

基于土地利用的甘州区生态系统服务价值研究

杨云松^{1,2}

(1. 河南理工大学 经济管理学院, 河南 焦作 454003;

2. 河南理工大学 河南省中国特色社会主义理论体系研究中心, 河南 焦作 454003)

摘要:以张掖市甘州区为研究对象,采用1987年、2000年、2009年3期土地利用数据,分析了甘州区1987—2009年在土地利用/覆盖变化驱动下的生态系统服务价值变化。研究表明:(1)甘州区农田和居民工矿用地一直处于增加趋势,林地和草地先减少后增加,水域处于减少状态;(2)甘州区生态系统服务价值呈现先降后升的“V”字形变化,1987年、2000年和2009年3个年份分别是25.2、19.53、20.21亿元;在不同生态系统类型中,农田、草地、水域提供的生态功能服务价值达到总价值的80%以上,在生态系统服务价值构成中占有重要地位;(3)生态系统单项服务功能价值中,水源涵养和废物处理的生态功能服务价值较高,二者之和占总价值的近40%;(4)各土地利用类型生态系统服务价值敏感性指数都小于1,表明甘州区生态系统服务价值缺乏弹性,研究结果可信;(5)从表面看,生态系统服务价值的变化直接源于土地利用的变化。实质上,在土地利用变化的背后隐含着不同时期人类活动强度和政府政策导向的间接驱动。

关键词:土地利用/覆盖变化;生态系统服务价值;敏感性分析;甘州区

中图分类号:X171.1; F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)05-0163-06

Study of Ecosystem Service Values Based on Land Use Change of Ganzhou District

YANG Yunsong^{1,2}

(1. College of Economics & Management, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454003, China; 2. Research Center of Chinese Characteristic Socialism Theory System, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454003, China)

Abstract: Ganzhou District was taken as the study case. The ecosystem service value changes from 1987 to 2009 under the land use/cover change in Ganzhou District were analyzed. The results showed that: (1) farming and urban land use had an increasing tendency, the ecosystem service value of forestland and grassland fluctuated, first decreased and then increased, water area decreased; (2) the ecosystem service value showed the change of 'V' shape, first came down and then rose, which were 25.2, 19.53 and 20.21 billion Yuan in 1987, 2000 and 2009, respectively. In different ecosystems, the ecosystem service values of grassland, farming and water accounted for 80% proportion in the ecosystem service value constitution; (3) among the contributions of various ecosystem functions to the ecosystem service value, the value of water conservation and waste disposal was the higher, which accounted for 40% of the total ecosystem service value; (4) the ecosystem service value sensitivity index of each land use type was less than 1, indicating that the ecosystem service value of Ganzhou District lacked flexibility, the results were credible; (5) ostensibly, the ecosystem service value changes directly originated from the land use/cover change, essentially, human activity intensity and the government policy guidance in different periods were the indirect-driving factors for the land use/cover change.

Keywords: land use/land cover change; ecosystem service value; sensitivity; Ganzhou District

生态系统服务指通过生态系统结构、过程和功能直接或间接为人类福利提供的产品和服务,是人类所拥有的关键自然资本和生存发展的物质基础及基本条件^[1]。长期以来,人们对生态系统服务价值没有一个全面的认识,很少顾及其潜在的社会与环境价值。

近年来,随着全球生态环境问题的加剧,生态系统服务功能研究日益受到国内外学者的重视,开展了生态系统服务价值评估^[2-3],人类活动对生态系统服务价值影响^[4-5],生态系统服务价值预测^[6]和生态补偿^[7]等多方面的研究。科学地评价生态系统服务价值可

以减少甚至避免损害生态系统服务功能的短期经济行为^[8]。为生态系统管理提供科学基础,是当前生态系统服务功能研究的关键问题。

本研究以张掖市甘州区为例,以 1987 年、2000 年、2009 年 3 期遥感影像为基本数据,分析甘州区生态系统服务价值特征及变化特点,以期为该地区土地资源持续利用和生态保护提供科学依据。

