

陕北榆林市土地生态价值及生态风险动态分析

莫宏伟^{1,2}, 任志远¹, 李振国²

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062; 2. 湖南科技大学, 湖南 湘潭 411201)

摘要:以榆林市的遥感影像资料为依据,运用地学信息图谱的理论和方法,在 RS 和 GIS 的支持下,生成了榆林市 1985—2000 年的土地利用及生态价值变化图谱;在此基础上,对该区土地利用及生态价值的时空变化特征进行了分析,并作了土地生态风险动态评估。研究表明,研究期内,榆林市未利用地及水域面积减少,耕地、林地、草地及建设用地面积增加,其中草地增加最多;未利用地向草地流转及草地与耕地的相互转化占了全区土地利用类型总变动量的 79.59%,其中,北 6 县以未利用地向草地及草地向耕地流转为主,南 6 县以草地向林地及耕地向草地转变为主;土地利用变化使该区生态价值总量增加了 3.11%,其中,北 6 县占总增量的 86.74%;榆林市土地生态风险降低,与土地生态价值的变化情况能够相互印证。

关键词:榆林市;土地利用;生态价值;图谱;生态风险

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)06-0189-04

中图分类号: F321.1

Changes of Land Ecosystem Value and Ecological Risk in Yulin City of Northern Shaanxi Province

MO Hong-wei^{1,2}, REN Zhi-yuan¹, LI Zhen-guo²

(1. College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China; 2. Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411201, China)

Abstract: Based on the remote sensing data and supported by RS and GIS, the land use/cover change (LUCC) images and the ecosystem services value (ESV) change images of Yulin City during 1985—2000 were constructed by using the theory of geographic information images. According to the research on above change images, the characteristics of LUCC and its ecological effects in the study area were analyzed. Results showed that the areas of water and unused land were decreased, while the areas of farmland, forest land, rangeland, and construction land were increased in the research period. Rangeland was found to be increased fastest. The main land use change category was the transformations from unused land to rangeland, from farmland to rangeland, and from rangeland to farmland, whose areas were 79.59% of the total change. The change of land use made the ESV of the research area increase from 9.84×10^9 yuan in 1985 to 1.01×10^{10} yuan in 2000. There was 86.74% of the total increased ESV in the northern six counties where the ESV was increased by 2.66×10^8 yuan, but there was only 13.26% of the total increased ESV in the southern six counties where the ESV was raised by 4.06×10^7 yuan. During the research period, the similar changes in ecosystem service value and ecological risk index show that the eco-environmental effect of the land use changes in Yulin City is positive, but the effectiveness of ecological construction is obviously imparted by the great change from rangeland to farmland.

Keywords: Yulin City; LUCC; image; ecosystem service value; ecological risk

土地利用是人与自然交叉最为密切的环节,土地利用/覆被变化(LUCC)必然影响生态系统的结构和功能,对区域气候、水文、生物地球化学循环及生物多样性等产生重大影响^[1-2]。研究 LUCC 的生态效应对于了解区域生态环境变化、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。

自 1995 年国际地圈—生物圈计划(IGBP)和全球环境变化中的人文因素计划(IHDP)联合提出了“LUCC”研究计划以来,中外学者在 LUCC 过程、驱动力、变化趋势预测及生态效应等方面进行了大量研究^[3-6];研究方法从定性到定量、从“空间格局”到“时间过程”,再到能够把“表现空间单元特征的图”与“表

收稿日期:2009-03-03

修回日期:2009-06-10

资助项目:国家自然科学基金项目“西部河谷平原土地生态安全动态与可持续发展途径”(40771019)

作者简介:莫宏伟(1968—),男(汉族),湖南省衡阳市人,博士研究生,副教授,研究方向为城乡国土资源评价与 GIS。E-mail: mhw819@sina.com。

