

近 10 年来神木县土地利用变化和生态效应的 地形特征分异研究

封建民, 郭玲霞, 陈玲侠

(咸阳师范学院 资源环境与历史文化学院, 陕西 咸阳 712000)

摘 要:以神木县为研究区,利用 2000 年和 2010 年 2 期遥感影像解译获得的土地利用/覆被数据和 DEM 数据,对近 10 年神木县土地利用/覆被变化(LUCC)及其生态效应的地形分异特征进行研究。结果表明:(1) 神木县各用地类型变化在不同地形因子等级下分异性特征明显。耕地在所有高程和坡度上均减少,尤其在 950~1 250 m 的较缓坡和缓坡上减少最为明显;草地、林地、建设用地和未利用地的变化主要集中在 1 050~1 250 m 的平地、微坡和缓坡上;工矿用地的变化主要集中在 950~1 250 m 坡度小于 5°的缓坡和平地;水域在海拔<950 m 和 1 150~1 250 m 的区域略有增加,而在其他高程级上明显减少,在不同坡度上的变化显示,水域在所有坡度均减少且在平地 and 微坡上减少最明显;(2) 生态系统服务价值在高度>1 250 m 的高海拔地区和坡度<5°的平地 and 微坡减少,而在其他高程和坡度级均增加。LUCC 的生态效应模数大致随高程等级增加而增加,而在各坡度等级上呈明显的“V”形特征。因而高海拔的平地 and 陡坡对研究区生态环境产生的影响最为显著。

关键词:土地利用变化;生态效应;生态系统服务价值;神木县

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)03-0132-05

Analysis on Terrain Characteristic of Land Use Changes and Its Ecological Effect During the Last 10 Years in Shenmu County

FENG Jianmin, GUO Lingxia, CHEN Lingxia

(College of Resources & Environment and Historical Culture,
Xianyang Normal University, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

Abstract: Taking Shenmu County as study area, based on the land use change information obtained from TM images in 2000 and 2010 and the data of DEM, using the method and mode about ecological value estimation, we comprehensively analyzed the change rule of land use and its ecological effect in different altitude and slope. The results show that: (1) the distribution and change of different land use types had obvious differentiation characteristics in every terrain factor level, arable area had sharply reduced in low gentle slope and gentle slope with altitude of 950~1 250 m. The areas of grassland, woodland, built-up and unused land increased significantly in flat, slight slope and gentle slope with altitude of 1 050~1 250 m. The phenomenon of the area increase of industrial land happened in the flat and slight slope with altitude of 950~1 250 m. The water body slightly increased at the altitude of <950 m and 1 150~1 250 m, but obviously reduced at the other altitude grades with reduction in all slope levels, especially concentrated in flat and slight slope area; (2) the ecosystem service values had reduced in high altitude localities with altitude >1 250 m or flat and slight slope area, meanwhile increased at the other elevation and slope levels. The modulus of ecological effects generally increased with the increase of elevation level, but appeared obvious ‘V’ shape characteristics in grade level. Thus the flat and abrupt slope land of high altitude localities with altitude more than 1 250 m strongly affected ecological environment in the studied area.

Keywords: land use change; ecological effect; ecosystem services value; Shenmu County

土地是人类赖以生产和生活的物质基础,是一个自然经济的综合体。土地利用/土地覆盖状态及变化(LUCC)趋势是人类基于社会经济目的,对土地进行长期经营的各类活动与自然环境相互作用的集中表现^[1-2],是区域生态环境质量的综合表现形式,并且能在一定程度上反映生态环境优劣程度,同时也是全球变化的重要组成部分和驱动因子之一^[3-4]。近年来,国内外学者在LUCC及生态效应研究方面做了大量的工作^[5-9],但这些研究多集中于对区域LUCC及其生态效应在二维平面的时空分异分析,而对其在地形上的分布特征及其动态变化规律的研究还比较少^[10]。

地形是最重要的环境要素之一,地形分布直接影响着人类活动方式和土地利用过程。我国地势复杂,地形起伏较大,土地利用受地形因子的制约性强,特别是近年来,随着城市化进程的加快,人类对土地的使用和改造力度不断加大,地形因子对土地利用的约束性愈显突出。地形特征在很大程度上会影响土地利用的方式和方向,进而影响土地利用的生态服务价值。利用RS和GIS技术,研究土地利用变化及其生态效应的时空变化特征,分析其与地形之间的关系,有助于揭示土地利用的环境驱动因素,提高人们对生态环境问题的认识,从而更好地为相关部门土地利用规划、管理与决策提供科学依据。

