

风沙过渡区土地利用变化对生态系统服务价值的影响

——以榆林市为例

封建民¹, 文琦², 郭玲霞¹

(1. 咸阳师范学院 资源环境与历史文化学院, 陕西 咸阳 712000; 2. 宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021)

摘要:基于 1990 年、2000 年、2010 年和 2015 年 TM/ETM 遥感影像解译数据,借助遥感和 GIS 方法,分析了榆林市近 25 年的土地利用变化特征,并结合研究区实际情况,在对生态服务价值当量修订的基础上,计算了研究区生态服务价值及变化趋势。结果表明:近 25 年来,榆林市土地利用变化剧烈,草地、林地、建设用地面积呈增加趋势,而耕地、未利用地、水域面积呈减少趋势。这种变化,特别是水域面积减少和建设用地的增加,造成了生态服务总价值尤其是废物处理、水源涵养、食物生产 3 项服务功能显著减少,生态服务总价值从 133.84 亿元减少到 132.35 亿元,减少了 1.49 亿元。水体对研究区生态环境起非常重要的作用,因而在未来的土地利用中要特别注意对水体的保护。

关键词:土地利用变化;生态系统服务价值;榆林市

中图分类号:F301.2; X171; F062.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)04-0304-05

Effects of Land Use Change on the Ecosystem Service Value in Ecotone of Wind and Sand

—A Case Study in Yulin City

FENG Jianmin¹, WEN Qi², GUO Lingxia¹

(1. College of Resources & Environment and Historical Culture, Xianyang Normal University, Xianyang, Shaanxi 712000, China; 2. School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Based on the land use change information obtained from TM/ETM images in 1990, 2000, 2010 and 2015, using the method and mode about ecological value estimation, we analyzed the change rule of land use and its effects on the ecosystem service value in recent 25 years in Yulin City. The results showed that grassland, cultivated land, unused land and woodland were the main land use types, and the areas of grassland, woodland, building land presented the increasing tendency while cultivated land, unused area, water area decreased during 1990—2015. This changes, in particular decrease of water area and increase of building land, has caused the ecosystem services value to decrease, especial for the decrease of ecosystem services value of waste disposal, water conservation and food production, the ecosystem service value has decreased from 13 384 million to 13 235 million yuan, reduced by 149 million yuan in the study period. Water area is the key to protection of the ecological environment, therefore, with respect to the future land use, we must specially focus on protection of the water bodies.

Keywords: land use change; ecosystem service value; Yulin City

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。土地利用状态及变化趋势是人类基于社会经济目的,对土地进行长期经营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^[3-5]。土地利用类型的变化将直接影响区域生态系统向社会提供物质和能量,进而影响

生态系统直接向人类社会提供各项服务的能力,因而近年来区域土地利用变化及其生态系统服务价值的响应研究已成为生态学和生态经济学的一个热点^[6-10]。研究土地利用背景下的生态系统服务价值变化对促进区域生态建设、研究区域可持续发展具有重要意义。

榆林市地处毛乌素沙漠和黄土高原过渡地带,风蚀沙化和水土流失严重,东南部丘陵沟壑区,是黄河中游水土流失最严重的地区。进入“九五”以来,国家把榆林列为防沙治沙重点地区。近年来随着土地沙漠化治理力度的加大、退耕还林政策的实施以及社会经济的发展,榆林市土地利用结构发生了深刻的变化,这必然会引起生态服务价值的变化。本研究利用RS和GIS技术,分析近25a来榆林市土地利用变化特征,并根据当地实际情况修正各生态系统的生态服务价值当量,计算区域生态服务价值及变化特征,旨在为区域土地利用规划、生态环境保护等决策提供科学依据。

1 研究区概况

榆林市位于陕西省北部,地处鄂尔多斯盆地东南部的黄土高原和毛乌素沙地过渡带,区内平均海拔1 000~1 500 m,呈西北高、东南低的特点,范围位于东经107°28′—111°15′,北纬36°57′—39°34′,东临黄河与山西相望,西连宁夏、甘肃,北邻内蒙,南接陕西省延安市。地域东西长385 km,南北宽约263 km,总面积43 578.68 km²。地貌大体以长城为界,北部为风沙草滩区,占全市总面积的42%,该区地势较为平坦,海拔较高,地表多为流动和半固定沙地,土地利用以沙地、灌木林地、草地和耕地为主;南部为黄土丘陵沟壑区,占全市总面积的52%,该区相对高差较大,山大沟深,石多土薄,水土流失严重,土地利用以草地、耕地、林地为主。榆林气候属暖温带和温带半干旱大陆性季风气候,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,年平均气温10℃,平均降水400 mm左右,无霜期150 d左右。全市辖榆阳、神木、府谷、定边、靖边、横山、佳县、米脂、吴堡、绥德、清涧、子洲共1区11县,全市总人口337万人。