示事件发展之起点与过程的谱”合二为一的地学信息图谱^[7-9]。

榆林市是典型的农牧交错地带,随着煤田、天然气的大规模开发,该区又成为农牧业与工矿区的过渡带,多种界质的叠加,再加上“治沙工程”、“三北防护林工程”、“退耕还林还草”工程等生态建设项目的实施,使榆林市土地利用变化呈现出较大的波动性;本研究运用地学信息图谱理论和方法,对该区土地利用变化过程及其生态效应进行定量研究,以期生态脆弱区土地资源可持续利用和生态系统优化提供参考。

1 研究区概况

榆林市位于陕西北端,介于北纬 36°57′—39°35′,东经 107°15′—111°14′之间,辖区内大致以长城为界,北部是风沙草滩区,南部为黄土丘陵沟壑区;地势西高东低,北凹南斜,地面相对高差 300~400 m,最高点位于定边县白于山,海拔 1 907 m,最低点在清涧黄河分界处,海拔 585 m,高差 1 322 m。全市总土地面积 43 417 km²,其中北部的府谷、神木、榆阳、横山、靖边、定边等 6 县区约占总面积的 78%,南部的绥德、米脂、佳县、吴堡、清涧和子洲等 6 县约占总面积的 22%。榆林属中温带大陆季风区半干旱性草原气候,春季干燥多风,夏季炎热短促,秋季多暴雨,冬季干冷漫长;年平均气温 7.9~11.3℃,年平均降水量 316.4~513.3 mm。

2 数据来源与处理方法

榆林市 LUCC 动态数据是以 1985 和 2000 年的两期 TM 影像作为基本信息源,以 ERDAS 8.6 和 ARCGIS 9.0 作为数据处理平台,采用土地利用二级分类方法,通过计算机解译和人工目视解译相结合的方式获取的。首先利用 1:5 万地形图对两期 TM 影像作几何精校正,采用回归分析法并利用 1:5 万 DEM 对影像做辐射校正,把校正后的影像转换成 ALBERS 等面积双标准纬线圆锥投影;再运用对比度变换、空间滤波及主成分变换等方法进行图像增强处理;然后,根据影像特征及大量的野外考察相片建立解译标志,运用非监督和监督分类相结合的办法对影像进行分类,并对分类结果作分类后处理,最后将土地利用类型归并为耕地、草地、林地、水域、建设用地和未利用地 6 大类;再以 1996 年 1:10 万土地利用现状图和野外 GPS 定位考察点资料对分类结果进行修改,最终得到榆林市 1985 年和 2000 年土地利用图。对两期分类的结果按如下模型进行地图运算:
$$\text{Value}(\text{change}) = \text{Value}1985 * 10 + \text{Value}2000$$
,这样

生成的像元值本身包含了变化的类型,如 1985 年的未利用地(Value = 6)变成了 2000 年的草地(Value = 3),则运算后的像元值就是 $6 \times 10 + 3 = 63$,代表了从未利用地向草地的变化,这样便得到榆林市 1985—2000 年间土地利用变化图谱,再乘以该区各土地利用类型单位面积生态价值可得生态价值变化图谱,对图谱做统计便可以得到土地利用及生态价值(ESV)变化的各种数据。

3 土地利用变化

3.1 土地利用转移矩阵分析

从表 1 可知,1985—2000 年,榆林市耕地、林地、草地及建设用地面积分别在 1985 年的基础上增加了 3.39%、5.37%、3.46%和 18.18%;年度递增率分别为 0.22%、0.35%、0.23%和 1.12%,增量最大的是草地,增长最快的是建设用地。水域、未利用地面积则分别减少了 0.79%和 22.11%,年度递减率为 0.05%和 1.65%。研究期内,榆林市耕地转出总量中的 80.42%转变为草地,转入总量的 82.94%又来自草地,林地流出总量的 53.52%成为了草地,流入总量中的 73.90%来源于草地,草地转出总量中的 76.66%转变成了耕地,转入总量的 78.75%来自未利用地,建设用地流出总量中的 75.76%成为耕地,流入总量的 67.05%来源于耕地,未利用地转出总量的 90.71%成为草地,转入总量中 63.84%来自草地,水域的转出转入都以耕地为主。榆林市未利用地向草地转化主要发生在东北部榆阳区和神木县的沙区,治沙工程的实施是其转变的主因;草地转化为耕地以西北部的靖边县和定边县最为突出,这两县市是榆林市农业单产较低的县区,扩大种植面积是维持不断增加的人口生计的主要手段;建设用地增加主要受该区能源基地建设及相关产业发展及城镇化的影响;水域面积减少是能源开采、生产生活用水量增加及 1995—2000 年的连续干旱共同影响的结果。

