

# 宁夏盐池县不同土地利用类型的生态服务价值预测

王海星<sup>1</sup>, 张克斌<sup>2</sup>, 王黎黎<sup>2</sup>, 王志述<sup>2</sup>, 陈泳宏<sup>2</sup>

(1. 中国水电顾问集团成都勘测设计研究院, 四川 成都 610072;

2. 北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 为了评估和预测不同土地利用类型的生态服务价值,以宁夏回族自治区盐池县为例,对 6 类土地利用类型(耕地、林地、草地、盐碱地、荒漠和其他地)和其生态服务价值的变化情况进行了研究。结果表明,1999—2004 年草地和耕地转出量最大,总体以耕地转化为草地的面积多;2004—2010 年,耕地和草地转出量最大,草地和耕地互相转换的现象还存在,并且小部分草地存在沙化现象。2004 年的总生态服务价值最大,整体呈先增后减的趋势。1 级类型服务项中调节服务和支持服务的比例较高,年际间变化不明显。2 级类型服务以土壤保持、生物多样性保持和气候调节 3 项为主。总体上,各年间的林地和草地的贡献率最大。

**关键词:** 马尔科夫预测;生态服务价值;土地利用/覆盖变化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)03-0246-06

中图分类号: Q149

## Prediction of Ecological Service Values Under Different Land Use Types in Yanchi County, Ningxia Hui Autonomous Region

WANG Hai-xing<sup>1</sup>, ZHANG Ke-bin<sup>2</sup>, WANG Li-li<sup>2</sup>, WANG Zhi-shu<sup>2</sup>, CHEN Yong-hong<sup>2</sup>

(1. *HydroChina Chendou Engineering Corporation, Chendou, 610072, China;*

2. *College of Soil and Water Conservation, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)*

**Abstract:** In order to predict and evaluate the ecological service values under different land use types in Yanchi County, Ningxia Hui Autonomous Region, a research on the changes of land uses and ecological service values was conducted for six types of land uses (farmland, forestland, grassland, saline land, desert and other lands). Results showed that from 1999 to 2004, the amount of transferred grassland and farmland was greater than other land uses, with farmland being mainly transferred to grassland. From 2004 to 2010, the transferred farmland and grassland were still more than other land uses, and the conversion between grassland and farmland still occurred in this period, with a small portion of grassland being turned into desert. In these years, the total ecological service value of 2004 was the highest and the overall trend first increased and then decreased. In the first class service, the values for regulating services and support services were greater than others, but the annual changes were insignificant. Soil conservation, biodiversity conservation and climate regulation dominated in the second class service. Generally, the contribution from forestland and grassland was the largest in these years.

**Keywords:** Markov prediction process; ecological service value; land use/cover change

进入 20 世纪 90 年代,随着全球变化研究的逐渐深化,土地利用/覆被变化研究引起了科学界的重视,分别被“全球地圈与生物圈计划”(IGBP)和“全球环境变化人文计划”(IHDP)列入核心研究区域<sup>[1]</sup>,其

中,土地利用/覆被变化与其他全球环境变化的关系是核心问题。2000 年土地利用变化与中国可持续发展重点问题相互关系的宏观分析被列为中国科学院创新工程重点项目的研究课题,国土资源部也将《土

收稿日期:2011-11-10

修回日期:2012-09-05

资助项目:国家自然科学基金项目“半荒漠地区湿地植被群落时空分布特征研究”(30771764);国家林业局荒漠化定位监测项目“盐池荒漠化定位监测”(660550)

作者简介:王海星(1986—),男(汉族),山西省大同市人,博士,主要研究方向为荒漠化防治与监测。E-mail:wwwtom526@163.com。

通信作者:张克斌(1957—),男(汉族),陕西省咸阳市人,教授,博士生导师,主要研究方向为荒漠化防治与监测。E-mail:CTCCD@bjfu.edu.cn。

地利用和土地覆被变化过程及效应》作为 2001 年科技专项研究计划重点项目。2003 年土地利用/覆被变化环境效应的评估模型被列为 2003 年国家自然科学基金重大研究计划项目优先资助领域,土地利用/覆盖变化及其环境效应被列为国家自然科学基金委员会地球科学部重点项目“全球变化与地球系统”中拟重点研究的关键科学问题<sup>[2]</sup>。

