

土地利用变化的人文驱动因子对新疆 生态系统服务价值的影响

姚远^{1,2}, 丁建丽^{1,2}, 张芳^{1,2}, 雷磊^{1,2}, 江红南^{1,2}

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 绿洲生态教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要:应用谢高地等人的生态系统服务价值系数,结合敏感度分析,探讨了1996—2008年新疆维吾尔自治区土地利用变化所引起的生态系统服务价值的变化,并进一步分析了土地利用变化的人文驱动因子对生态系统服务价值的影响。结果表明,该区域1996—2008年生态系统服务价值从7 062.167 1亿元增加到7 168.987亿元,共增加106.813 9亿元,表明该区域生态系统服务价值总体呈现持续增加趋势;在该区域生态系统服务价值中,废物处理价值最高,水源涵养价值次之,原材料价值最低,13 a间各服务类型的价值总体上均呈增加趋势;新疆在13 a间人均生态系统服务价值损失0.82万元,减幅达19.52%。这表明新疆地区由于人口的增长,环境压力呈持续增大趋势。影响新疆生态系统服务价值变化的人文因子可归纳为经济、人口和城市化水平因子,其中经济因子与生态系统服务价值呈正相关,而人口和城市化水平因子与生态系统服务价值呈负相关。

关键词:土地利用变化;生态系统服务价值;环境压力;主成分分析;新疆维吾尔自治区

文献标识码:A

文章编号:1000-288X(2013)05-0298-07

中图分类号:X171

Impact of Human Driving Factors for Land Use Change on Ecosystem Service Values in Xinjiang Wei Autonomous Region

YAO Yuan^{1,2}, DING Jian-li^{1,2}, ZHANG Fang^{1,2}, LEI Lei^{1,2}, JIANG Hong-nan^{1,2}

(1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China; 2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China)

Abstract: Land use change in Xinjiang Wei Autonomous Region from 1996 to 2008 and ecosystem services value change caused by it were quantitatively analyzed based on Xie's coefficient of ecosystem services value and ecological sensitivity analysis. A thorough and careful study of the human factors that affect ecosystem services value change in Xinjiang region was made from the aspect of qualitative and quantitative analysis. Results showed the ecosystem services value totaled 7.06×10^{11} yuan in 1996 and increased to 7.17×10^{11} yuan in 2008, representing an increase of 1.07×10^{11} yuan from 1996 to 2008 and an accelerated rate of increase. Waste treatment and water conservation were the two large service functions, contributing about 41.3% of the total service value, raw materials had the smallest service function, and the each type of ecosystem services values showed an increasing trend. Xinjiang region lost 8.2 thousand yuan per capita in ecosystem services value and the population growth has led to increased pressure on the environment. It reveals that the major human factors that have influenced the ecosystem services value change are economic factor, population factor and urbanization development level factor. The ecosystem services value is correlated negatively with population factor and urbanization factor, but positively with economic development level factor.

Keywords: land use change; ecosystem services value; environmental pressure; principal component analysis; Xinjiang Wei Autonomous Region

深入研究干旱区土地利用变化的人文驱动因素对其生态系统服务功能的影响,是当前一项极有意义

的研究课题。生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境

收稿日期:2012-11-16

修回日期:2013-01-01

资助项目:国家国际科技合作项目“土库曼斯坦应对气候变化条件下的生态环境保护与资源管理联合调查与研究”(2010 DFA 927290-12);教育部新世纪优秀人才支持计划资助(NCET-12-1075)

作者简介:姚远(1987—),男(汉族),山东省即墨市人,硕士生,主要研究方向为干旱区资源遥感。E-mail: xinjiangyaoyuan@sina.com。

通信作者:丁建丽(1974—),男(汉族),山东省成武县人,博士,教授,主要从事干旱区资源遥感研究。E-mail: watarid@xju.edu.cn。

条件与效用^[1],对其价值进行定量评估是高效、合理配置环境资源的基础^[2-3],也是制定生态环境建设补偿政策的必要前提^[4]。另一方面,作为全球环境变化研究的核心领域之一,土地利用/覆被变化(LUCC)能够改变生态系统的结构和功能,因而对生态系统维持其服务功能起到了决定性作用^[5]。在短时期内,人文因素是区域土地利用变化主要驱动力的观点已经成为学术界的共识^[6],也就是说人类社会在经济发展过程中所造成的土地利用/覆被类型变化,是短时期内导致生态系统服务价值变化的主要原因^[7]。因此,深入研究土地利用变化过程中的人文驱动因素对生态系统服务功能的影响,对于掌握干旱区生态系统服务价值变化的规律和揭示维持区域生态安全的机理以及促进中国西北干旱区的资源环境与经济可持续发展具有重要意义。