2 数据与方法

2.1 数据来源及土地利用信息提取

以研究区1990年、2000年、2010年、2015年4期Landsat TM/ETM遥感影像为数据源,运用ERDAS 9.3软件对4期遥感影像进行波段组合、几何校正、

投影转换、图像镶嵌、裁剪等预处理的基础上,按照2007年8月颁布的《土地利用现状分类》国家标准,结合研究区土地资源利用特征、遥感影像特点及研究需要,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(居住地、工业用地和交通用地)、未利用土地(沙地和裸地)6个类型。利用监督分类和人工目视判读相结合的方法进行遥感影像的解译,生成4期土地利用数据,利用榆林市1:5万地形图以及Google Earth高分辨率影像进行精度评价,评价结果均超过85%。最后应用GIS技术对4期数据进行空间叠置,最终得出3个时段各个地类变化数据。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用变化动态分析 本研究中,通过单一土地利用动态度和土地利用变化转移矩阵来分析研究区土地利用结构变化。其中,单一土地利用动态度表征研究区某段时间内某种土地利用的数量变化速度^[10],其表达式为:

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

式中: K 为研究区某一土地利用类型动态度; U_a 、 U_b 分别为研究初期和末期某一种土地类型的面积; T 为研究时段,当 T 为年份时, K 值表示研究区某种土地利用类型的年变化率。

K 代表某一种土地利用类型面积的年际变化,反映了该类土地变化的剧烈程度,然而当该类土地与其他类型土地转入、转出双向变化较为频繁时,则不能很好地反映其转化的剧烈程度。为了反映某种土地利用类型转化的剧烈程度,采用公式(2)表示某一土地利用类型变化的动态度^[11]:

$$K_s = \frac{\Delta U_{in} + \Delta U_{out}}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: ΔU_{out} 为研究时段 T 内某一类型土地转变为其他类型的面积之和; ΔU_{in} 为其他类型转变为该类型的面积之和; K_s 为某一土地利用类型变化的动态度,其值趋于0时,说明该类型土地在研究时段内趋于稳定,其值越大,表明该类型土地在研究时段内变化愈剧烈。

2.2.2 生态服务价值评估 1997年Costanza等^[12]提出了生态系统服务价值估算的原理和方法,为区域土地利用变化与生态服务价值估算搭建了定量评价的桥梁。计算公式如下:

$$ESV = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_i E_{ij} \quad (3)$$

式中:ESV为区域生态系统服务总价值; A_i 为第 i 类生态系统的面积; E_{ij} 为第 i 类生态系统第 j 项服务功能的价值; m 为生态系统类型数; n 为生态系统服务

类别数。

2003 年谢高地等^[13],根据中国实情提出了中国不同陆地生态系统单位面积服务价值当量表。以榆林市多年平均粮食产量 $1\,916.04\text{ kg/hm}^2$ 为基准单产,按陕西省多年粮食平均单价 1.47 元/kg ,得出榆林市农田自然粮食产量的经济价值为 $402.37\text{ 元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。根据以上数据测算出榆林市不同生态系统单位面积生态系统服务价值表^[14]。

2.2.3 敏感性分析 为了揭示生态系统服务价值随时间的变化对于价值指数的依赖程度,选取弹性系数来计算研究区价值系数对生态系统服务价值的敏感性指数(coefficient of sensitive, CS)^[15-16],敏感性指数是指生态服务价值系数变动 1%引起生态系统服务价值的变化情况。本文将研究区各类土地利用类型的价值指数分别上下调整 50%,进行检验。所用公式如下:

$$CS = \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \quad (4)$$

式中: VC_{ik} 和 VC_{jk} 代表调整前后的第 k 类生态系统单位面积生态服务价值系数; ESV_i 和 ESV_j 分别代表调整前后的生态服务总价值。 CS 为研究区各生态系统服务价值系数的敏感度,如果 $CS < 1$,表明 ESV 相对于 VC 是缺乏弹性的,即生态服务价值对价值系数不敏感;反之,如果 $CS > 1$,表明 ESV 相对于 VC 是富有弹性的,即生态服务价值对价值系数敏感。 CS 越大,说明 VC 对 ESV 的影响越大,其取值的准确性也越重要,表明生态服务价值系数的准确性越关键。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

