

神木县土地利用格局和生态服务价值变化

封建民, 郭玲霞

(咸阳师范学院 旅游与资源环境学院, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 在对土地利用信息提取的基础上, 运用土地利用变化强度、动态度、土地利用程度、生态系统服务价值对神木县土地利用时空演变特征及其生态响应进行了分析。结果表明, 2000—2010 年神木县土地利用类型转换较快, 土地利用程度明显减弱, 耕地、草地、林地、水域、工矿用地、建设用地和未利用土地的变化强度分别达到 -1.687% , 0.782% , 0.469% , -0.033% , 0.067% , 0.086% 和 0.316% 。2000—2010 年神木县生态系统服务价值呈增长态势, 10 a 间增加了 0.94 亿元, 同期耕地生态价值减少了 3.95 亿元, 林地和草地分别增加了 3.47 和 1.92 亿元, 而水域和未利用土地的生态价值变化不大。空间上, 北部乡镇生态系统服务价值以下降为主, 而南部乡镇以增长为主。

关键词: 土地利用变化; 生态系统服务价值; 神木县

文献标识码:

文章编号: 1000-288X(2014)06-0000-00

中图分类号: F301

Land Use Patterns and Ecosystem Service Values Change in Shenmu County

FENG Jian-min, GUO Ling-xia

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

Abstract: Taking the TM images in 2000 and 2010 as underlying data resource, combined with land use change quantity analytical method and GIS and RS technology, the authors analyzed land use changes and its response to ecology in Shenmu County from 2000 to 2010 by adopting the comprehensive land using dynamic degree, land use degree and ecosystem services value (ESV). The result showed that the land use patterns had transformed quickly and land use degree had reduced in Shenmu County from 2000 to 2010, in which the intensity of land use change of cultivated land, grassland, woodland, water area, industrial land, urban construction and unutilized land had reached -1.687% , 0.782% , 0.469% , -0.033% , 0.067% , 0.086% , and 0.316% , respectively. Total value of ecosystem services had increased 94 million yuan in Shenmu County from 2000 to 2010. Meanwhile, the ESV of woodland and grassland had increased 347 million yuan and 192 million yuan respectively. On the contrary, the ESV of cultivated land had decreased 395 million yuan, and water area and unutilized land had the smallest change. Spatially, total value of ecosystem services in the northern township mainly had declined, at the same time, in southern township, it had risen.

Keywords: land use patterns; value of ecosystem services; Shenmu County

土地资源是人类赖以生存和发展的物质基础, 土地利用/土地覆盖状态及变化趋势是人类活动与自然环境的集中表现^[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, 同时土地利用变化也是全球变化的重要组成部分和驱动因子之一^[3-4]。20 世纪 90 年代“土地利用覆被变化研究计划”的提出, 使土地利用变化研究成为全球环境变化研究的前沿和热点^[5]。在自然

条件和人类活动的共同作用下, 土地利用不断地发生改变, 而这种改变又造成地表景观结构的巨大变化, 不仅影响生态系统物质循环和能量流动, 而且对区域生物多样性和重要生态过程影响深刻^[6]。1997 年 Costanza^[7-8]等提出了生态系统服务价值的估算方法, 并估算了全球生物圈 16 种生态系统的服务价值, 为区域景观格局演变与生态环境响应搭建了定量评价的桥梁。同年, Pmientel 等^[9]在 Costanza 的研究

收稿日期: 2013-11-21

修回日期: 2014-01-08

资助项目: 陕西省科技计划项目“陕北资源富集区工矿型荒漠化的遥感监测与发展趋势研究”(2011JM5015); 陕西省普通高等学校优势学科建设项目(0602); 陕西省教育厅专项科研计划项目(14JK1800)

作者简介: 封建民(1972—), 男(汉族), 陕西省凤翔县人, 博士, 副教授, 主要从事环境遥感与土地利用方面的研究工作。E-mail: feng_jianmin@aliyun.com。