1 研究区概况

甘州区地处河西走廊中部,地理位置为 100°06′—100°54′E,38°32′—39°24′N,地域呈狭长状,南北两侧高山耸立,中部为广阔平原。全区辖 1 区、11 镇、7 乡,是张掖市政治、经济、文化中心,也是欧亚大陆桥的交通要道^[9]。境内地势平坦,平均海拔 1 474 m^[10],黑河及其支流贯穿全境,属温凉干旱荒漠气候,雨水稀少,蒸发量大,太阳辐射强,日照时间长,温差变化大,冬长较寒,夏短较热。年平均气温 8.1℃,绝对最高温度 38.6℃,绝对最低温度 -28.7℃,年平均降水量 114.9 mm,年蒸发量 2 042 mm,年日照时数 3 085.1 h,年平均风速 2.2 m/s,最大风力 7~8 级^[11]。20 世纪 80 年代末以来,区域社会经济的发展、人口的增加、政府政策的导向使得该区土地利用景观格局发生了变化,尤其是 2000 年以来实施的黑河流域水量统一调度,对甘州区的土地利用景观格局产生了很大的影响。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

数据来源以遥感数据为主,社会、经济、自然生态环境方面的统计信息为辅助。社会、经济、自然生态环境方面的统计信息主要参考甘州区统计年鉴及张掖统计信息网。遥感数据采用中国西部环境生态科学数据中心 (<http://westdc.westgis.ac.cn>) 提供的 1987 年 Landsat 5 TM 遥感影像和 2000 年、2009 年的 Landsat 7 ETM⁺ 遥感影像。与 1:100 000 地形图配准,建立解译标志。在 Arc/Vie 环境下,进行人机交互式判读解译。开展外业精度验证。将所得数据在 GIS 软件 ArcInfo 环境下进行编辑和修改,得到甘州区 3 期土地利用数据。参照中国《土地利用现状调查技术规程》与 Costanza^[12] 采用的土地分类系统,将研究区土地利用/覆被类型划分为 6 个类别:林地、草地、农田、水域(包括河渠、湖泊、水库坑塘、滩地)、荒漠(包括盐碱地、戈壁、沙丘、裸岩、裸土地)和居民及工矿用地。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用动态度 用来描述某研究区一定时

间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,计算公式为^[13]:

$$k = \frac{u_b - u_a}{u_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: k —— T 时段内某种土地利用类型动态度; u_a 、 u_b ——研究期初和期末某种土地利用类型的数量。

2.2.2 生态系统服务价值计算

(1) 生态系统服务价值系数。1997 年 Costanza^[12]在《Nature》上发表的“全球生态系统服务价值和自然资本”一文在生态系统服务功能研究中取得较大进展,并将生态系统服务价值评估研究推向生态经济研究的前沿。然而,Costanza 等的研究是基于全球平均状况下所得的研究结果。

在国内,谢高地等^[14-15]通过两次对我国 700 位生态学者的问卷调查,得出中国陆地生态系统服务价值当量因子表。并定义 1 hm² 全国平均产量的农田每年自然粮食产量的经济价值为 1,其经济价值量等于全国平均粮食单产市场价值的 1/7,其他生态系统生态服务价值当量因子是各项生态服务相对于农田食物生产服务贡献的大小。参照谢高地等的方法,结合甘州区实际情况,根据公式(2)计算甘州区单位面积农田生态系统提供食物生产服务的经济价值,进而得到甘州区不同生态系统单位面积生态服务价值系数表(表 1)。

$$E_a = 1/7 \sum_{i=1}^n \frac{m_i p_i q_i}{M} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式中: E_a ——单位面积农田生态系统提供食物生产服务功能的经济价值(元/hm²); i ——作物种类; p_i —— i 种作物全国平均价格(元/t); q_i —— i 种粮食作物单产(t/hm²); m_i —— i 种粮食作物面积(hm²); M —— n 种粮食作物总面积(hm²);1/7——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。