3.1.1 土地利用数量变化分析 从榆林市土地利用总体情况来看(图 1),草地所占面积最大,占到全市面积的 60%以上,是研究区最主要的土地利用类型;其次是耕地,占到全市面积 20%以上;水域所占面积比例最小,4 期都在 0.7%以下。从生态系统类型来看,榆林市以草地、耕地、林地生态系统为主要特征,这也是风沙过渡区特有的景观现象。

1990—2015 年榆林市土地利用变化很大,总体趋势表现为耕地、未利用地减少,而林地、草地、建设用地面积增加,其中耕地减少最多,达 $181\,807.54\text{ hm}^2$,由 1990 年的 26.36%下降到 2015 年的 22.19%,未利用地减少 $33\,151.88\text{ hm}^2$,减幅为 2.30%;面积增加最多的为草地,25 a 间增加了 $159\,315.89\text{ hm}^2$,增幅 0.94%,建设用地面积增加 $58\,134.18\text{ hm}^2$,增加的比例最大,达 84.09%。1990—2000 年,林地、草地、建

设用地面积增加,耕地、水域、未利用地面积减少,增幅最大的为建设用地 87.03%,减幅最大的为水域 31.22%。2000—2010 年、2010—2015 年变化趋势基本相同,表现为耕地、未利用地减少,而建设用地面积显著增加,林地、草地、水域略有增加。在退耕还林政策实施和城市化进程中,榆林市耕地减少、建设用地显著增加成为必然趋势,耕地转化为草地和建设用地占用耕地是耕地减少的主要因素。

3.1.2 土地利用动态度分析 根据公式(2)计算得出榆林市土地利用变化动态度。榆林市 2000 年以后土地利用变化的速度有所降低(图 2)。在 3 个研究时段内,6 类土地利用类型中,耕地的动态度始终最大,1990—2000 年、2000—2010 年、2010—2015 年分别达到 8.98、5.46、6.76,水域次之,分别为 5.77、2.20、1.89,林地和草地最小,均在 0.7 以下。

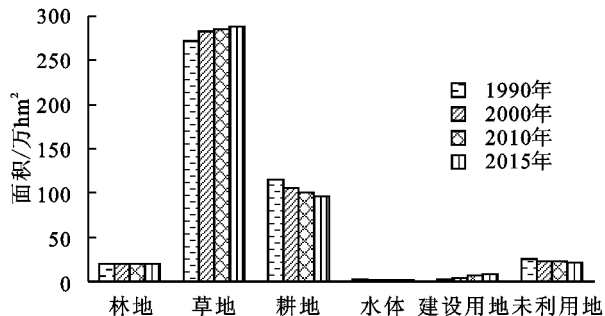


图 1 1990—2015 年榆林市土地利用变化

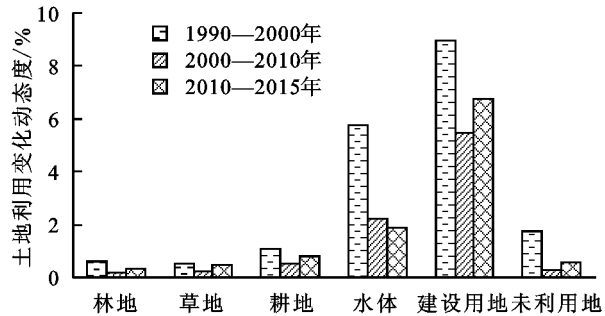


图 2 1990—2015 年榆林市土地利用变化动态度

3.2 生态服务价值分析

3.2.1 土地类型的服务功能价值变化分析 榆林市 1990 年、2000 年、2010 年和 2015 年的生态服务价值分别为 133.84、132.88、132.58、132.35 亿元,总体上呈现逐年减少的趋势,25 年间减少了 1.49 亿元(表 1)。耕地生态价值减少了 5.05 亿元;未利用土地面积持续减少,生态价值减少了 0.06 亿元;林地和草地的生态价值分别增加了 0.47、4.64 亿元,不足以弥补耕地和未利用土地生态价值的损失,故榆林市生态价值呈现了逐年减少的态势。在各种土地利用类型中草地产生的生态价值最大,约为总价值的 60%左右,其次是耕地和林地,分别占总价值的 20.32%~23.87%和 12.77%~13.27%,最少的为未利用地,其产生的生态价值仅约占总价值的 0.3%。