基础上,开展了生物多样性的环境效益和经济价值的研究。谢高地等^[10]根据中国实情制定了中国陆地生态系统单位面积生态服务价值,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^[11],为我国的生态系统服务价值评估奠定了良好的基础。近年来,生态服务价值估算研究在地理学、生态学、经济学等领域广泛展开。

神木县是能源富集、生态脆弱的典型区域,在地貌、气候、植被、景观上均呈明显的过渡性特征。近 10 a 来随着城市化进程的加快、矿产开发力度的加大以及退耕还林政策的实施,土地利用景观格局发生着明显的变化。对神木县土地利用/覆被变化的研究具有典型性和必要性,土地利用格局演变机制及其生态响应研究,可为政府部门制定生态安全前提下的土地利用规划提供科学依据,对区域环境保护和可持续发展等提供决策参考。

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 738.7 m,范围介于北纬 38°13′—39°27′,东经 109°40′—110°54′之间,面积约为 750 516 hm²,属于中温带大陆性干旱、半干旱季风季候,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,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,南部黄河沿岸土石山区包括马镇、沙峁、贺家川、万镇。

2 研究方法

2.1 数据源及土地利用信息提取

以 2000 和 2010 年的 Landsat TM 影像为基本数据源,在对影像进行几何校正、彩色合成、图像镶嵌处理的基础上,按照 2007 年 8 月颁布的《土地利用现状分类》国家标准、研究需要和神木县实际情况,将研究区土地利用类型归纳划分为耕地(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 个类型。

在野外调查的基础上,应用监督分类和目视解译相结合的方法,对两期遥感影像进行了土地利用信息提取,得出各时期土地利用状况,并应用 GIS 技术对

2 期数据进行空间叠置,最终得出神木县近 10 a 各地类面积的变化数据。

2.2 土地利用动态变化评价指标

2.2.1 土地利用变化强度指数 土地利用变化强度指数是指 i 区域内,单位面积上土地利用类型 j 从 a 时期到 b 时期的改变^[12]。其计算公式为:

$$LTI_i = \frac{K_{j,b} - K_{j,a}}{LA_i} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: LTI_i ——土地利用变化强度指数; $K_{j,b}$, $K_{j,a}$ ——研究期末 b 和研究期初 a 某土地利用类型 j 在空间单元 i 内的面积; LA_i ——空间单元 i 的土地面积; T ——研究时段长(年)。

2.2.2 土地利用动态度 土地利用动态度 LC 用来描述区域土地利用的变化率,计算公式为:

$$LC = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{\sum_{i=1}^n LU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: LU_i ——研究期初第 i 类土地利用类型面积; ΔLU_{i-j} ——监测时段内第 i 类土地利用类型转为非 i 类土地利用类型面积的绝对值; T ——监测时段长度。当 T 的时段设定为年时,LC 的值就是该研究区土地利用年变化率。

2.2.3 土地利用程度综合指数及其变化

(1) 土地利用程度综合指数的计算公式为:

$$L_j = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (3)$$

式中: A_i ——研究区域内第 i 级土地利用程度分级指数^[13]; C_i ——研究区域内第 i 级土地利用程度分级面积百分比; n ——土地利用程度分级数; L_j ——某研究区域土地利用程度综合指数(其值在 100~400 之间)。

(2) 土地利用程度变化模型为:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia})}{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia})} \quad (4)$$

式中: C_{ib} , C_{ia} ——某区研究期末 b 和研究期初 a 第 i 级土地利用程度面积百分比; R ——土地利用程度变化率。 $R > 0$, 表示该地区土地利用处于发展期, $R < 0$, 则该地区土地利用处于衰退期。

2.3 生态效应评价

根据谢高地等制定的中国陆地生态系统单位面积生态服务价值表和我国不同省份农田生态系统生态服务价值修正系数(陕西省为 0.51),确定研究区不同景观类型相对应的生态系统类型及单位面积生态服务价值表(表 1),其中建设用地和工矿用地不考虑在内,并以 2003 年货币价值为准,运用生态系统服务价值的模型来分析各种景观类型的生态系统服务