(2) 生态系统服务价值。运用 Costanza 等计算方法分析各种土地利用/覆被类型的生态系统服务价值和单项功能的服务价值,其公式如下^[16]:

$$ESV = \sum (A_k \times VC_k) \quad (3)$$

$$ESV_f = \sum (A_k \times VC_{fk}) \quad (4)$$

式中:ESV——生态系统服务价值(元); A_k ——研究区第 k 种土地利用/覆被类型的面积(hm²); VC_k ——第 k 种土地利用/覆被类型的单位面积生态系统服务价值系数[元/(hm²·a)]; ESV_f ——生态系统第 f 项功能的服务价值(元); VC_{fk} ——第 k 种土地利用/覆被类型所对应生态系统第 f 项功能的服务价值系数[元/(hm²·a)]。

表 1 甘州区各土地利用/覆被类型所对应的生态系统类型及其生态价值系数元/hm²

土地利 用类型	相应生态 系统类型	气体 调节	气候 调节	水源 涵养	土壤 形成	废物 处理	生物多 样性	食物 生产	原材料	娱乐 文化	合计
农田	农田	682.4	919.4	729.8	1393.3	1317.4	966.7	947.8	369.6	161.1	7487.5
林地	森林	4094.5	3857.5	3876.5	3810.1	1630.2	4274.6	312.8	2824.4	1971.4	26652
草地	草地	1421.7	1478.5	1440.6	2123.1	1251.1	1772.4	407.5	341.2	824.6	11060.7
水域	水体	483.4	1952.5	17790.2	388.6	14074.8	3250.9	502.3	331.7	4208.2	42982.6
荒漠	荒漠	56.8	123.2	66.3	161.1	246.4	379.1	18.9	37.9	227.5	1317.2
居民工矿用地	城镇用地	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2.2.3 生态系统敏感性分析 敏感性分析的实质是通过逐一改变相关变量数值的方法来解释关键指标受这些因素变动影响大小的规律^[17]。在进行敏感性分析时常常引入敏感性指数(CS)确定 ESV 随时间变化对 VC 变化的依赖程度。计算时分别上调和下调各种土地利用类型的 50% 的生态价值系数来衡量总生态系统服务价值的变化情况。CS 为 VC 变动 1% 引起 ESV 的变化情况。CS>1 说明生态系统服务价值是有弹性的,即 1% 的自变量变动会引起因变量大于 1% 的变动;CS<1 说明生态系统服务价值缺乏弹性,即 1% 的自变量变动会引起因变量小于 1% 的变动。敏感性指数计算公式如下^[18]:

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

(5)

式中:ESV_i,ESV_j——调整前后的生态系统服务总价值;VC_i,VC_j——调整前后的价值系数;k——某种土地利用类型。

3 结果与分析

3.1 土地利用动态变化分析

分析甘州区 3 期土地利用数据(表 2),可以看出:整个研究期荒漠面积占到总面积的 44.51%~48.69%,而农田、林地、草地 3 类土地类型面积占到总面积的 44.87%~48.82%,土地利用程度较低。1987—2000 年,农田和居民工矿用地呈增加趋势,其中农田面积的增加最为明显,增加了 8 820 hm²,达到 10.9%;林地、草地、水域面积呈现大幅度下降,分别下降 71.5%,26.4%,36.1%;荒漠面积变化不大,仅减少了 0.2%。2000—2009 年,除水域面积减少,荒漠面积基本不变外,其他土地类型面积均出现不同程度的增加,其中增加幅度最大的是林地,高达 93.7%,其次为居民工矿用地为 20.5%。整个研究期,农田和居民工矿用地一直处于增加趋势;农田的持续增长是扩耕的结果,居民工矿用地增长和当地经济社会发展及城镇化建设息息相关。林地和草地先减少后增加,1987—2000 年林地、草地和水域的减少,一方面是因为