3.2 土地利用变化图谱分析

由表 2 可见,研究期内,榆林市耕地、林地、草地、水域、建设用地及未利用地的变动量分别占各自 1985 年总量的 1.87%、7.59%、5.35%、3.04%、0.97%、23.08%;土地利用类型变化总面积为 278 780.35 hm²,占全区土地总面积的 6.49%。土地利用变化图谱共 29 类,其中主要有:未利用地与草地、草地与耕地、草地与林地、林地与耕地的相互转化以及未利用地向耕地、林地流转等 10 种,其变化占总变化量的 97.32%,其中未利用地向草地、草地向耕地转化分别占 44.34%和 26.20%。北 6 县以未利用

地向草地、草地向耕地及耕地向草地流转为主,3 者分别占其总变动量的 48.73%、27.89%和 8.02%;未利用地转变为草地和耕地转变为草地主要是治沙和退耕还林草工程实施的结果,草地转变为耕地主要发生在在 20 世纪 80 年代后期和 90 年代早中期,由于粮食压力增加,而沙区地下水较丰富,农作物产量比南部黄土沟壑区高,草地转耕地数量较大;但到 20 世

纪 90 年代后期、特别是 1999 年之后,流转量大幅减少。南 6 县则以草地向林地、耕地向草地、草地向耕地及未利用地向草地的转化占主导,4 种变化分别占其总变动量的 41.7%、17.48%、12.32%、8.34%;草地向林地转化主要是受分类影响,黄土丘陵沟壑区有较大面积仅有覆盖度很低的稀疏草地,后来部分转变成果木等经济林地。

表 1 榆林市 1985—2000 年土地利用转移矩阵

							hm ²	
项目	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	1985 年合计	
耕地	1 642 253.68	2 755.48	25 216.66	501.46	1 858.67	1 024.99	1 673 610.94	
林地	5 667.97	171 281.54	7 534.66	24.08	160.82	690.46	185 359.54	
草地	73 043.45	17 764.04	1 685 110.52	406.53	416.66	3 651.54	1 780 392.75	
水域	611.15	98.70	573.63	52 547.50	9.12	352.85	54 192.95	
建设用地	106.65	7.53	26.57	0.03	14 336.73	0.00	14 477.51	
未利用地	8 639.22	3 412.20	123 610.44	287.77	327.00	454 290.41	590 567.04	
2000 年合计	1 730 322.13	195 319.49	1 842 072.48	53 767.37	17 109.01	460 010.25	4 298 600.73	

表 2 榆林市 1985—2000 年主要土地利用变化图谱类型

图谱类型	全市		北 6 县		南 6 县	
	变化量/hm ²	变化量占比/%	变化量/hm ²	变化量占比/%	变化量/hm ²	变化量占比/%
未利用地—草地(63)	123 610.44	44.34	121 084.31	48.73	2 526.13	8.34
草地—耕地(31)	73 043.45	26.20	69 312.18	27.89	3 731.28	12.32
耕地—草地(13)	25 216.66	9.05	19 923.00	8.02	5 293.66	17.48
草地—林地(32)	17 764.04	6.37	5 133.60	2.07	12 630.45	41.70
未利用地—耕地(61)	8 639.22	3.10	8 604.21	3.46	35.01	0.12
林地—草地(23)	7 534.66	2.70	5 412.19	2.18	2 122.47	7.01
林地—耕地(21)	5 667.97	2.03	4 070.08	1.64	1 597.89	5.28
草地—未利用地(36)	3 651.54	1.31	3 651.54	1.47	0.00	0.00
未利用地—林地(62)	3 412.20	1.22	3 412.20	1.37	0.00	0.00
耕地—林地(12)	2 755.48	0.99	1 531.71	0.62	1 223.77	4.04
小计	271 295.68	97.32	242 135.03	97.44	29 160.65	96.27