总价值和单项功能的服务价值,计算公式为:

$$\left. \begin{aligned} ESV_k &= \sum_f A_k \times VC_{kf} \\ ESV_f &= \sum_k A_k \times VC_{kf} \\ ESV &= \sum_k \sum_f A_k \times VC_{kf} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中:ESV——总服务价值;ESV_k——第 k 类型的服务价值;ESV_f——第 f 项服务功能的价值;A_k——第 k 景观类型的面积;VC_{kf}——第 k 类型第 f 项服务功能单位面积的服务价值。

表 1 研究区不同生态系统单位面积生态服务价值

元/hm²

类型	林地	草地	耕地	水域	未利用土地
气体调节	1 579.56	361.04	225.66	0.00	0.00
气候调节	1 218.51	406.17	401.66	207.60	0.00
水源涵养	1 444.16	361.04	270.78	9 197.49	13.54
土壤形成与保护	1 760.07	880.03	658.90	4.51	9.03
废物处理	591.20	591.20	740.14	8 204.64	4.51
生物多样性保护	1 471.24	491.91	320.42	1 128.26	153.45
食物生产	45.13	135.39	451.30	135.39	4.51
原材料	1 173.38	22.57	45.13	31.60	0.00
娱乐文化	577.66	18.05	4.51	2 504.71	4.51
合计	9 860.90	3 267.40	3 118.49	21 414.19	189.54

3 土地利用格局演变分析

3.1 土地利用变化强度

土地利用变化强度表示某一类型土地的减少或增加的程度。由近 10 a 神木县土地利用变化强度(表 2)可以看出,耕地流失最为明显,土地利用变化

强度指数达-1.687%;草地和林地增加显著,变化强度指数分别达 0.782%和 0.469%;工矿用地、建设用地、未利用土地的变化强度指数分别为 0.067%,0.086%和 0.316%,说明这 3 种类型都略有增加;水域的变化强度指数为-0.033%,说明水域有减少趋势。

表 2 研究区土地利用变化特征

地区	土地利用变化强度指数							土地利用动态度/%	土地利用程度变化率/%
	耕地	草地	林地	水域	工矿用地	建设用地	未利用土地		
大柳塔	-0.749	-0.592	-1.619	-0.030	0.331	0.188	2.471	5.74	-0.116 1
中鸡	-1.473	1.360	-1.217	-0.041	0.098	0.074	1.199	5.44	-0.111 7
尔林兔	0.216	0.607	-0.771	-0.116	0.016	0.073	-0.025	4.16	0.024 0
孙家岔	-0.954	0.355	-0.403	-0.069	0.327	0.074	0.670	4.88	-0.042 9
店塔	-1.969	1.455	0.346	-0.138	0.163	0.201	-0.058	5.34	-0.056 2
麻家塔	-0.757	-0.300	0.018	-0.012	0.129	0.187	0.736	4.12	-0.046 0
瑶镇	-0.382	0.240	0.040	0.019	0.007	0.148	-0.059	3.36	-0.002 6
大堡当	-0.564	-0.120	-0.276	-0.005	0.019	0.078	0.906	3.36	-0.087 2
永兴	-3.151	1.101	1.507	-0.021	0.210	0.068	0.287	5.56	-0.122 3
西沟	-1.690	1.027	0.673	0.026	0.179	0.129	-0.345	4.98	-0.036 3
栏杆堡	-3.699	1.364	2.135	0.001	0.000	0.002	0.201	5.48	-0.157 3
神木	-2.747	1.520	0.112	-0.276	0.022	0.480	0.890	6.08	-0.109 5
瓦罗	-3.785	1.912	1.501	-0.019	0.000	0.001	0.391	6.12	-0.164 3
谢家堡	-1.923	0.918	1.460	-0.005	0.000	0.017	-0.467	5.18	-0.065 9
高家堡	-1.847	1.455	1.029	0.002	0.028	0.087	-0.755	5.06	-0.044 2
马镇	-2.775	-0.335	2.780	0.090	0.000	0.006	0.235	6.44	-0.125 9
沙峁乡	-2.369	-0.232	2.968	-0.079	0.010	0.017	-0.315	6.2	-0.086 4
太和寨	-2.903	0.731	2.307	0.000	0.000	0.013	-0.150	5.56	-0.107 9
贺家川	-1.830	0.759	1.682	-0.111	0.000	0.005	-0.506	5.36	-0.057 8
乔岔滩	-3.858	2.486	1.673	-0.045	0.000	0.014	-0.270	5.92	-0.144 8
花石崖	-4.332	2.875	1.414	-0.021	0.000	0.010	0.054	6.32	-0.169 2
万镇	-3.349	2.440	0.474	-0.068	0.000	0.019	0.485	5.84	-0.156 0
神木县	-1.687	0.782	0.469	-0.033	0.067	0.086	0.316	4.92	-0.083 6