20 世纪 80 年代,张掖市被确立为我国商品粮基地,当地大力发展农业,扩耕现象严重。另一方面由于 20 世纪 80 年代末以来,黑河流域中游张掖市对流域水资源的超载利用导致生态环境退化,相应的林地和草地面积出现不同程度的减少。2000—2009 年林地和草地呈现增加的趋势,主要是因为 2000 年,国家在黑河流域实施流域水量统一调度管理,流域生态环境得到一定的恢复;同时,国家在张掖市实施了退耕还林生态治理工程,使得林地和草地的面积相应增加。水域的减少和黑河生态治理工程中的大量废除平原水库有关。土地利用动态情况是:1987—2000 年农田面积增加速度最快,林地面积减少速度最快;2000—2009 年林地面积增加速度最快,水域面积减少速度最快。对比 1987—2000 年和 2000—2009 年两个时期,除草地、荒漠外,其他类型土地面积变化率的绝对值在 2000—2009 年都高于 1987—2000 年。

3.2 甘州区生态系统服务功能价值变化

由公式(4)得出各土地类型在不同年份的生态服务价值(表 3),可以看出:整个研究期(1987—2009 年),生态系统服务总价值呈现先下降后上升的“V”字形变化,3 个年份分别是 25.2,19.53,20.21 亿元。在研究期的前 23 年间,生态系统服务总价值减少了 5.67 亿元,年变化率为-0.99%;后 9 年间,生态系统服务总价值增加了 0.68 亿元,年变化率为 0.38%。土地利用结构的改变对甘州区生态系统服务价值产生了较大影响。1987—2000 年,除农田生态功能服务价值增长外,其他都呈现减少趋势,其中林地的年变化率最为明显,达到-3.26%;荒漠的变化最小,年变化率仅为-0.02%。2000—2009 年,农田、林地、草地的生态功能服务价值呈增加趋势,增加速度最快的为林地,年增长率为 11.26%;水域、荒漠的生态功能服务价值表现为减少,其中水域的减少速度较快,年变化率达到-2.11%。

区域生态系统服务价值主要取决两个因素,一个是区域内不同土地利用类型的生态价值系数,另一个是区域的土地利用结构。按第一个因素大小排序,依次为水域>林地>草地>农田>荒漠>居民工矿用

地。从土地利用结构看,整个研究期荒漠面积比例最大,达到 44.51%~48.69%,其次为农田和草地,分别占到 22.92%~27.19%,16.78%~21.32%,水域和林地各占 2.18%~3.97%,0.89%~2.91%。各

种土地类型中农田、草地、水域的生态功能服务价值居前 3 位,3 者达到总价值的 80.75%~85.25%,在生态系统服务价值构成中占有重要地位,因此在生态环境保护和建设中应给予重视。

表 2 甘州区土地利用面积变化率和动态度

土地利用类型	面积/hm ²			变化率/%			动态度		
	1987 年	2000 年	2009 年	1987—2000 年	2000—2009 年	1987—2009 年	1987—2000 年	2000—2009 年	1987—2009 年
农田	80693	89513	96493	10.90	7.80	19.60	0.49	0.87	0.63
林地	10248	2922	5661	-71.50	93.70	-44.70	-3.25	10.41	-1.44
草地	75053	55259	58554	-26.40	5.90	-21.90	-1.20	0.66	-0.71
水域	13986	8946	7172	-36.10	-19.80	-95.00	-1.64	-2.20	-3.06
荒漠	160571	160277	146525	-0.20	-8.58	-8.75	-0.01	-0.001	-0.28
居民工矿用地	11451	12261	14773	7.10	20.50	29.00	0.32	2.28	0.93

表 3 甘州区生态系统服务价值变化

土地利用/ 覆盖类型	ESV/亿元			价值比例/%			1987—2000 年		2000—2009 年		1987—2009 年	
	1987	2000	2009 年	1987	2000	2009	价值变化/ 10 ⁸ 元	年变化 率/%	价值变化/ 10 ⁸ 元	年变化 率/%	价值变化/ 10 ⁸ 元	年变化 率/%
	年	年		年	年	年						
农田	6.04	6.70	7.22	23.97	34.31	35.72	0.66	0.50	0.52	0.86	1.18	0.63
林地	2.73	0.77	1.51	10.83	3.94	7.47	-1.96	-3.26	0.78	11.26	-1.22	-1.44
草地	8.30	6.11	6.47	32.93	31.28	32.01	-2.19	-1.20	0.36	0.65	-1.83	-0.71
水域	6.01	3.84	3.08	23.85	19.66	15.24	-2.17	-1.64	-0.73	-2.11	-2.93	-1.57
荒漠	2.12	2.11	1.93	8.41	10.80	9.55	-0.01	-0.02	-0.18	-0.95	-0.19	-0.29
合计	25.20	19.53	20.21	100.00	100.00	100.00	-4.99	-0.90	0.68	0.38	-4.99	-0.64

