生态建设、环境保护、土地持续利用等提供参考^[10-22]。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化

研究期内,盐池县草地面积最大,分布广泛;水域面积最小;耕地主要分布在北部和南部;林地分布较为零散;未利用地主要分布在中北部,并且面积明显减少(表 3)。

1989—2009 年间盐池县土地利用变化显著。耕地面积 1989—1999 年呈逐年增加趋势,年变化率相对较低;1999—2009 年呈逐年减少趋势,年变化率相对提高。前一个阶段主要是由于人口的快速增长,加之落后的农业生产力,使得人类对耕地的需求逐年加大;后一个阶段主要是由于国家实行退耕还林(草)政策、农业科技的快速发展及大量农民外出务工,减小了对耕地的需求,而且效果明显。林地面积 1989—2009 年呈逐年增加趋势,年变化率相对较高,尤其是在 1995—1999 年间变化速度最快,年变化率达到 68.50%。林地面积的变化主要是由于近些年的生态

环境建设(“三北”防护林工程、天然林保护工程、退耕还林工程、防沙治沙造林工程)及封育禁牧政策,植被得到快速恢复所致。草地面积的变化与耕地恰好相反,1989—1999 年逐年减少,1999—2009 年逐年增加,年变化率相对较低,但由于草地是盐池县的基质,其变化面积较大。水域面积的变化呈上下波动趋势,年变化率相对中等,但由于盐池县水域面积较小,其变化较为平稳,而且主要受降雨、蒸发等气候因素影响。建设用地面积比例逐年增大,由 1989 年占全县面积的 0.93% 增加到 2009 年的 4.20%,20 a 间翻了 4 倍,年变化率相对较高,在三个不同时段内(1989—

1995 年、1999—2003 年、2003—2006 年)是变化速度最快的土地类型。建设用地的变化主要是由于盐池县不断推进的城镇化步伐。未利用地面积 1995 年以前不断增加,年变化率相对较低;1995 年以后开始大幅度减少,年变化率相对较高,且在 2006—2009 年变化速度最快,年变化率为 -52.96%。未利用地的增加阶段主要是由于盐池县受自然因素和人为因素的共同影响,导致部分草地转变为流动沙地;其减少阶段主要是由于盐池县近年来以土地沙漠化治理为核心的生态建设,沙化土地得以逆转,流动沙地大幅度减少。

表 3 盐池县土地利用面积变化和年变化率

时间	项目	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1989 年	面积/hm ²	144630.36	36376.93	433823.59	5331.68	6276.54	48457.58
	比例/%	21.43	5.39	64.28	0.79	0.93	7.18
1995 年	面积/hm ²	146520.07	39211.50	424240.05	5669.13	7153.90	52102.02
	比例/%	21.71	5.81	62.86	0.84	1.06	7.72
1999 年	面积/hm ²	146992.50	66072.38	400551.18	5061.73	8638.68	47580.22
	比例/%	21.78	9.79	59.35	0.75	1.28	7.05
2003 年	面积/hm ²	138016.37	71404.07	410742.12	4589.30	11810.69	38334.13
	比例/%	20.45	10.58	60.86	0.68	1.75	5.68
2006 年	面积/hm ²	130120.08	80650.15	411417.02	4319.34	20989.29	27400.81
	比例/%	19.28	11.95	60.96	0.64	3.11	4.06
2009 年	面积/hm ²	124788.40	88276.49	415466.40	5129.21	28345.66	12890.53
	比例/%	18.49	13.08	61.56	0.76	4.2	1.91
1989—1995		1.31	7.79	-2.21	6.33	13.98	7.52
1995—1999		0.32	68.50	-5.58	-10.71	20.75	-8.68
1999—2003	年变化率/%	-6.11	8.07	2.54	-9.33	36.72	-19.43
2003—2006		-5.72	12.95	0.16	-5.88	77.71	-28.52
2006—2009		-4.10	9.46	0.98	18.75	35.05	-52.96

3.2 生态系统服务价值变化

由表 4 可知,1989—2009 年盐池县生态系统服务价值总体上呈增加趋势,尤其是从 1999 年开始增幅明显。生态系统服务价值由 1989 年的 26.678 9 亿元增加到 2009 年的 30.986 8 亿元,净增加 4.307 9 亿元,增幅 16.15%,变化显著。研究期内各类土地生态系统服务价值的变化存在明显差异:林地的生态系统服务价值增加显著,由 1989 年的 4.077 5 亿元增加到 2009 年的 9.895 0 亿元,增幅翻倍;草地的生态系统服务价值先减少后增加,变化幅度不大;耕地、水域和未利用地的生态系统服务价值整体上呈减少趋势,但又表现出一定的波动性。1989—2009 年盐池县生态系统服务价值的变化源自同期土地利用结构的变化。研究期内盐池县耕地和未利用地面积减少,林地和建设用地面积增加,由于建设用地面积的增长不会增加生态系统服务价值,因此林地面积的增