从空间演变格局来看,退耕还林还草政策促使神木县中部黄土丘陵沟壑区和南部黄河沿岸土石山区耕地向草地和林地的转换非常显著,耕地变化强度指数大多小于 -2.5% ,耕地流失强度远大于北部风沙草滩区,同期林地和草地的变化强度大多大于 1.5% 和 1.2% ,而风沙草滩区基本小于 0.5% ,甚至部分乡镇出现减少态势,可见生态退耕主要在中部和南部,且以种植生态林为主。经济发展和能源化工基地的建设,促使北部能源富集区工矿用地显著增加,同时也促使各乡镇城镇建设用地呈现增加的态势,尤其是以该县政治经济中心神木镇和以煤炭工业为主的大柳塔、店塔、麻家塔、瑶镇增长最为明显。未利用土地在 3 个区域内都有增减变化,其中以大柳塔、中鸡、大堡当、神木镇增加最为明显,从增加的原因来看,北部风沙草滩区主要是由于矿产开发造成草地和林地的退化,而中部和南部是由于部分退耕地未及时恢复林草植被,而转化为荒地。

3.2 土地利用动态度

土地利用动态度表示一个区域内土地利用类型发生变化的强烈程度。结果表明(表 2),近 10 a 来神木县土地利用动态度为 4.92% ,即每年有 4.92% 的土地利用类型发生变化。为了进一步分析土地利用动态变化的空间差异,根据 LC 值的大小将全县 22 个乡镇分为 3 类,LC 值比全县平均值小 10% 以上的为低动态度,LC 值比全县平均值大 10% 以上的为高动态度,LC 值介于两者之间为中动态度。可以看出(图 1),北部风沙草滩区土地利用利用动态度差异较大,其中尔林兔、大堡当、瑶镇和麻家塔 4 个乡镇的土地利用变化率均小于全县平均值的 10% ,中鸡、大柳塔和神木镇变化率较大,其他乡镇接近于全县平均值;中部和南部山区土地利用动态度总体较高,除谢家堡、高家堡、贺家川 3 个乡镇略大于全县平均之外,其他 9 个乡镇均大于全县平均值的 10% 以上,说明退耕还林政策实施的对当地土地利用变化产生了强烈的影响。

3.3 土地利用程度变化

土地利用程度是区域自然环境对土地利用制约和人类对土地开发利用共同作用的结果,可以反映人类对生态系统的影响。一个区域内土地利用程度的变化是多种土地利用类型变化的结果,土地利用程度及其变化量和变化率可定量地揭示该范围土地利用的综合水平和变化趋势^[14]。2000—2010 年,神木县土地利用程度变化率(R)为 -0.0836 ,表明该县土地利用呈现衰退迹象。为了进一步分析土地利用程度