3.3 甘州区各项生态功能服务价值变化

分析 1987 年、2000 年、2009 年各项生态服务功能对总生态系统服务价值的贡献大小(表 4):气候调节、水源涵养、土壤形成、废物处理、生物多样性对总生态服务功能价值的贡献达到 74.85%~77.08%;气体调节、食物生产和娱乐文化对总生态服务功能价值的贡献为 19.21%~21.6%;原材料对总生态服务功能价值的贡献非常小,仅为 3.53%~3.86%。1987—2000 年,生态服务价值变化较大,减少了 5.67 亿元,达 22.5%;除气体调节的生态功能价值基本不变外,其他各项生态功能价值均出现不同程度的减小。生态功能服务价值减少最显著的是水源涵养,主要是由于林地、草地、水域的水源涵养生态服务价值系数较高,随着林地、草地、水域的大面积减少,其生态服务价值大幅度下降,减少了 1.54 亿元,高达 32.15%。2000—2009 年,生态服务价值变化较小,增加了 0.68 亿元,仅为 3.48%。其中,气体调节、气候调节、土壤形成、生物多样性、食物生产、原材料的生态功能服务价值呈现不同程度的增加;水源涵养和废物处理出现微略的减少,降低幅度最大的是娱乐文化,下降了 3.26 亿元,占到 44.84%。以上现象的出现是因为农田、林地、草地的气体调节、气候调节、土壤形成、生物多样性、食物生产、原材料各项生态功能

价值系数较高,随着农田、林地和草地面积的增加,相应的生态服务功能价值增加;同时,由于水域的娱乐文化生态功能价值系数较高,随着水域面积的减少,相应的生态服务价值明显下降。1987—2009 年,总生态功能服务价值先减少后增加,气体调节处于先不变后增加,娱乐文化持续下降外,其他各项生态功能价值均处于先减小后增加的趋势。

3.4 生态系统敏感性分析

运用公式(5),得到 1987 年、2000 年、2009 年 3 期的敏感性指数,具体结果见表 5。可以看到,研究区生态系统服务总价值对生态价值系数的敏感性指数均小于 1,这表明生态系统服务总价值对于采用的生态系统服务价值系数是缺乏弹性的,同时说明本研究估算的生态系统服务价值是可靠的。CS 值由高到低的顺序依次是农田、草地、水域、荒漠、林地,反映了各类土地类型生态功能服务价值对总价值的重要程度。农田的敏感性指数最高为 0.357 2,表明当农田的生态价值系数增加 1%时,生态系统服务总价值增加 0.357 2%,主要是由于农田的面积和生态功能价值系数大的原因;林地的敏感性指数最低为 0.039 4,表明当农田的生态价值系数增加 1%时,生态系统服务总价值增加 0.039 4%,这和林地面积较小有关,仅占到研究区总面积的 0.88%。将不同时期的敏感性指

数 CS 进行比较,发现农田敏感性指数呈上升趋势,升;水域的敏感性指数呈下降趋势,表明生态系统服务总价值受农田的影响在逐年上升,服务总价值受水域的影响在逐年下降。