生态服务价值是指人类通过生态系统的结构和功能直接或间接提供生命支持产品和服务的价值。生态服务价值已得到国际和各国政府的广泛关注,并成为社会学、经济学和生态学共同研究的热门话题。1977 年 Westman<sup>[3]</sup>提出了“自然的服务”(nature's services)概念及其价值评估问题,1997 年 Daily<sup>[4]</sup>及 Constanza 等<sup>[5]</sup>综合了国际上已经出版的用各种不同方法对生态系统服务价值的评估研究结果,在世界上最先开展了对全球生物圈生态系统服务价值的估算,将生态系统服务的研究推向了一个高潮。欧阳志云等<sup>[6]</sup>国内学者从生态系统功能着手,表明了我国陆地生态系统具有巨大的生态经济效益,对我国可持续发展具有不可替代的作用。

宁夏回族自治区盐池县地理位置特殊,属于典型的过渡地带,地形上自南向北从黄土高原向鄂尔多斯台地(荒漠)过渡,气候上从半干旱区向干旱区过渡,植被上从干草原向荒漠草原过渡,资源利用上从农区向牧区过渡。这种地理上的过渡性造成了该县自然资源条件的多样性、苛刻性和脆弱性特点,因此,在该县的相关研究就显得尤为重要。生态服务价值的变化是生态系统的结构和功能的改变,主要是由土地利用/覆被变化引起的,为此本文利用遥感技术和马尔科夫预测理论,并结合现有调查的数据,评估和预测该县土地利用/覆被变化以及生态服务价值的演变规律,实现土地资源的优化配置和可持续利用。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

盐池县地理坐标为北纬  $37^{\circ}04'$ — $38^{\circ}10'$ ,东经  $106^{\circ}30'$ — $107^{\circ}41'$ ,位于宁夏回族自治区东部、毛乌素沙漠的南缘,属于陕、甘、宁、蒙 4 省(区)交界地带,东邻陕西定边县,南接甘肃环县,北靠内蒙古鄂托克前旗,西连灵武市。盐池县内地势南高北低,海拔高度  $1\ 295\sim 1\ 951\text{ m}$ ,总面积  $8\ 661.3\text{ km}^2$ ,是宁夏面积最大的县。该县属于典型中温带大陆性气候,年均气温  $8.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,极端最高均温  $34.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,极端最低温  $-24.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年均无霜期  $165\text{ d}$ ;年降水仅  $250\sim 350\text{ mm}$ ,从南向北,从东南向西北递减。

### 1.2 数据的采集和处理

研究所用的软件主要是 ARCGIS DESKTOP, ERDAS, ENVI 等地理信息软件及遥感图像处理软件。本研究选取了 1999, 2004, 2010 这 3 期影像,成像时间在 7 月到 8 月初(表 1)。利用 ARCGIS DESKTOP 对栅格数据分析和矢量数据进行绘制,采用 ENVI 的辐射定标和模块 FLAASH 进行大气校正,利用 ERDAS 进行土地利用类型的分类。建立 3 期土地利用数据库。在《中国土地分类系统》的基础上,将该县的土地利用类型总共分为 6 类:耕地、林地、草地、盐碱地、荒漠和其他地。

表 1 研究用影像数据基本参数

序号	数据类型	轨道号 (p/r)	成像时间	太阳方位角/ $^{\circ}$	太阳高度角/ $^{\circ}$
1	ETM <sup>+</sup>	129/34	19990812	130.46	59.35
2	TM	129/34	20040817	129.55	56.66
3	TM	129/34	20100717	120.59	63.29

注:p 指卫星影像经度方向的位置;r 指卫星影像纬度方向的位置。

### 1.3 马尔科夫预测模型

本研究利用马尔柯夫模型,以宁夏盐池县 2010 年土地利用/覆盖现状为初始状态,预测未来 5 a 及 10 a 后的土地利用/覆盖变化。该模型是基于 Markov 过程理论并用于具有无后效性特征地理事件的预测,是预测土地利用变化较好的方法<sup>[7-10]</sup>。