加是盐池县生态系统服务价值持续增长的主要原因。

研究期内盐池县生态系统服务价值构成中,草地居于主导地位,贡献率 49.8%~60.4%;林地和耕地次之,而且二者发生从研究期初耕地高于林地到研究期末林地高于耕地的地位转换;再次是水域,虽然比例不足 5%,但其生态服务功能不容忽视;而未利用地对生态系统服务总价值的贡献较小,不到 1%。研究期内盐池县林地生态系统服务价值增加显著,生态服务功能进一步增强,致使盐池县生态系统服务价值结构格局发生良性转变。

3.3 敏感性分析

应用式(3)将各类生态服务功能价值系数(VC)分别上下调整 50%,计算得到各年份各类 VC 的敏感性指数(CS)。

由表 5 可知,1989—2009 年间林地的 CS 呈增长趋势,耕地和草地的 CS 呈减少趋势,表明林地的 VC

变化对盐池县的生态系统服务价值(ESV)产生放大作用,耕地和草地的 VC 变化对盐池县的 ESV 产生缩小作用。CS 值由高到低的顺序是:草地、耕地或林地、水域和未利用地。CS 值相对较高的为草地,在 0.5~0.6 之间,表明草地的 VC 变化对盐池县的 ESV 影响较大,即当草地的 VC 增加 1% 时,ESV 将

增加 0.5%~0.6%。水域和未利用地的 CS 很小,位于 0~0.05 之间,表明二者的 CS 变化对盐池县的 ESV 影响不大。计算结果显示各类 VC 的 CS 均小于 1;这表明研究区生态系统服务总价值对生态服务功能价值系数缺乏弹性,所采用的生态服务功能价值系数较为适宜,研究结果可信。

表 4 1989—2009 年盐池县生态系统服务价值

年份	项目	耕地	林地	草地	水域	未利用地	合计
1989 年	价值/亿元	5.1269	4.0775	16.1127	1.25.74	0.1044	26.6789
	比例/%	19.22	15.28	60.40	4.71	0.39	100.00
1995 年	价值/亿元	5.1939	4.3952	15.7568	1.3369	0.1123	26.7951
	比例/%	19.38	16.40	58.81	4.99	0.42	100.00
1999 年	价值/亿元	5.2106	7.4061	14.8770	1.1937	0.1025	28.7899
	比例/%	18.10	25.72	51.67	4.15	0.36	100.00
2003 年	价值/亿元	4.8924	8.0037	15.2555	1.0823	0.0826	29.3165
	比例/%	16.69	27.30	52.04	3.69	0.28	100.00
2006 年	价值/亿元	4.6125	9.0401	15.2805	1.0186	0.0590	30.0108
	比例/%	15.37	30.12	50.92	3.39	0.20	100.00
2009 年	价值/亿元	4.4235	9.8950	15.4309	1.2096	0.0278	30.9868
	比例/%	14.28	31.93	49.80	3.90	0.09	100.00

表 5 盐池县生态系统服务价值的敏感性

年份	耕地	林地	草地	水域	未利用地
1989	0.19	0.15	0.60	0.05	0.004
1995	0.19	0.16	0.59	0.05	0.004
1999	0.18	0.26	0.52	0.04	0.004
2003	0.17	0.27	0.52	0.04	0.003
2006	0.15	0.30	0.51	0.03	0.002
2009	0.14	0.32	0.50	0.04	0.001

4 结论与讨论

(1) 1989—2009 年间盐池县林地和建设用地面积持续增加,耕地和未利用地面积先增加后减少,草地面积先减少后增加,水域面积呈小幅波动变化。这表明在研究期内盐池县土地利用变化首先由草地向耕地、未利用地、林地和建设用地发展,随后由耕地和未利用地向林地、草地和建设用地发展。这种显著的土地利用变化主要受自然和人为因素的双重影响,尤其以人为干扰为重;相关环境保护政策和生态治理工程的实施对土地利用结构的调整也起到至关重要的作用。

(2) 土地利用变化是生态系统服务价值变化的决定性因素。1989—2009 年间盐池县土地利用变化引起生态系统服务功能及其价值的改变,生态系统服务价值总体上以年均 0.8% 的速度持续增长。盐池县生态系统服务价值主要是由耕地、林地和草地支撑构成,各时段中三者的生态系统服务价值之和所占比

例均在 90% 以上。期间随着“三北”防护林工程、天然林保护工程、退耕还林工程、防沙治沙造林工程等生态建设的相继实施,退化草地得以恢复,林地面积显著增加,土地利用变化的生态效益十分明显。尤其是林地面积的显著增加,不仅平衡了因耕地、未利用地等面积减少而缺失的生态系统服务价值,而且保持生态系统服务总价值继续增长,使盐池县生态系统服务价值结构格局发生良性转变。因此,盐池县在经济建设和土地开发的过程中,应采取积极的措施保护林地和草地,以维护生态系统的服务功能,实现区域生态系统的持续健康发展。