林地和水域面积约占总土地面积的 4.5%和 0.5%,但其产生的生态价值却约占总生态价值的 13%和 3%。

可见,在干旱风沙过渡区的榆林市林地和水域的生态效应与景观效应是十分明显的。

表 1 1990—2015 年榆林市生态服务价值

土地利用类型	1990 年		2000 年		2010 年		2015 年	
	生态价值/10 ⁶ 元	比例/%	生态价值/10 ⁶ 元	比例/%	生态价值/10 ⁶ 元	比例/%	生态价值/10 ⁶ 元	比例/%
林地	1708.59	12.77	1735.57	13.06	1746.99	13.18	1755.76	13.27
草地	7908.30	59.09	8212.79	61.81	8297.79	62.59	8372.41	63.26
耕地	3194.35	23.87	2936.14	22.10	2797.17	21.10	2688.86	20.32
水域	530.82	3.97	365.09	2.75	378.56	2.86	380.84	2.88
未利用地	42.38	0.32	38.21	0.29	37.75	0.28	36.77	0.28
合计	13384.43	100.00	13287.79	100.00	13258.26	100.00	13234.63	100.00

3.2.2 生态系统服务价值的组成分析 由表 2 可以看出,生态系统各项服务功能产生的价值大小排序为:土壤形成与保护>废物处理>生物多样性保护>气候调节>水源涵养>气体调节>食物生产>原材料>娱乐文化。在 9 项服务功能中,土壤形成与保护服务功能占总价值比例为 23.25%~23.71%,废物处理服务价值所占比例为 18.17%~18.65%,生物多样性保护服务价值所占比例为 13.72%~13.97%,气候调节服务价值所占比例为 12.03%~12.17%,水源涵养服务价值所占比例为 11.86%~12.20%,气体调节服务价值所占比例为 10.30%~10.59%,其他各服务功能的价值均在 6%以下。这也正好反映了处于干旱风沙过渡区的榆林市生态系统类型的分布格局

和服务功能的构成情况,榆林市以草地和耕地生态系统为主,这两者的面积占到总面积的 88%以上,而草地和耕地的土壤形成与保护、废物处理、生物多样性保护、气体调节的价值较大,因此榆林市的生态服务价值主要体现在土壤形成与保护、废物处理、生物多样性保护上,三者占到总价值的 55%以上。从时间变化上来看,1990—2015 年,气体调节和土壤形成与保护的服务价值明显增加,而食物生产、废物处理和水源涵养的服务价值显著减少,其他服务功能价值变化不大。造成这一结果的主要原因是产生较大气体调节和土壤形成与保护服务功能的林地和草地面积不断扩大,而产生最大食物生产、废物处理和水源涵养服务价值的耕地和水域面积持续减少。

表 2 1990—2015 年榆林市生态系统各类服务价值构成

项目	1990 年		2000 年		2010 年		2015 年	
	生态价值/10 ⁶ 元	比例/%	生态价值/10 ⁶ 元	比例/%	生态价值/10 ⁶ 元	比例/%	生态价值/10 ⁶ 元	比例/%
气体调节	1378.69	10.30	1397.98	10.52	1399.14	10.55	1400.95	10.59
气候调节	1610.78	12.03	1617.10	12.17	1611.31	12.15	1607.74	12.15
水源涵养	1632.47	12.20	1576.16	11.86	1580.92	11.92	1581.95	11.95
土壤形成与保护	3112.02	23.25	3144.06	23.66	3139.61	23.68	3138.34	23.71
废物处理	2495.88	18.65	2427.71	18.27	2415.94	18.22	2405.11	18.17
生物多样性保护	1836.02	13.72	1847.25	13.90	1847.81	13.94	1848.55	13.97
食物生产	802.15	5.99	776.38	5.84	759.92	5.73	747.37	5.65
原材料	304.94	2.28	306.28	2.30	306.23	2.31	306.22	2.31
娱乐文化	211.48	1.58	194.89	1.47	197.39	1.49	198.40	1.50