变化的空间特征,根据 R 值的大小将其分为三类, $R > 0$ 为发展期, $R < -0.1$ 为强烈衰退期, R 值介于两者之间为衰退期。可以看出,除尔林兔镇之外,其他乡镇均为 $R < 0$,表明这些乡镇土地利用已经呈现衰退迹象,其中大柳塔、中鸡、永兴、神木、栏杆堡、瓦罗、马镇、太和寨、乔岔滩、花石崖和万镇处于强烈衰退期,而土地利用变化强度结果显示,大柳塔和中鸡镇林地变化强度为负,说明矿产开发对林地的破坏是土地退化的主要原因,同时,栏杆堡、瓦罗、乔岔滩、太和寨、花石崖草地和林地的变化强度均较大,说明这些乡镇生态建设中恢复林草植被并未有效遏制土地退化。

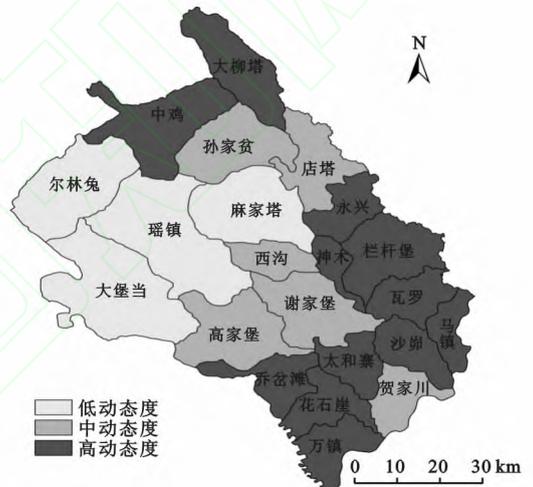


图 1 神木县土地利用动态度的空间差异

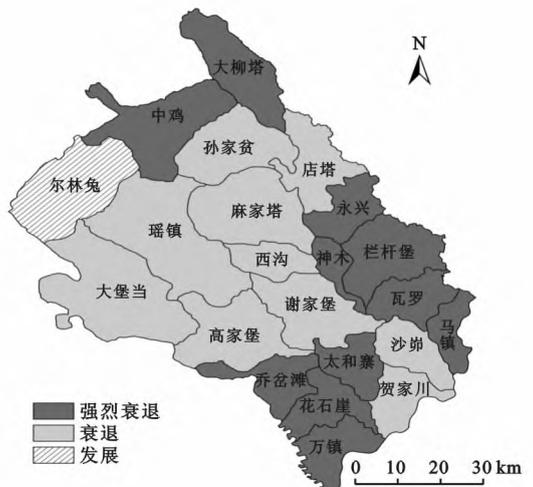


图 2 神木县土地利用程度变化的空间差异

4 土地利用格局演变的生态响应

根据两期土地利用数据,利用表 1 和公式(5)计

算得出神木县 2000—2010 年各种土地利用类型的生态系统服务价值、各项服务功能的价值和生态系统服务总价值(表 3—4)。

4.1 生态服务价值演变特征

2000—2010 年,神木县生态系统服务总价值呈现增长的态势,10 a 间增长了 0.95 亿元,耕地和水域生态价值分别减少了 3.95 和 0.54 亿元;林地和草地的生态价值分别增加了 3.47 和 1.92 亿元,足以弥补草地和水域生态价值的损失。林地、草地和耕地的生态价值在生态系统总服务价值中占主体地位,3 者之和始终占总服务价值的 90% 以上。林地面积占总土地面积的 15.82%~20.5%,其产生的生态价值占总生态价值的 41.47%~52.02%,水域面积占总土地面积的 1.4% 以下,其产生的生态价值占总生态价值

的 5.48%~7.72%;未利用地在两个时期面积比例均大于 24%,但其产生的生态价值占总生态价值比例均小于 1.4%。造成这种格局的主要原因是林地和水域的生态系统服务价值系数远大于未利用地的价值系数,由此可见,在处于干旱风沙区向黄土高原过渡区的神木县林地和水域的生态效应和景观效应在整个生态系统中占有重要的作用。