用于土地利用/覆盖变化,转移矩阵  $A$  中: $A_{ij}$  是指  $k$  时期  $i$  种土地利用类型转变为  $k+1$  时期  $j$  种土地利用类型的面积。

转移矩阵模型:

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1j} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & \cdots & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ A_{i1} & \cdots & \cdots & A_{ij} & \cdots & A_{in} \\ \vdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ A_{m1} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & A_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$M^{(0)} = \sum_{l=1}^m N_l M_l / \sum_{l=1}^m N_l \quad (2)$$

式中: $A_{ij}$ ——土地类型  $i$  转化为土地类型  $j$  的概率; $M^{(0)}$ ——初始状态的转移概率矩阵; $M_l$ ——第  $l$  ( $l=1, 2, 3, \dots, m$ ) 个间隔时段内土地利用类型平均转移概率矩阵; $N_l$ ——第  $l$  ( $l=1, 2, 3, \dots, m$ ) 个间隔时段内土地利用数据的间隔时间; $m$ ——间隔时段总次数。

应用马尔柯夫模型最重要的是转移概率矩阵的确定,先计算出 1999 年到 2004 年这 5 a 的转移矩阵,再

对其取 1/5 次方即可得 1999—2004 年的转移概率矩阵,同样的方法求得 2004—2010 年这 6 a 的转移概率矩阵,最后用加权平均的方法求出 1999—2010 年 11 a 的转移矩阵。以 2010 年的为初始转移概率矩阵,预测 2015 年和 2020 年土地利用的变化。

1.4 生态服务价值评价方法

生态服务价值评价作为一种研究方法被国内外学术界广泛接受<sup>[11-18]</sup>。在国内外专家提出的生态服务价值评价模型基础上,结合中国实际情况,得到适

合中国的新的生态服务评估单价体系<sup>[19]</sup>,另外依据内地相关专家对中国各省的生态服务价值的区域修正系数(宁夏为 0.61,内蒙古为 0.44,陕西为 0.51,甘肃为 0.42)<sup>[20]</sup>。

结合研究区 4 省交界的特殊地理位置,加权得该县的修正系数为 0.66,并由此制定出宁夏盐池县不同土地利用类型生态系统服务价值当量因子表(表 2),并运用式(3)—(6)计算出有关生态服务价值的各项值:

表 2 盐池生态系统单位面积生态服务价值 元/(hm<sup>2</sup>·a)

1 级类型	2 级服务类型	耕地	林地	草地	盐碱地	荒漠	其他
供给服务	食物生产	296.41	97.81	127.45	106.71	5.93	11.40
	原材料生产	115.60	883.29	106.71	71.13	11.85	0.00
调节服务	气体调节	213.41	1 280.47	444.61	714.34	17.79	0.00
	气候调节	287.52	1 206.37	462.40	4 016.30	38.53	0.00
	水源涵养	228.23	1 212.30	450.54	3 983.69	20.75	39.91
	废物处理	412.01	509.82	391.25	4 268.25	77.07	148.24
支持服务	土壤保持	435.72	1 191.55	663.95	589.85	50.39	96.93
	生物多样性保持	302.33	1 336.79	554.28	1 093.74	118.56	228.06
文化服务	景观调节	50.39	616.53	257.88	1 390.14	71.13	136.84

$$ESV_k = \sum_f (A_k \times VC_{kf}) \quad (3)$$

$$ESV_f = \sum_k (A_k \times VC_{kf}) \quad (4)$$

$$ESV = \sum_k \sum_f VC_{kf} A_k \quad (5)$$

$$S_{KT} = \frac{|\Delta ESV_{KT}|}{\sum_{k=1}^n |\Delta ESV_{KT}|} \times 100\% \quad (6)$$

式中:ESV——总的服务价值;A——土地面积;VC——单位面积的服务价值,即价值系数;k——1 级类型中第 k 类型;f——2 级服务类型中的第 f 项服务类型;S<sub>KT</sub>——贡献率,表示第 k 类土地利用类型在 T 时间段内发生的变化所产生的生态服务价值变化量的绝对值占有所有土地利用类型产生的生态服务价值变化的总绝对值的比例;ΔESV<sub>KT</sub>——此类型土地在 T 时段内发生的变化引起的生态系统服务价值的变化量。