表 4 甘州区各项生态服务功能价值变化

生态功能	1987 年		2000 年		2009 年		总排序
	ESV _f /亿元	百分比/%	ESV _f /亿元	百分比/%	ESV _f /亿元	百分比/%	
气体调节	1.64	6.51	1.64	8.39	1.83	9.05	6
气候调节	2.80	11.11	2.12	10.85	2.30	11.38	5
水源涵养	4.79	19.0	3.25	16.64	3.34	16.52	2
土壤形成	3.51	13.92	2.82	14.44	3.05	15.09	4
废物处理	4.62	18.33	3.57	18.28	3.66	18.11	1
生物多样性	3.71	14.72	2.86	14.64	2.99	14.79	3
食物生产	1.30	5.16	1.16	5.94	1.25	6.18	8
原材料	0.93	3.69	0.69	3.53	0.78	3.86	9
娱乐文化	1.90	7.54	1.42	7.27	0.81	4.01	7
合计	25.2	100	19.53	100	20.21	100	

表 5 生态系统服务价值敏感度

价值系数的变化	1987 年		2000 年		2009 年	
	百分比/%	CS	百分比/%	CS	百分比/%	CS
农田+50%	32.10	0.2397	43.92	0.3431	45.46	0.3572
农田-50%	13.61	0.2397	20.70	0.3431	21.75	0.3572
林地+50%	15.39	0.1079	5.80	0.0394	10.80	0.0747
林地-50%	5.70	0.1079	2.01	0.0394	3.88	0.0747
草地+50%	42.42	0.3293	40.58	0.3128	41.39	0.3201
草地-50%	19.71	0.3293	18.54	0.3128	19.06	0.3201
水域+50%	31.96	0.2385	26.85	0.1966	21.24	0.1524
水域-50%	13.54	0.2385	10.90	0.1966	8.25	0.15243
荒漠+50%	12.11	0.08415	15.37	0.1080	13.67	0.0955
荒漠-50%	4.39	0.0841	5.71	0.1080	5.01	0.0955

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 随着甘州区社会经济的快速发展和国家政策的干涉,土地利用格局发生剧烈变化。分析发现:1987—2000 年该地区出现了林地、草地和水域向农田及居民工矿用的转移,说明 20 世纪末当地在大力发展经济的同时,忽略了对生态环境的保护,从而出现了掠夺式发展模式,经济发展用地占用天然植被用地,导致生态环境明显退化。2000—2009 年,伴随着经济社会的进一步发展,农田和居民工矿用地继续呈现增长态势;但在国家生态治理政策指导下,随着黑河流域中游甘州区退耕还林还草工程的实施,生态环境逐步趋于好转,林地和草地出现大幅度增长,同时荒漠大量减少;黑河治理工程中废除平原水库的实施,使得水域面积呈现减小的趋势,该工程的实施可有效减少平原水库存在的蒸发损失量大的问题,进一步提高当地水资源的利用率。

(2) 总体上,甘州区生态系统服务总价值呈现先下降后上升的“V”字形变化。1987—2000 年,生态系统服务价值的大幅下降主要是由于生态价值系数较高的林地、草地和水域的减小而导致整体下降。2000—2009 年,随着农田、林地和草地生态价值的增加,整体生态价值出现一定回升。对比两个时期的生态系统服务价值变化量,2000—2009 年生态系统服务价值的增加量为 0.68 亿元,仅为 1987—2000 年减少量(5.67 亿元)的 12%,虽然在此期间,国家在当地实施了大规模的生态环境治理工程,由于生态环境的恢复过程较为缓慢,因此,生态系统价值的增加幅度较小。这也提醒人类活动在从生态系统获取服务的同时,不要忘记保护生态环境,以确保人类社会和生态环境的可持续发展。

(3) 甘州区的各项生态功能服务价值中,水源涵养和废物处理对总生态功能服务价值贡献最大,二者之和占了总价值的近 40%。整个研究期,气体调节处于先不变后增加的趋势,娱乐文化持续下降外,其

他各项生态功能价值均处于先减小后增加的趋势。

(4) 敏感性指数表明,甘州区各项土地利用/覆盖类型的敏感性系数都小于1,说明生态系统服务价值对价值系数缺乏弹性,研究结果可靠。

4.2 讨论

(1) 从表面看,生态系统服务价值的变化直接源于土地利用的变化。实质上,在土地利用变化的背后隐含着人类在不同时期的活动和政策导向的间接驱动。人类通过自身的活动不断改变生态系统组成、结构和功能过程,进而改变生态系统服务功能价值。关于生态系统服务功能价值的研究,当前主要集中在利用不同时期的土地利用/覆被变化下的生态服务价值量差异来分析生态系统服务价值的动态变化。今后,应加强社会经济发展过程中各相关要素对生态系统服务价值的影响研究,以揭示生态系统服务价值变化的根源,寻求探索经济发展与生态环境保护相协调的科学发展模式,促进当地经济、社会、生态环境的可持续发展。