1 研究区概况

神木县位于陕西省北部,地处鄂尔多斯盆地东北部的黄土高原和毛乌素沙地过渡带,呈西北高、东南低的特点,海拔最高1 448.7 m,最低724 m,位于北纬 $38^{\circ}13'$ — $39^{\circ}27'$,东经 $109^{\circ}40'$ — $110^{\circ}54'$,面积为751 024.2 hm^2 ,属于中温带大陆性干旱、半干旱季风气候,气候特点是寒暑剧烈,气候干燥,灾害频发,四级分明;冬季漫长寒冷,夏季短促,温差大,多西北风,风沙频繁,无霜期短。全县下辖22个乡镇,人口37.8万。按照地形特点可分为3个区域,北部风沙草滩区包括大柳塔、尔林兔、大堡当、中鸡、孙家岔、麻家塔、店塔、瑶镇、西沟等乡镇,约占全县总面积的51.3%,该区地势较为平坦,海拔987~1 448.7 m,地表为流动和半固定沙地,土地利用以沙地、灌木林地、草地和水浇地为主;中部丘陵沟壑区包括神木、永兴、栏杆堡、谢家堡、高家堡、太和寨、花石崖、乔岔滩、瓦罗等乡镇,约占全县总面积的37.76%,该区海拔901~1 337 m,土地利用类型以草地、旱地、林地为主;南部黄河沿岸土石山区包括马镇、沙峁、贺家川、万镇等乡镇,约占全县总面积的10.94%,该区海拔

724~1 161 m,相对高差较大,山大沟深,石多土薄,水土流失严重,土地利用类型以草地和林地为主。

2 研究方法

2.1 数据源及土地利用信息提取

本研究采用2000年8月12日和2010年8月20日2个时相的TM/ETM影像,以及研究区30 m分辨率的DEM数据,影像质量均良好。在土地利用类型划分上,采用2007年8月颁布的《土地利用现状分类》国家标准,并结合研究区的实际情况,将土地利用类型划分为耕地(水浇地和旱地)、林地(有林地和灌木林地)、草地、水域、建设用地、工矿用地、未利用土地(沙地和裸地)7类。数据过程处理主要为:(1)利用Erdas 9.2软件对影像进行融合、校正、裁剪等预处理;(2)在Erdas 9.2软件中应用监督分类方法对2期影像进行解译分类获得土地利用数据(图1)。在数据获取过程中,根据各种地物的判读标志,参考研究区相关年份土地利用数据,并结合野外实地调查,对2期解译分类结果进行多次调整,直至分类精度检验结果大于85%满足研究需要;(3)利用Erdas 9.2软件将影像分类结果与由DEM数据生成的高程分级、坡度分级数据进行空间叠加,获得不同时期不同地形条件下的土地利用数据,为土地利用变化及其生态效应的地形分异动态变化特征的分析提供基础数据。

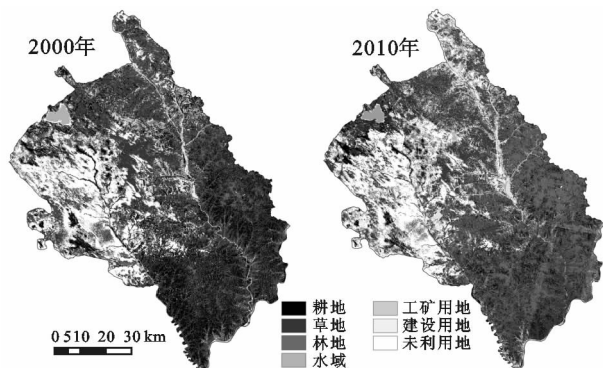


图1 研究区2000年和2010年土地利用状况

2.2 高程分级

神木县海拔最高1 448.7 m,最低724 m,平均为1 125 m,地形起伏较大。在高程分级方面,综合考虑地形变化特点及深入分析不同高程条件下LUCC及其生态效应的需要,对研究区DEM中的高程数据划分为6个等级:第1级[724 m,850 m)、第2级[850 m,950 m)、第3级[950 m,1 050 m)、第4级[1 050 m,1 150 m)、第5级[1 150 m,1 250 m)、第6级[1 250 m,1 449 m)(图2)。