注:括号内为像元值。

4 土地利用变化的生态效应

4.1 生态服务价值的测算方法

以谢高地等学者建立的“中国生态价值当量因子表”^[10]作为研究区生态价值测算依据,以榆林市 1985—2000 年平均粮食产量 1 312 kg/hm²^[11]为基准单产,粮食单价按 2007 年陕西省报价:1.7 元/kg,同时,考虑在没有人力投入的自然生态系统提供的经济价值是现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的 1/7^[12],算出农田自然粮食产量的经济价值为 319 元/hm²;再按当量因子测算出该区单位面积耕地、林地、草地、水域及未利用地生态服务价值分别为 2 204.29、6 271.54、2 309.56、14 677.19、133.98

元/hm²;最后依据如下公式测算出生态价值:

$$ESV = A_k \times V_k$$

式中:ESV——生态价值;A_k——研究区第 k 种土地利用类型分布面积(hm²);V_k——k 种生态系统服务功能价值指数,即单位面积生态价值。

4.2 生态价值变化图谱分析

由表 3 可知,榆林市在 1985—2000 年,生态价值总量增加了 3.11%,年度递增率为 0.20%,平均单位面积生态价值增加了 71.23 元/hm²;其中,北 6 县增加了 2.66 × 10⁸ 元,占全区总增量的 86.74%,增幅为 3.60%,年度递增率为 0.24%,平均单位面积生态价值增加了 78.96 元/hm²;南 6 县增加了 4.06 × 10⁷ 元,占全区总增量的 13.26%,增幅为 1.65%,年度递增率为

0.11%, 平均单位面积生态价值增加了 43.14 元/hm²。

研究期内, 该市的耕地、林地、草地生态价值分别增加了 1.25 × 10⁸, 6.25 × 10⁸, 1.42 × 10⁸ 元; 各占总增量的 37.89%, 18.93%, 43.18%; 水域及未利用地生态价值分别减少了 6.25 × 10⁷, 1.75 × 10⁷ 元, 各占总减损量的 26.31% 和 73.69%。其中, 北 6 县耕地、林地、草地生态价值各增加了 1.28 × 10¹⁰, 1.69 × 10⁸, 1.57 × 10⁸ 元, 分别占北 6 县总增量的 44.63%, 0.59%, 54.78%; 水域及未利用地生态价值各减少了 4.41 × 10⁷, 1.72 × 10⁷ 元, 分别占北部总减损量的

20.40% 和 79.60%。南 6 县林地生态价值提高了 6.08 × 10⁷ 元; 耕地、草地、水域、未利用地生态价值各降低了 3.18 × 10⁵, 1.49 × 10⁶, 1.83 × 10⁵, 2.80 × 10⁵ 元, 分别占南 6 县总减少值的 15.74%, 73.81%, 9.08%, 1.37%。北 6 县单位面积生态价值虽略低于南 6 县, 但增幅约为南 6 县的 1.6 倍。从上述生态价值增量的构成表明, 榆林市生态价值增量来源于林草及耕地生态系统, 且表现为南林北草, 不过耕地增量有 90.38% 来自林草植被生态系统, 其增加实际上是对区内生态价值总量的减损。