表 3 神木县 2000—2010 年生态服务价值 亿元/a

类型	耕地	草地	林地	水域	未利用地	总计
2000 年	6.05	7.95	11.71	2.18	0.34	28.24
2010 年	2.10	9.87	15.18	1.64	0.39	29.18
变化值	-3.95	1.92	3.47	-0.54	0.05	0.95
变化率	-65.25	24.11	29.65	-24.66	13.18	3.35

表 4 神木县 2000—2010 年各项服务功能服务价值

亿元/a

类型	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	食物生产	原材料	娱乐文化	总计
2000 年	ESVf 3.19	3.24	4.08	5.53	4.42	3.96	1.28	1.54	1.00	28.24
	排序 6	5	3	1	2	4	8	7	9	
2010 年	ESVf 3.67	3.39	4.23	5.83	3.83	4.37	0.80	1.91	1.15	29.18
	排序 5	6	3	1	4	2	9	7	8	
排序变化	提升	下降	未变化	未变化	下降	提升	下降	未变化	提升	

从表 4 可以看出,土壤形成与保护、水源涵养、生物多样性保护 4 项功能占总生态价值的 60% 以上,在生态环境保护中发挥着非常重要的作用,其中废物处理和食物生产服务价值对总生态价值的贡献率明显变小,其余 7 项贡献率有所增大。从各项服务功能价值变化来看,与环境质量密切相关的气体调节、气候调节、水源涵养和生物多样性保护 4 项功能价值增加明显,反映出研究区生态环境得到明显改善。从各项服务功能贡献率排序变化来看,气候调节、废物处理和食物生产 3 项生态功能下降,而生物多样性保护、气体调节和娱乐文化 3 项的贡献上升,反映出退耕还林还草政策对当地生物多样性保护产生了良好的效果,同时也恰好印证了随着生活水平的提高,人们对文化娱乐活动越来越重视,这与整个榆林地区的情况是一致的。2000—2010 年,神木县食物生产和废物处理价值呈减小趋势,10 a 间分别减少了 37.35% 和 13.28%,食物生产减速最高,年减少率为 3.75%,主要是由于退耕还林以来,食物生产价值系数最高的耕地面积大幅减少所致,其它各单项服务价值成增加趋势,其中增速最高的是原材料和气体调节,分别增加了 23.94% 和 15.11%。

4.2 生态服务价值变化的空间分异

由各乡镇土地利用数据和公式(5)计算出 2000 和 2010 年生态系统服务总价值及其变化情况,以 10 a 间减少 20% 以上为大幅下降,减小 20% 以内为下降,增加 20% 以内为增长,增加 20% 以上为大幅增长,做出生态服务价值变化空间分异图(图 3)。由图 3 可以看出,近 10 a 生态服务价值空间变化明显,北部煤矿开发区除瑶镇和西沟略有增长外,其余大部分乡镇都减少了 10% 以上,其中以大柳塔、中鸡、尔林兔和大堡当减少最多,下降最快,10 a 间分别减少了 0.76,0.63,0.69 和 0.35 亿元,分别下降 49.67%,28.89%,20.57% 和 25.64%;南部除神木镇下降 16.67% 外,其余大部分乡镇由于退耕还林政策的实施,耕地和荒地面积减小,林草植被大幅增加,10 a 间生态服务价值增加 10% 以上,其中增加最多的为栏杆堡、谢家堡、沙峁乡和高家堡,分别增加了 0.54,0.45,0.42,0.40 亿元,增幅最大的为沙峁乡、马镇、太和寨、谢家堡和乔岔滩,分别增长了 42.34%,40.80%,32.37%,30.03% 和 29.92%,而最南部的万镇,由于地形陡峭,土地退化严重,未利用土地面积增加,生态服务价值变化不大。