3.2.3 生态系统服务价值的敏感性分析 运用公式(4),将各类生态类型用地的价值指数分别上下调整 50%,计算了研究区 1990 年、2000 年、2010 年和 2015 年的生态系统服务价值敏感性指数(表 3)。结果表明,各类生态用地的敏感性指数都小于 1,ESV 对 VC 缺乏弹性,说明研究结果是可信的,所采用的生态服务价值系数适合当地情况的。1990—2015 年林地和草地敏感性指数呈增长趋势,耕地敏感性指数呈减少趋势,这就表明林地和草地的生态系统价值系

数变化会对研究区生态系统服务总价值产生放大作用,耕地生态系统价值系数变化对生态系统服务总价值产生了缩小的作用。未利用地的敏感性指数接近于 0,位于 0.002 8~0.003 2,表明未利用地生态系统价值系数变化对榆林市生态系统服务总价值的变化影响不大。水域敏感性指数在 1990—2000 年呈减少趋势,而在 2000—2015 年呈增加趋势,表明水域的生态系统价值系数变化在 1990—2000 年对榆林市生态系统服务总价值产生缩小作用,而在 2000—2015 年

对榆林市生态系统服务总价值产生放大作用。敏感性指数最高值为草地,为 0.590 9~0.632 6,说明草地对服务价值的贡献率最大,当草地生态系统价值系数增加 1%时,生态系统服务价值增加 0.5909%~0.6326%,其次为耕地和林地,分别为 0.203 2~0.238 7,0.127 7~0.132 7,水域和未利用地均在 0.04 以下。

表 3 榆林市生态系统服务价值的敏感性

年份	林地	草地	耕地	水域	未利用地
1990	0.1277	0.5909	0.2387	0.0397	0.0032
2000	0.1306	0.6181	0.2210	0.0275	0.0029
2010	0.1318	0.6259	0.2110	0.0286	0.0028
2015	0.1327	0.6326	0.2032	0.0288	0.0028

4 讨论与结论

近 25 a 来,受土地沙漠化治理和退耕还林政策直接影响,榆林市土地利用结构发生了明显的改变,表现为草地和建设用地面积显著增长,而水域、耕地和未利用地面积大幅减少。这种变化,特别是水域面积减少和建设用地面积的增加,造成了生态服务价值的减小,尤其是废物处理、水源涵养、食物生产 3 项服务功能显著减少。水体生态系统的恢复和改善,对生态系统服务功能的改善有着非常重要的影响,因而在未来的土地利用中,既要尽量减小气候干旱化对生态系统的影响,更要采取严厉措施防止矿产资源开发对水体的破坏和污染。本文在 Costanza 等^[12]生态系统服务价值研究的基础上,根据榆林市的实际情况,对研究区生态系统服务价值当量因子进行修正,计算了 1990—2015 年榆林市的生态系统服务价值。敏感度分析表明生态系统服务价值对生态服务功能价值指数是缺乏弹性的,研究结果可信。本文未计算建设用地产生的生态服务价值,根据余嘉琦等^[16]的研究,建设用地单位面积的生态服务价值当量小于 0,研究区近 25 a 来建设用地面积增长幅度很大,因而实际榆林市生态系统服务价值的损失可能比研究结果要大。另外,本研究未对榆林市各县区的去年情况进行具体分析,这些问题和因素将会在接下来的工作中继续进行研究。

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] 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] Denis Ruelland, Antoine Tribotte, Christian Puech, et al. Comparison of methods for LUCC monitoring over 50 years from aerial photograph 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,2011,31(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,2008,24(1):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):526-530.

[10] 吴海珍,阿如早,郭田保,等.基于 RS 和 GIS 的内蒙古多伦县土地利用变化对生态服务价值的影响[J].地理科学,2011,31(1):110-116.

[11] 周厚侠,望勇.基于 RS 和 GIS 的黑河中游生态服务价值对土地利用变化的影响[J].生态经济,2016,32(4):183-188.

[12] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem service and natural capital [J]. Nature, 1997,386:253-260.

[13] 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.

[14] 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.

[15] 祖皮艳木·买买提,玉米提·哈力克,肉孜·阿基,等.基于生态系统服务价值变化的焉耆盆地环境与经济协调发展[J].应用生态学报,2015,26(3):875-883.

[16] 余嘉琦,李钢,赵华,等.江苏省沛县土地利用变化及其生态服务价值研究[J].江苏农业科学,2015,43(6):371-376.