(2) 生态系统服务功能取决于一定时间和空间上的生态系统结构和生态过程,人类从生态系统获得利益的大小与生态系统的时空尺度有着密切关系。因此,在进行区域生态价值计算时,不能直接套用谢高地等的中国大陆单位面积生态服务价值系数,需要对其进行区域修正。但在修正过程中,由于甘州区近几十年农作物种植结构变化较大,修正过程存在一定的误差。

(3) 对于林地、草地等有植被覆盖差异的土地类型,因其覆盖度的不同往往会导致生态服务功能及价值的不同。受资料的限制,本研究未考虑林地和草地的生长异质性。为了更为细致、准确地计算林地、草地的生态系统服务价值,进一步研究时,可对林地、草地细分,分别计算不同覆盖度的生态价值系数,以提高研究结果的精确度。

参考文献:

- [1] 王宗明,张柏,张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究[J]. 自然资源学报,2004,19(1):55-61.
- [2] 韩艳,纪新星,常学礼,等. 基于GIS技术的张掖绿洲生态系统服务价值评估[J]. 鲁东大学学报:自然科学版,2012,28(2):167-173.
- [3] 王玉梅,常学礼,丁俊新,等. 基于RS/GIS的呼和浩特市生态系统服务价值评估[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(8):9-13.
- [4] 赖元长,李贤伟,冯帅,等. 退耕还林工程对四川盆地低山丘陵区生态系统服务价值的影响:以洪雅县为例[J]. 自然资源学报,2011,26(5):755-768.
- [5] 湖淑萍,尹忠东,高国雄. 小流域综合治理工程对生态服务价值的影响[J]. 水土保持通报,2012,32(6):286-291.
- [6] 李正,王军,白中科,等. 贵州省土地利用及其生态系统服务价值与灰色预测[J]. 地理科学进展,2012,31(5):577-583.
- [7] 仲俊涛,米文宝. 基于生态系统服务价值的宁夏区域生态补偿研究[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(10):19-24.
- [8] 李春华,胡惊,江莉佳,等. 长株潭土地利用结构变化与生态系统服务价值效应研究[J]. 中国农学通报,2012,28(32):222-228.
- [9] 吴文婕,石培基,胡巍. 基于土地利用/覆被变化的绿洲城市土地生态风险综合评价:以甘州区为例[J]. 干旱区研究,2012,29(1):122-128.
- [10] 潘竟虎,石培基,刘英英. 干旱区县域土地利用规划环境影响的生态安全评价[J]. 水土保持通报,2012,32(1):248-261.
- [11] 俞联平,李发弟,李新媛,等. 基于3S技术的甘肃省甘州区荒漠草地生产力评价[J]. 草原与草坪,2008(5):36-39.
- [12] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and nature[J]. Nature,1997,38(7):253-260.
- [13] 李保杰,顾和和,纪亚洲,等. 基于RS和GIS的矿区土地利用变化对生态服务价值损益影响研究:徐州市九里矿区为例[J]. 水土保持研究,2010,17(5):123-128.
- [14] 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):189-195.
- [15] 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.
- [16] 陈颖,石培基,潘竟虎,等. 高原生态城土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究:以甘肃省民乐县为例[J]. 水土保持研究,2012,19(2):154-159.
- [17] 王璐,杨洁,胡月明,等. 广州市土地利用生态服务价值测算研究[J]. 水土保持通报,2009,29(4):229-234.
- [18] 李春华,胡惊,江莉佳,等. 长株潭土地利用结构变化与生态服务价值效应研究[J]. 中国农学通报,2012,28(32):222-228.