2 结果与分析

2.1 盐池县 1999,2004 和 2010 年不同土地利用/覆盖的面积以及 2015 年和 2020 年的预测

利用 1999,2004 和 2010 年的土地利用分类结果,计算出每种土地类转化为其他土地类的面积,分别得到 1999—2004 年和 2004—2010 年的土地利用/覆盖转移矩阵(表 3—4)。

表 3 盐池县 1999—2004 年土地利用/覆盖类型的转移矩阵 km<sup>2</sup>

2004 年	1999 年					
	耕地	林地	草地	盐碱地	荒漠	其他
耕地	734.28	152.77	473.70	8.75	54.19	61.60
林地	36.79	92.08	51.12	1.52	4.33	1.79
草地	533.82	191.27	2 925.23	25.92	339.90	66.42
盐碱地	9.72	2.29	12.45	44.78	3.63	0.74
荒漠	18.69	4.45	92.45	0.96	245.77	6.36
其他	99.34	6.94	315.07	2.76	96.28	51.71

表 4 盐池县 2004—2010 年土地利用/覆盖类型的转移矩阵 km<sup>2</sup>

2010 年	2004 年					
	耕地	林地	草地	盐碱地	荒漠	其他
耕地	612.54	55.65	347.61	4.25	13.90	47.10
林地	56.05	76.02	62.31	1.02	1.86	14.74
草地	685.98	49.26	3 304.47	10.38	128.83	429.22
盐碱地	12.42	1.07	29.53	55.20	7.35	5.50
荒漠	54.35	4.63	227.26	1.88	214.14	24.21
其他	63.95	1.00	111.38	0.87	2.60	51.33

1999—2004 年,就转出面积而言,草地和耕地最大,分别为 944.79 和 698.36 km<sup>2</sup>,其中草地主要转出类型为耕地,面积为 473.70 km<sup>2</sup>,约占转出面积的 50%,而耕地的主要转出类型为草地,面积为 533.82 km<sup>2</sup>,约占转出面积的 75%。也就是说,草地

和耕地互相转换,退耕还田的同时,一部分草地又被开垦为农田,但总体以耕地转化为草地的面积多。就转出百分比而言,以林地和其他类型最高,分别为79.5%和72.6%,其次为荒漠,约为67%,林地的主要转出对象为耕地和草地,其他类型和荒漠的主要转出对象也为草地,可见草地在盐池县的基质地位;就总体而言,荒漠和林地减少的面积最多,分别为375.42和262.17 km<sup>2</sup>,其他类型和草地增加最多,分别为383.48和212.54 km<sup>2</sup>。荒漠明显较少,说明治沙效果显著。其他类型主要是一些裸地和城镇交通建设用,裸地主要位于农田及一些荒漠的周围,是土地利用/覆盖变化的过渡类型,2004年此类型较多,说明该年正处于土地利用/覆盖变化的过渡时期(表3)。

由表4可知:2004—2010年,就转出面积而言,耕地和草地最大,分别为872.75和778.09 km<sup>2</sup>,其中耕地的主要转出类型为草地,面积为685.98 km<sup>2</sup>,约占转出面积的79%,草地主要转出对象为耕地,面积为347.61 km<sup>2</sup>,约占转出面积的45%,其次为荒漠,转出227.26 km<sup>2</sup>,草地和耕地互相转换的现象还存在,并且小部分草地存在沙化现象。就转出百分比而言,

以其他类型最高,高达91%,大部分转化为草地,其次为林地和耕地,转出百分比几乎相等,约为59%,其中林地大部分转化为耕地和草地。就总体变化而言,耕地和其他类型分别减少404.20和340.90 km<sup>2</sup>,增加较多的是草地和荒漠,分别为525.58和157.79 km<sup>2</sup>,其中荒漠主要由草地转化而来。2004—2010年盐池县的土地利用/覆盖变化整体上延续了1999—2004年的变化,比如,1999年转化到2004年的大量其他类型土地,在2004—2010年这段时间明显减少。草地依然是变化的主要类型,也是增加最多的土地,荒漠有所增加,说明这段时间治沙效果并不显著。