2.3 坡度分级

利用DEM数据生成的坡度数据显示,神木县坡度

为 $0^{\circ} \sim 49.7^{\circ}$ 。根据国际地理学联合会地貌调查与地貌制图委员会的坡度分级体系和耕地分级体系^[11],结合神木县的地形地貌特征,将研究区坡度划分为 5 个等级:第 1 级平地 $[0^{\circ}, 2^{\circ})$ 、第 2 级微坡 $[2^{\circ}, 5^{\circ})$ 、第 3 级较缓坡 $[5^{\circ}, 8^{\circ})$ 、第 4 级缓坡 $[8^{\circ}, 15^{\circ})$ 、第 5 级陡坡 $(\geq 15^{\circ})$ (图 2)。

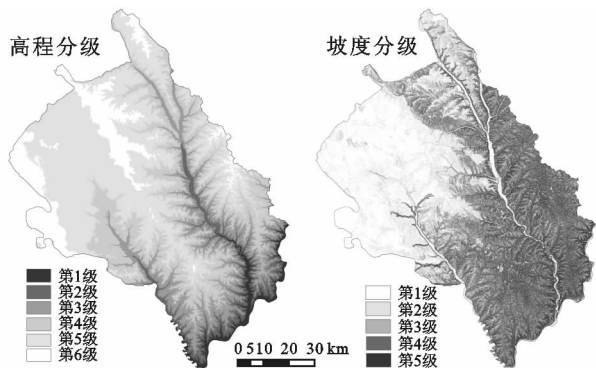


图 2 研究区地形分级

2.4 生态服务价值和效应测算

1997 年 Costanza 等^[12]提出了生态系统服务价值估算的原理和方法,为全球各地的生态系统服务价值研究提供了有意义的借鉴。该研究对生态系统服务价值估算的公式如下:

$$V = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_i E_{ij} \quad (1)$$

式中: V ——生态系统服务总价值; A_i —— i 类生态系统的面积; E_{ij} —— i 类生态系统第 j 项服务功能的价值; m ——生态系统类型数; n ——生态系统服务类别数。

2003 年谢高地等^[13]针对 Costanza 等^[12]研究的优、缺点,根据中国实情提出了中国陆地生态系统服务价值评估系统,并于 2005 年提出了我国不同省份农田生态系统生态服务价值修正系数^[14]。考虑到神木县处于陕西省北部,与内蒙古自治区接壤,本文以这两个省(自治区)的平均修正系数(0.475)来确定研究区生态系统类型单位面积生态服务价值,并以不变货币价值来分析各种土地利用类型生态系统服务总价值的地形分异特征。在计算时 7 类土地利用类型与生态系统的对应关系为:林地—森林、草地—草地、耕地—农田、水域—水体、工矿用地、建设用地和未利用地—荒漠。

不同地形等级上的生态效应除与土地利用变化的面积有关外,还受地类转化类型的影响。为客观地评估 LUCC 在不同地形等级上的生态效应,可以构建公式(2)所示的生态效应模数 H 来确定每个地形等级上单位面积 LUCC 所产生的生态效应^[10]。

$$H = \frac{|V_f - V_e|}{\sum_{i=1}^m \Delta A_{i-j}} \quad (2)$$

式中: V_e 、 V_f ——研究时段初期和末期的生态服务价值;