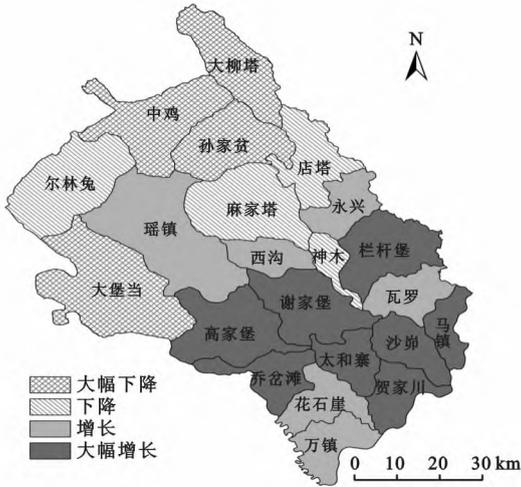


图 3 神木县 2000—2010 年生态服务价值空间变化格局

4 结论

(1) 神木县土地利用变化特征表明,严酷的自然条件决定研究区土地利用程度较低,但动态度较大,该县年均约有 5% 的土地利用类型发生变化。市场经济和能源开发促使近 10 a 建设用地和工矿用地快速增加,分别增加了 6 484.84 和 5 007.43 hm^2 ;生态退耕造成 2000—2010 年耕地减少了 126 601 hm^2 ,变化强度为 -1.69%,林地和草地分别增加了 35 202 和 58 673 hm^2 ,变化强度分别为 0.47% 和 0.78%。生态退耕使南部山区耕地向林地快速转换;能源开发造就北部乡镇城镇建设用地增加幅度明显高于南部地区。

(2) 近 10 a 神木县土地利用程度变化率为 -0.083 6,表明该县土地利用呈现衰退迹象。南部山区土地利用程度变化率大的乡镇,林地和草地增加的幅度也较大,表明这些地区生态建设中恢复林草植被并未有效遏制土地退化;北部矿区大柳塔和中鸡镇的土地利用程度率分别达 -0.116 1 和 -0.111 7,而林地减少率达到最大,土地利用变化强度指数分别达 -1.619 和 -1.217,说明煤矿开发对林地的破坏是这些地区土地退化的主要原因。

(3) 生态系统服务价值结果显示,2000—2010 年神木县生态系统服务总价值增长了 0.94 亿元,约增长了 3.3%。10 a 间耕地生态价值减少了 3.95 亿元,林地和草地分别增加了 3.47 和 1.92 亿元,而水域和未利用土地的生态价值变化不大。从空间分异来看,

北部矿产开发区以下降为主,其中大柳塔、中鸡、尔林兔和大堡当大幅下降,尔林兔、店塔、麻家塔和神木镇略有下降;南部山区以增长为主,其中栏杆堡、谢家堡、高家堡、乔岔滩、太和寨、沙峁、贺家川和马镇大幅增长;其他乡镇增长在 10% 以下。

[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,罗亚,等. 2001—2009 年中国及周边国家土地利用/覆被变化分析[J]. *世界地理研究*, 2012, 21(2): 64-71.
- [4] Liu Jianguo, Diamond J. China's Environment in Globalizing World [J]. *Nature*, 2005, 435 (7046): 1179-1186.
- [5] 陈百明,张凤荣. 我国土地利用研究的发展态势与重点领域[J]. *地理研究*, 2011, 30(1): 1-9.
- [6] 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.
- [7] Costanza R, Cumberland J, Daly H, et al. *An Introduction to Ecological Economics Florida* [M]. St: Lucie Press, 1977.
- [8] Costanza R, d' Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem service and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 386(6630): 253-260.
- [9] Pimental D, Wilson C, McCulluln C, et al. *Economic and Environmental Benefits of Bio diversity* [J]. *Bio. Science*, 1997, 47(11): 747-757.
- [10] 谢高地,鲁春霞. 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.
- [11] 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.
- [12] 李晓文,方精云,朴世龙. 近 10 a 来长江下游土地利用变化及其生态环境效应[J]. *地理学报*, 2003, 58(5): 659-667.
- [13] 文琦,刘彦随,王建兴. 生态脆弱区土地利用格局演变及其生态响应-以榆林市为例[J]. *地域研究与开发*, 2010, 29(2): 104-109.
- [14] 封建民,李晓华. 基于遥感和 GIS 的五陵原土地利用动态变化研究[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(7): 4241-4243.

中国知网