## 2.2 盐池县2015年和2020年土地利用/覆盖变化的预测

应用马尔柯夫过程建立1999—2010年这11a的平均转移概率矩阵。经计算,5步以上的转移概率矩阵( $m \geq 5$ )的值都为正值,因此,最好用该矩阵来估计5a以上土地/覆盖利用变化情况。计算工具采用Matlab R 2010a。1999,2004,2010年和预测的2015年和2020年盐池县土地利用/覆盖情况如表5所示。

表5 盐池县土地利用/覆盖变化预测

土地类型	1999年		2004年		2010年		2015年		2020年	
	面积/ km <sup>2</sup>	百分比/ %	面积/ km <sup>2</sup>	百分比/ %	面积/ km <sup>2</sup>	百分比/ %	面积/ km <sup>2</sup>	百分比/ %	面积/ km <sup>2</sup>	百分比/ %
耕地	1 432.64	21.16	1 485.29	21.94	1 081.05	15.97	1 096.40	16.20	1 109.16	16.38
林地	449.80	6.64	187.63	2.77	212.00	3.13	174.42	2.58	164.10	2.42
草地	3 870.02	57.17	4 082.56	60.30	4 608.14	68.07	4 568.33	67.48	4 579.19	67.64
盐碱地	84.69	1.25	73.61	1.09	111.07	1.64	110.56	1.63	110.00	1.62
荒漠	744.10	10.99	368.68	5.45	526.47	7.78	452.49	6.68	420.17	6.21
其他	188.62	2.79	572.10	8.45	231.13	3.41	367.66	5.43	387.24	5.72

从表5中可以看出,以当前的自然条件和土地政策来看,未来10a内,盐池县土地/利用覆盖整体变化不大,具体来说:

(1) 耕地、草地、盐碱地变化不大。其中耕地逐年增加,但增加不多;草地总体上略有减少;盐碱地逐渐减少,减少量不过3 km<sup>2</sup>。

(2) 林地和荒漠逐年减少,变化较明显,尤其是前5a。林地10a减少约40 km<sup>2</sup>,荒漠减少了约100 km<sup>2</sup>,并且开始接近饱和值。

(3) 其他类型增加较为显著,尤其是前5a。前5a增加约135 km<sup>2</sup>,后5a只增加20 km<sup>2</sup>。

## 2.3 盐池县1999,2004,2010,2015和2020年不同土地利用的生态服务价值的变化

年总生态服务价值整体呈先增后减的趋势,

1999,2010年和预测的2015,2020年的总生态服务价值比2004年分别增加6.75%,7.28%,5.55%和5.41%;总体上,5a草地在所有土地利用类型中比例最高,达68.47%左右,其次是耕地,约为13.25%;再次为林地和盐碱地,分别约为9.03%和7.25%;荒漠所占比例为0.94%,逐渐减少;其他土地利用类型所占比例为1.05%,逐渐增加(图1)。

1级类型服务项中调节服务、支持服务、供给服务和文化服务的年平均比例分别为52%,33%,8%和7%左右,调节服务和支持服务的比例最高,各年间各项比例变化不明显。2级类型服务项中,气候调节、水源涵养、废物处理和气体调节在调节服务中的年平均比例分别约为27%,26%,25%和23%,各项比例的年差异不明显,气候调节占比例最大;在支持

服务中,土壤保持比维持生物多样性的生态服务价值高,年平均比例分别约为 53%和 47%;在供给服务中,食物生产和原材料生产的年平均比例分别为 55%和 45%左右;文化服务中的景观调节年差异不大。2 级类型服务 9 项生态服务价值从多到少依次为土壤保持、生物多样性保持、气候调节、水源涵养、废物处理、气体调节、景观调节、食物生产和原材料生产,年平均价值分别为  $3.82 \times 10^8$ ,  $3.35 \times 10^8$ ,  $3.06 \times 10^8$ ,  $2.94 \times 10^8$ ,  $2.84 \times 10^8$ ,  $2.58 \times 10^8$ ,  $1.55 \times 10^8$ ,  $9.60 \times 10^7$  和  $8.30 \times 10^7$  元(表 6)。2 级类型服务中要以土壤保持、生物多样性保持和气候调节 3 项为主。