ΔA_{i-j} ——监测时段内第 i 类土地利用类型转化为非 i 类土地利用类型的面积; m ——土地利用类型数。

3 结果与分析

3.1 研究区 LUCC 的地形特征分析

3.1.1 不同高程等级下的 LUCC 分析 从表 1 中可以看出:① 各种土地利用类型在不同高程等级分布不均。耕地主要分布于第 3,4,5 级,在这 3 个等级上分布的耕地面积占耕地总面积的 85% 左右,表明研究区的耕地主要分布于海拔较高的地区;草地和林地相对集中于海拔较高的第 4,5 级,其余等级也有一定数量的分布,且分布较为均匀;水域在 1 200 m 左右的高海拔地区分布最广,在 1 000 m 以下的低海拔地区分布较为均匀;工矿用地主要分布于第 3,4,5 级 (>60%);建设用地主要分布于第 2,4 级 (>50%),其次分布于第 5,3 级 (>19%);未利用地集中分布于第 5 级 (>50%),其次分布于第 4,6 级,在 1 000 m 以下的低海拔地区分布较少。② 不同高程等级的土地利用结构的差异显著。在第 1 级,草地的面积最大 (>46%),其次是未利用地、林地、水域和耕地,工矿用地分布最少;在第 2,3 级,主要地类是耕地、草地和林地 (>82%),其次是未利用地 (10% 左右);在第 4 级,耕地、草地、林地、未利用地分布均匀,均在 15% 以上,工矿用地在所有的高程级上分布最多;在第 5,6 级,以草地和未利用地为主 (>76%)。③ 不同高程等级上土地利用变化差异大。在整个研究时段内,随着退耕还林(草)政策的实施,耕地在所有高程等级上均减少,减幅均在 65% 左右,且在 3,4,5 级上减量较多,而在其他等级上减量较少;草地在所有高程等级上均增加,增幅和增量在第 3,4 等级上最大,其次为第 5 等级,其他等级上增加较少;林地除第 6 等级减少外,在其他等级均增加,增量排序为:4 级 > 3 级 > 2 级 > 5 级 > 1 级,增幅随高程的增加而减小;水域在第 4,6 等级上略有增加,而在其他等级上明显减少,尤其在第 3 等级上减量和减幅最大;工矿用地除在第 2 等级上减少外,在其他等级都增加,尤其在第 5 等级上增加最明显,其次是第 4 等级,而在其他等级上增加相对较少;建设用地和未利用地在所有的等级上均增加,建设用地增加最多的是第 4,5 级,未利用地增加最多的是 5,6 级。

3.1.2 不同坡度等级下的 LUCC 分析 将研究区各期土地利用现状数据和坡度分级数据叠加,生成各年份不同坡度等级的土地利用/覆被类型数据(表 2)。可以看出神木县不同坡度等级下各个地类的分布和变化呈现明显的差异。

表 1 研究区 2000 年、2010 年不同高程等级的土地利用/覆被数据 km²

土地利用 类型	1 级			2 级			3 级			4 级			5 级			6 级		
	2000	2010	增减	2000	2010	增减	2000	2010	增减	2000	2010	增减	2000	2010	增减	2000	2010	增减
耕地	38.86	13.89	-24.97	141.99	50.54	-91.45	463.32	141.29	-322.03	638.41	198.72	-439.69	543.25	234.03	-309.22	114.11	34.88	-79.23
草地	94.68	103.88	9.20	205.34	222.62	17.28	281.28	439.85	158.57	483.07	696.43	213.36	980.51	1127.83	147.32	93.17	414.01	24.76
林地	17.92	38.86	20.94	56.14	109.85	53.72	203.83	323.86	120.03	364.93	539.80	174.87	453.57	481.13	27.56	93.17	57.48	35.69
水域	24.76	17.60	-7.16	16.20	10.60	-5.60	17.01	8.40	-8.61	1.40	4.20	2.80	43.76	35.95	-7.80	0.00	0.22	0.22
工矿用地	0.00	0.16	0.16	1.61	0.65	-0.97	5.81	9.47	3.66	10.39	28.90/	18.53	6.08	34.56	28.47	0.59	1.51	0.92
建设用地	0.11	1.72	1.61	6.78	18.89	12.11	0.70	12.43	11.73	3.01	22.71	19.70	2.37	20.67	18.30	0.86	2.37	1.51
未利用地	25.40	25.62	0.22	35.69	50.59	14.91	95.70	132.35	36.65	388.12	398.57	10.44	954.78	1050.16	95.38	296.68	384.20	87.52

从各坡度级上土地利用结构来看,平地 and 微坡地上分布的主要是未利用地和草地(>68%),其次为耕地和林地;缓坡地上 2000 年主要地类是耕地和草地(>65%),其次是林地和未利用地,而 2010 年以草地和林地为主(>76%),耕地则成为次要地类;在陡坡上 2000 年耕地、草地和林地均大于 25%,是主要的地类,随着退耕政策的实施,耕地面积减少,林草植被则大幅增加,到 2010 年耕地仅占 7.55%,而林地和草地占到 83%以上,其他地类变化不大。从各种土地利用类型在不同坡度等级分布变化情况来看,耕地大多分布于缓坡和较缓坡上,近 10 年耕地在各个坡度上面积均减少,尤其在缓坡上减少的面积最多,其减幅与坡度呈现正相关;草地除在陡坡分布较少外,在其他坡度上分布较均匀,研究时段内草地在各个坡度上均增加,尤其是在较缓坡和缓坡上增量和增幅都