表 3 榆林市 1985—2000 年生态价值及其变化量

项目	全市			北 6 县			南 6 县		
	1985 年	2000 年	增量	1985 年	2000 年	增量	1985 年	2000 年	增量
耕地	3 689.12	3 814.13	125.01	2 570.14	2 698.32	128.18	1 118.99	1 115.81	- 3.18
林地	1 162.49	1 224.95	62.46	712.64	714.33	1.69	449.85	510.63	60.77
草地	4 111.92	4 254.38	142.45	3 328.32	3 485.67	157.35	783.61	768.71	- 14.90
水域	795.40	789.15	- 6.25	683.99	679.57	- 4.41	111.41	109.58	- 1.83
未利用地	79.12	61.63	- 17.49	78.23	61.02	- 17.21	0.89	0.61	- 0.28
生态总价值	9 838.06	10 144.25	306.19	7 373.31	7 638.91	265.60	2 464.75	2 505.34	40.59
单位面积价值	2 288.67	2 359.90	71.23	2 192.08	2 271.04	78.96	2 636.15	2 679.56	43.41

注: 生态价值和其变化量单位为: 10⁶ 元; 单位面积价值单位为: 元/hm²。

5 土地生态风险指数动态

为建立土地利用类型与综合区域生态风险之间的经验联系, 利用各类型的面积比重, 构造各土地利用类型的生态风险指数 (ERI)^[13], 用于描述综合土地生态风险的相对大小, 计算模型如下:

$$ERI = \frac{\sum_{i=1}^n A_i W_i}{A}$$

式中: A_i —— i 种土地利用类型面积; A —— 总面积; W_i —— 第 i 种土地利用类型所反映的生态风险强度参数。研究区土地利用类型面积占比数据从土地利用图中提取; 土地生态风险强度参数借用了臧淑英^[14-15]等学者的研究成果, 耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地的土地生态风险强度参数分别取 0.140 5, 0.027 8, 0.046 3, 0.057 0, 0.249 7, 0.109 9; 依据上述模型得出该区 1985 年和 2000 年的土地利用生态风险指数 (表 4)。从测算结果可知, 榆林市全区、南 6 县以及北 6 县的土地生态风险在研究期内均有不同程度的降低, 其中北 6 县比南 6 县降幅更大; 土地生态风险的变化情况与土地生态价值量变化完全对应: 生态价值量增加越多, 生态风险减少的幅度就越大, 反之亦然; 榆林市土地生态价值与土地生态风险的变化情况能够相互印证。

表 4 榆林市 1985—2000 年土地生态风险指数

年份	北 6 县	南 6 县	全市
1985 年	9.03	9.7	917
2000 年	8.96	9.66	9.11

6 结论

1985—2000 年, 榆林市耕地、林地、草地及建设用地分别增加了 3.39%, 5.37%, 3.46%, 18.18%; 水域、未利用地分别减少了 0.79% 和 22.11%。全区土地利用变化图谱类型共 29 种, 土地利用类型变化总面积占全区土地总面积的 6.49%; 其中未利用地向草地、草地向耕地转化各占流转总量的 44.34% 和 26.20%, 退耕还草占 9.05%, 草地林地化占 6.37%。北 6 县变动占比最大的为未利用地转变成草地, 南 6 县则为草地转变成林地。全市生态价值总量增加了 3.11%, 其中, 北 6 县增量占全区总增量的 86.74%; 南 6 县增量占全区总增量的 13.26%; 北 6 县单位面积生态价值低于南 6 县, 但增幅约为南 6 县的 1.6 倍。榆林市全区、南 6 县、北 6 县的土地生态风险降低, 北 6 县降幅大于南 6 县; 土地生态价值与土地生态风险的变化情况能够相互印证。

(下转第 197 页)