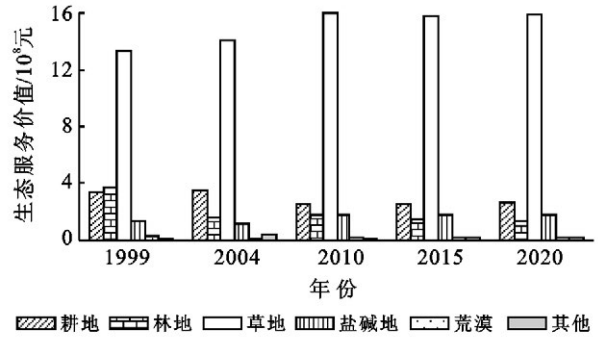


图 1 盐池县各土地利用类型生态服务价值期际变化

1999—2004, 2010—2015 和 2015—2020 年贡献率最大的是林地,为 46%以上,其次是草地,为 20%以上。

表 6 盐池县各单项生态服务价值期际变化

10<sup>8</sup> 元

1 级类型	2 级类型	1999 年	2004 年	2010 年	2015 年	2020 年
供给服务	食物生产	0.977 481	0.995 498	0.946 093	0.942 958	0.947 086
	原材料生产	0.990 726	0.782 681	0.818 097	0.781 516	0.774 611
调节服务	气体调节	2.676 076	2.431 515	2.639 694	2.575 470	2.568 832
	气候调节	3.112 827	2.851 002	3.163 732	3.099 503	3.092 249
	水源涵养	2.976 201	2.729 521	3.042 491	2.984 383	2.977 557
支持服务	废物处理	2.780 519	2.732 333	2.905 347	2.889 297	2.891 564
	土壤保持	3.835 408	3.698 791	3.897 649	3.842 332	3.842 744
	生物多样性保护	3.403 370	3.217 458	3.401 056	3.355 203	3.351 305
文化服务	景观调节	1.543 961	1.450 155	1.596 985	1.577 035	1.573 717

2004—2010 年草地贡献率最大,为 47%,其次是耕地,为 24%,主要由于 2002 年盐池县实施全县禁牧和退耕还林还草工程的影响,2004—2010 年的禁牧使草地的贡献率增加,退耕还林还草使耕地的贡献率增加(图 2)。

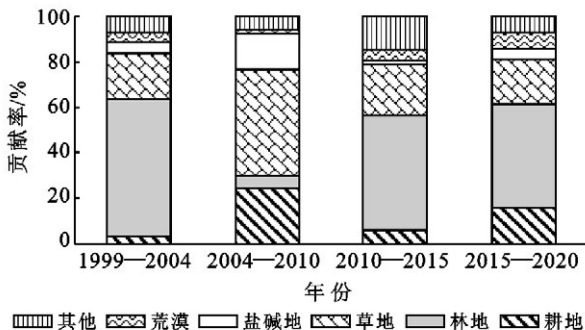


图 2 不同土地利用类型对各时段生态服务价值的贡献率

### 3 结论

(1) 1999—2004 年主要是林地和荒漠转化为草地及其他类型,2004—2010 年主要是耕地和其他类型转化为草地和少量荒漠。就转出面积而言,草地和

耕地最多,且两者之间存在相互转换,但其中以草地转向耕地的面积居多;2004 年位于土地利用/覆盖转变的中间过渡期,以裸地为主的其他类型用地明显高于 1999 年和 2010 年,使得其他类型成为转出百分比最高的土地/覆盖类型。

(2) 利用马尔柯夫过程以 1999—2010 年这 11 a 的土地利用/覆盖变化平均趋势预测了 2015 年和 2020 年的土地利用/覆盖情况,总体而言,土地利用/覆盖变化先急后缓,2010—2015 年变化剧烈,2020 年后,土地利用/覆盖各类型趋于饱和。在 2015—2020 年,荒漠和林地是主要减少的类型,其他类型用地是主要增加的类型;耕地在这段时间缓慢增加;盐碱地缓慢减少;草地有所减少,但总体变化不大。