较大,而在平地少最少;林地 30%以上分布在缓坡,除平地外,在其他坡度均增加,且增量和增幅在缓坡上最大,其次为较缓坡和陡坡,而在微坡地上变化不大;水域 80%以上分布在 0°~5°,在所有坡度上面积均有不同程度的减少,且减幅相当;工矿用地除在陡坡较少外,在其他坡度分布较为均匀,近 10 年在所有坡度上均呈增加趋势,增量和增幅最大的是微坡和较缓坡,其次为缓坡,而在平地 and 陡坡增加较少;建设用地多分布于平地 and 微坡地(>74%),在陡坡极少。随着城镇化的快速推进,建设用地快速增加,在所有地类中增加最快,且在所有坡度均有增加,增量最大的是微坡地 and 平地,而增幅最多的是较缓坡 and 微坡;未利用地 75%以上分布在平地 and 微坡,近 10 年在所有坡度级上均稍有增加,但其变化幅度在所有地类中最小,增幅均不超过 18%。

表 2 2000 年、2010 年研究区不同坡度带上土地利用/覆被变化 km²

土地利用 类型	平地			微坡			较缓坡			缓坡			陡坡		
	2000	2010	增减	2000	2010	增减	2000	2010	增减	2000	2010	增减	2000	2010	增减
耕地	281.71	169.92	-111.79	310.19	115.56	-194.63	407.72	126.22	-281.50	719.79	203.35	-516.44	220.52	58.29	-162.33
草地	673.88	706.01	32.13	583.24	655.79	72.55	324.67	480.11	155.44	564.88	827.97	263.09	287.47	334.73	47.26
林地	190.11	109.32	-80.79	194.52	207.76	13.24	198.45	304.43	105.98	406.75	627.43	200.68	199.74	302.06	102.33
水域	75.78	58.88	-16.90	15.45	9.74	-5.71	4.58	2.69	-1.88	4.74	3.61	-1.13	2.58	2.05	-0.54
工矿用地	7.05	14.05	7.00	7.32	26.37	19.05	3.07	15.72	12.65	5.38	16.20	10.82	1.67	2.91	1.24
建设用地	6.41	29.06	22.66	4.14	29.76	25.62	1.02	8.61	7.59	1.78	8.99	7.21	0.48	2.37	1.88
未利用地	843.15	990.85	147.69	510.74	580.60	69.86	187.74	189.46	1.72	195.27	211.04	15.77	59.48	69.54	10.07

3.2 研究区生态效应的地形特征分析

将研究区 2000 年、2010 年 2 个年份各等级的各种土地利用类型的面积乘以对应类型单位面积生态服务价值,即可获得 2 个年份各地形等级各类型的生态服务价值和总价值,并可进一步计算出 2000—

2010 年各等级生态服务价值变化情况及生态效应模数(表 3—4),由此可分析生态效应的地形分异特征。

3.2.1 不同高程等级 LUCC 的生态效应分析 2000—2010 年研究区生态系统服务总价值呈现增加的趋势,但在各高程级上变化趋势差异较大。

表 3 2000—2010 年研究区不同高程等级的服务价值与生态效应模数

项目	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
生态服务价值/ 10 ⁶ 元	2000 年	106.39	188.38	443.10	677.46	242.43
	2010 年	106.93	205.70	491.80	781.73	196.20
	变化量	0.53	17.33	48.70	104.27	-46.23
变化率/%		0.50	9.20	10.99	15.39	-19.07
地类转化面积/hm ²		11394.96	25608.87	65142.23	97816.10	129815.94
生态效应模数/(元·hm ⁻² ·a ⁻¹)		46.88	676.59	747.59	1065.99	252.11

表 4 2000—2010 年研究区不同坡度等级的服务价值与生态效应模数

项目		1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
生态服务价值/ 10^6 元	2000 年	627.76	486.26	411.99	767.55	341.22
	2010 年	500.30	454.61	471.50	898.63	401.61
	变化量	-127.47	-31.65	59.51	131.08	60.39
变化率/%		-20.31	-6.51	14.44	17.08	17.70
地类转化面积/ hm^2		84353.73	74105.06	62491.41	107399.56	40839.77
生态效应模数/ $(\text{元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$		1511.10	427.04	952.24	1220.50	1478.81