- 与环境, 2005, 33(S): 588-592.
- [5] 鲁彩艳, 陈欣, 史奕, 等. 东北黑土资源质量变化特征研究概述[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(3): 182-185.
- [6] Shanahan J F, Kitchen N R, Raun W R, et al. Responsive in season nitrogen management for cereals[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 61: 51-62.
- [7] 韩秉进, 隋跃宇, 赵军, 等. 黑龙江省黑土农田养分时空演变分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(4): 288-291.
- [8] 王宗明, 张柏, 宋开山, 等. 东北平原典型农业县农田土壤养分空间分布影响因素分析[J]. 水土保持学报, 2007, 21(2): 73-77.
- [9] 张兴义, 王树奎, 隋跃宇. 东北农田黑土碱解氮现状评价[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(4): 305-308.
- [10] 姚春霞, 陈振楼, 许世远. 上海市郊旱作农田土壤养分资源状况[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 131-134.
- [11] 韩秉进, 张旭东, 隋跃宇, 等. 东北黑土农田养分时空演变分析[J]. 土壤通报, 2006, 38(2): 238-341.
- [12] 黑龙江省双城县土壤普查办公室. 双城土壤志[M]. 哈尔滨: 农业出版社, 1983: 52-57.
- [13] 陈述惠, 杨腾玉, 陈飞. 测土配方施肥与常规施肥的比较试验[J]. 广西农学报, 2007, 22(6): 20-22.
- [14] Naiqian Zhang, Maohua Wang, Ning Wang. Precision agriculture: a worldwide overview[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 36: 113-132.
- [15] Udayakantha W A, Vitharana, Meirvenne M V, et al. Key soil and topographic properties to delineate potential management classes for precision agriculture in the European loess area[J]. Geoderma, 2008, 143: 206-215.
- [16] 陈云峰, 赵春江, 马金峰, 等. 基于知识模型与 WebGIS 的精准农业处方智能生成系统研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(6): 1190-1197.
- [17] 霍艾迪, 张广军, 武苏里, 等. 基于 WebGIS 的农田土壤推荐施肥信息系统的初步设计与应用[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(6): 90-102.

(上接第 192 页)

[参 考 文 献]

- [1] 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.
- [2] 吴钢, 肖寒, 赵景柱, 等. 长白山森林生态系统服务功能[J]. 中国科学(C 辑), 2001, 31(5): 471-480.
- [3] 于兴修, 杨桂山, 王瑶. 土地利用/覆被变化的环境效应研究进展与动向[J]. 地理科学, 2004, 24(5): 627-633.
- [4] 王兵, 臧玲. 我国土地利用/土地覆被变化研究近期进展[J]. 地域研究与开发, 2006, 25(2): 86-91.
- [5] 吴平, 付强. 扎龙湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 农业现代化研究, 2008, 29(3): 335-337.
- [6] 岳书平, 张树文, 闫业超. 东北样带土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 地理学报, 2007, 62(8): 879-886.
- [7] 叶庆华, 刘高焕, 陆洲, 等. 基于 GIS 的时空复合体—土地利用变化图谱模型研究方法[J]. 地理科学进展, 2002, 21(4): 349-357.
- [8] 叶庆华, 刘高焕, 田国良, 等. 黄河三角洲土地利用时空复合变化图谱分析[J]. 地球科学, 2004, 34: 461-473.
- [9] 陈燕, 齐清文, 杨桂山. 地学信息图谱的基础理论探讨[J]. 地理科学, 2006, 26(3): 306-310.
- [10] 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.
- [11] 榆林市统计局. 榆林市 1985—2000 年统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [12] 肖玉, 谢高地, 安凯. 莽措湖流域生态系统服务功能经济价值变化研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 676-680.
- [13] 曾辉, 刘国军. 基于景观结构的区域生态风险分析[J]. 中国环境科学, 1999, 20(1): 43-45.
- [14] 臧淑英, 梁欣, 张思冲. 基于 GIS 的大庆市土地利用生态风险分析[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(4): 141-145.
- [15] 韦仕川, 吴次芳, 杨杨, 等. 基于 RS 和 GIS 的黄河三角洲土地利用变化及生态安全研究: 以东营市为例[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 185-189.