(3) 该县总生态服务价值从 1999—2020 年呈先增后减的演变趋势。1 级类型服务项中调节服务的生态价值最高,占总价值的 50%以上,其次为支持服务、供给服务和文化服务;9 个单项生态服务价值从多到少依次为:土壤保持、生物多样性保持、气候调节、水源涵养、废物处理、气体调节、景观调节、食物生产和原材料生产。不同土地利用的 2 级类型生态服务主要以土壤保持、生物多样性保持和气候调节 3 项

为主。食物生产和原材料生产的生态服务价值最低。总体上,各年间的林地和草地的贡献率最大,可见退耕还林还草工程的作用是巨大的。

气候变化和人为活动的改变是导致盐池县生态服务价值的变化的直接原因。自2002年11月1日起,在全县范围内全面禁牧。随着退耕还林还草工程和三北防护林建设4期工程以及国外援助项目的实施,国家投入水平大幅度提高,间接地影响了该地区的生态服务价值。因此,一是要注重裸地的管理,使它向好的方向发展;二是造林种草时要充分考虑水分条件,不应盲目造林,因为按当前趋势,盐池县水分条件逐渐恶化,干旱加剧,在制定任何政策时都应考虑水分条件。利用马尔科夫过程和相关学者制定的中国陆地生态系统单位面积生态服务价值表可有效预测当前土地利用变化趋势下未来土地利用结构以及该县的生态服务价值变化,但土地利用受到多种因素的影响如国家政策、人类活动、自然灾害、气候变化等,需要进一步深入探讨并逐步完善。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 冷疏影,李秀彬. 土地质量指标体系国际研究的新进展[J]. 地理学报,1999,54(2):177-155.
- [2] 丁声源. 重庆市土地利用变化及驱动力研究[D]. 重庆:西南大学,2007.
- [3] Westman W. How much are nature's services worth[J]. Science, 1977,197(4307):960-964.
- [4] Daily G C. Nature's service: societal dependence on natural ecosystems [M]. Washington D. C: Island Press, 1997.
- [5] Costanza R, Arge R D, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997,387:253-260.
- [6] 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.
- [7] 徐岚,赵羿. 利用马尔柯夫过程预测东陵区土地利用格局的变化[J]. 应用生态学报,1993,4(3):272-277.
- [8] 沙晋明,李小梅,杨武年,等. 利用马尔可夫模型预测福州市植被动态变化[J]. 水土保持通报,2004,24(5):5-9.
- [9] 王学雷,吴宜进. 马尔柯夫模型在四湖地区湿地景观变化研究中的应用[J]. 华中农业大学学报,2002,21(3):288-291.
- [10] 吴晓旭,邹学勇,钱江. 基于马尔科夫模型的乌审旗景观格局模拟与预测[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(2):158-162.
- [11] Stern D I. Limits to substitution and irreversibility in production and consumption: A neoclassical interpretation of ecological economics[J]. Ecological Economics, 1997,21(3):197-216.
- [12] Hilbert K W. Land cover change within the grand bay national estuarine research reserve: 1974—2001 [J]. Journal of Coastal Research, 2006,22(6):1552-1557.
- [13] Hein L, Koppen K V, Groot R S D, et al. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services [J]. Ecological Economics, 2006,57(2):209-228.
- [14] 赵同谦,欧阳志云,贾良清,等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价[J]. 生态学报,2004,24(6):1101-1110.
- [15] 刘兴元,龙瑞军,尚占环. 草地生态系统服务功能及其价值评估方法研究[J]. 草业学报,2011,20(1):167-174.
- [16] 肖玉,谢高地,安凯. 青藏高原生态系统土壤保持功能及其价值[J]. 生态学报,2003,23(11):2367-2378.
- [17] 关文彬,王自力,陈建成,等. 贡嘎山地区森林生态系统服务功能价值评估[J]. 北京林业大学学报,2002,24(1):80-84.
- [18] 赵淑琴,李有斌,金胜利. 黄土高原丘陵沟壑区植被生态服务功能经济价值评价:以榆中县北部半干旱山区为例[J]. 草业科学,2009,26(5):44-49.
- [19] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报,2008,23(5):911-919.
- [20] 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.