在第 5,6 级上生态系统服务价值减少,特别是在第 6 级上,60%以上为生态服务价值较高的地类向生态服务价值较低的地类的转化,因而其减幅和减量都较大。在第 1~4 等级上生态服务价值均呈现增加趋势,增量和增幅排序均为 4 级>3 级>2 级>1 级,呈现随高度增加而增大的趋势,尤其是在第 4 级由生态服务价值较低的地类向生态服务价值较高的地类转化的比率占绝对优势,因而其生态服务价值增量和增幅远远大于其他级。总体来看,研究区海拔较高地区的生态系统服务价值变化较大,对研究区生态环境的影响也更为重要。各高程等级上 LUCC 生态效应模数除第 5 级外,大致呈现随高程级增大而增大的趋势,这表明生态效应强度随海拔的增高而加大。

3.2.1 不同坡度等级 LUCC 的生态效应分析 生态服务价值变化的坡度分异显示,在第 1,2 坡度级上生态服务总价值减小,且在第 1 坡度级的减量和减幅都远远大于第 2 级;在第 3,4,5 坡度级上生态服务总价值增大,增量排序为 4 级>5 级>3 级,而增幅排序为 5 级>4 级>3 级。

各坡度等级上生态效应模数呈明显的“V”形特征,在第 2 坡度级上最小,为 427.04 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,在第 1 和第 5 级上最大,分别为 1 511.10,1 478.81 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,在第 3,4 坡度级上随坡度增大而增大。

4 结 论

(1) 各种土地利用/覆被类型在不同地形等级的分布差异较大。耕地、草地、建设用地主要分布于中海拔的平地上;林地主要分布于高海拔的缓坡上;水域在中海拔地区分布较少,且主要分布于平地上;工矿用地分布于中海拔地区,且在不同坡度上分布较均匀。在 2000—2010 年,耕地急剧减少,工矿用地急剧增加,且变化均主要集中在中海拔的缓坡;草地、林地、建设用地和未利用地的变化主要集中在高海拔的平地;水域在高海拔地区增加,在低海拔地区减少。

(2) 2000—2010 年,生态系统服务价值在中低海拔和坡度较大的地区增加,而在高海拔的平地上减

少,在 LUCC 生态效应方面,生态效应模数大致呈现随高程等级增加而增加的趋势,在各坡度等级上呈明显的“V”形特征。因而高海拔的平地 and 陡坡对研究区生态环境产生的影响最为显著。

参考文献:

[1] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global consequences of land use[J]. science,2005,309(5734):570-574.

[2] 李慧燕,常庆瑞,马廷刚,等. 铜川市土地利用/土地覆被动态变化研究[J]. 水土保持通报,2011,31(2):211-214.

[3] 周秋文,杨胜天,罗娅,等. 2001 年—2009 年中国及周边国家土地利用/覆盖变化分析[J]. 世界地理研究,2012,21(2):64-71.

[4] 封建民,王黎,文琦. 榆神府矿区土地利用变化及合理性分析[J]. 水土保持研究,2015,22(1):188-193.

[5] Ruelland D, Tribotte A, Puech C, et al. Comparison of methods for LUCC monitoring over 50 years from aerial photographs and satellite images in a Sahelian catchment [J]. International Journal of Remote Sensing,2011,32(6):1747-1777.

[6] 张杨,刘艳芳,顾渐萍,等. 武汉市土地利用覆被变化与生态环境效应研究[J]. 地理科学,2011(10):1280-1285.

[7] 封建民,郭玲霞. 陕西省神木县土地利用格局和生态服务价值变化[J]. 水土保持通报,2014,34(6):293-298.

[8] 高练,周勇. 武汉市土地利用/土地覆盖变化的生态环境效应分析[J]. 农业工程学报,2008(S1):73-77.

[9] 贡璐,吕光辉,丁建丽,等. 塔里木河上游土地利用变化中的生态价值损益分析[J]. 生态学杂志,2006,25(5):4136-4143.

[10] 李名勇,晏路明,王丽丽,等. 基于高程约束的区域 LUCC 及其生态效应研究:以福州市为例[J]. 地理科学,2013,33(1):75-82.

[11] 陈晨,夏显力. 基于生态足迹模型的西部资源型城市可持续发展评价[J]. 水土保持研究,2012,19(1):57-59.

[12] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature,1997,387(6630):253-260.

[13] 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.

[14] 谢高地,肖玉,甄霖,等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报,2005,13(3):10-13.