(3) 各土地利用类型在不同年份之间的 CS 存在一定差异,反映出土地利用动态变化对生态系统服务价值产生的影响。草地的 CS 值相对较高,其 VC 变化对盐池县的 ESV 影响较大,体现出草地在盐池县的基质作用。这与结论(2)草地在盐池县生态系统服务价值构成中的绝对优势相辅相成。各类 VC 的 CS 均小于 1 也表明本文所采用的生态服务功能价值系数较为适宜,研究结果可信。

(4) 本研究采用的生态系统服务价值计算方法简单直观,但存在一定的局限性。估算生态系统服务价值时,每种土地利用类型是采用相同的生态价值系数,但实际上每种土地利用类型都包含几种相关的生态系统类型,如林地就有温带落叶阔叶林、亚热带常绿阔叶林等多种植被类型,其生态服务价值是不同

的。如能给细分后的土地利用类型各赋予与其生态功能相符的生态价值系数,则会使估算结果更接近实际值,尚有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Costanza R, Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [2] Daily G C, Matson P A, Vitousek P M. Ecosystem services supplied by soil [M] // Daily D C. *Nature's Service: Societal Dependence on Natrual Ecosystems*. Island Press, Washington, 1997: 113-132.
- [3] 欧阳志云,王如松,赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. *应用生态学报*, 1999, 10(5): 635-640.
- [4] 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.
- [5] 张仲新,张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. *科学通报*, 2000, 45(1): 17-22.
- [6] 谢高地,鲁春霞,成升魁,等. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. *资源科学*, 2001, 23(6): 5-9.
- [7] 谢高地,张钰铨,鲁春霞,等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. *自然资源学报*, 2001, 16(1): 47-53.
- [8] 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.
- [9] Turner B L II, Skole D, Sanderson S, et al. Land-use and land-cover change: science/research plan [R]. IGBP Report No. 35/HDP Report No. 7. Stockholm: IGBP, 1995.
- [10] 向悟生,李先琨,丁涛,等. 土地利用变化对漓江流域生态服务价值影响[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(6): 46-50, 55.
- [11] 李进鹏,王飞,穆兴民,等. 延河流域土地利用变化对其生态服务价值的影响[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(3): 110-114.
- [12] 杜会石,南颖,朱卫红. 图们江流域土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. *吉林大学学报:地球科学版*, 2010, 40(3): 671-677.
- [13] 吴后建,王学雷,宁龙梅,等. 土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以武汉市为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(2): 185-190.
- [14] 彭文甫,周介铭,罗怀良,等. 城市土地利用变化对生态系统服务价值损益估算:以成都市为例[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(4): 43-51, 277.
- [15] 叶延琼,章家恩. 广州市土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究[J]. *生态科学*, 2008, 27(2): 119-123.
- [16] 申海建,郭荣中,江艺明,等. 基于 RS 和 GIS 的土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以北京市为例[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(11): 4781-4783.
- [17] 周红艺,熊东红,杨忠. 元谋干热河谷土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. *农业工程学报*, 2008(3): 135-138.
- [18] 王洪亮,何秉宇. 塔里木盆地南缘克里雅绿洲土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究[J]. *环境科学导刊*, 2011, 30(4): 60-63.
- [19] 叶长盛,董玉祥. 珠江三角洲土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. *热带地理*, 2010, 30(6): 603-608.
- [20] 徐中春,谢永生,王恒俊. 延安市城郊农村土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. *水土保持通报*, 2009, 29(3): 50-55.
- [21] 熊鹰,谢更新,曾光明,等. 喀斯特区土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以广西环江县为例[J]. *中国环境科学*, 2008, 28(3): 210-214.
- [22] 苏海霞,马礼,郭万翠. 坝上沽源县土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(4): 196-200.
- [23] 周铁军,赵廷宁. 宁夏盐池县土地利用变化分析研究[J]. *水土保持研究*, 2005, 12(6): 116-118.
- [24] 张学俭. 基于遥感和 GIS 的宁夏盐池县土地利用/覆被变化研究[D]. 北京:北京林业大学, 2005.
- [25] 祁元,王一谋,王建华,等. 基于遥感和 GIS 技术的荒漠化动态分析:以宁夏盐池为例[J]. *中国沙漠*, 2003, 23(3): 275-279.
- [26] 杨光. 基于 3S 的盐池县景观格局及荒漠化动态研究[D]. 北京:北京林业大学, 2008.
- [27] 张克斌,李瑞,侯瑞萍,等. 宁夏盐池县不同荒漠化治理措施植物多样性研究[J]. *中国水土保持科学*, 2004, 2(4): 66-72.
- [28] 沈彦,张克斌,杜林峰,等. 人工封育区植物群落恢复演替系列种群生态位动态特征:以宁夏盐池为例[J]. *生态环境*, 2007, 16(4): 1229-1234.
- [29] Jensen J R. 遥感数字影像处理导论[M]. 陈晓玲,龚威,李湘平,等,译. 北京:机械工业出版社, 2007.
- [30] 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): 81-87.