目前,关于干旱区的生态系统服务价值评估的研究成果不少^[8-9],例如,黄湘等^[10]研究了西北干旱区4个典型流域的生态服务价值,张伟等^[11]评价了伊犁新垦区的生态系统服务价值变化,孙慧兰等^[12]对新疆伊犁河流域的生态系统服务价值进行了动态评估,王水献等^[13]针对焉耆盆地绿洲的土地利用变化对生态系统服务价值的影响进行了研究,黄青等^[14]对干旱区典型的山地—绿洲—荒漠系统的生态服务价值变化进行了探讨。但研究方法多是利用遥感影像分类后所得到的各类用地面积结合生态系统服务价值系数对区域生态系统服务价值进行估算,而利用统计资料定量分析土地利用变化的人文驱动因素对新疆生态系统服务价值影响的研究较为少见。为此,本文基于新疆国土资源厅连续13a的土地利用变更详查资料,结合谢高地等^[15]的中国陆地生态系统服务单位面积价值和敏感度分析,以及《新疆统计年鉴》中的相关数据,开展了人文因素对生态系统服务价值影响的定量研究,以期新疆土地资源的可持续利用和生态环境保护提供决策参考。

1 研究区概况

新疆干旱区面积达 $1.39 \times 10^6 \text{ km}^2$,占全国土地面积的14.4%,占新疆土地面积的83.3%(极端干旱区占28.8%,干旱区占36.7%,半干旱区占23.2%),绝大部分是戈壁、沙漠和荒漠等难以利用的土地,土地利用类型以未利用地和牧草地为主,是中国面积最大,范围最广,发育最典型的干旱区^[16]。在中国人口、资源和环境问题日益尖锐的今天,新疆以其丰富的后备国土资源与能源矿产资源奠定了其在中国宏观发展中的战略地位。近年来,人口迅速增加和高强

度的绿洲开发给生态环境造成了严重压力,使原本脆弱的生态环境受到不同程度的干扰和破坏。当前,新疆主要面临着土地荒漠化,土壤盐渍化,水土流失,森林局部破坏,草地整体退化,天然湖泊萎缩,湿地面积减少,生物多样性保护形势严峻和农村环境污染程度不断升高等一系列生态问题^[17-18]。

2 研究方法

2.1 土地利用变化动态数据的获取

土地利用/覆被的基础数据来源于新疆维吾尔自治区国土资源厅1996—2008连续13a的土地利用变更详查资料。参照国家通用土地分类系统以及实际情况^[7,19],将新疆维吾尔自治区土地分为7种类型:(1)耕地;(2)林地;(3)园地;(4)草地;(5)建设用地(包括居民点、工矿用地和交通建设用地);(6)水域(包括流水面、湖泊水面、水库水面、坑塘水面、苇地、滩涂、沟渠、水工建筑物、冰川及永久积雪);(7)未利用土地(包括沙地、沼泽地、盐碱地等)。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用变化速度分析 根据单一土地利用的年变化率公式可以计算出研究区单一土地利用类型的年变化率^[20-21],表达式为:

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

式中: K ——研究时段内某一土地利用类型动态度; U_a, U_b ——研究初期、末期土地利用类型的数量; T ——研究时段长,当 T 的时段设定为年时, T 值就是该研究区土地利用类型的年变化率。

2.2.2 生态系统服务价值评价方法 Costanza等^[2]提出的生态系统服务价值评价方法在一些数据上存在较大偏差,争议较大,引起了国内外学者的广泛讨论。谢高地等^[15]针对其不足,根据中国实际情况,制定了中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表。本研究采用该成果对新疆生态系统服务价值进行评估,计算公式为:

$$ESV = \sum A_k \times VC_k \quad (2)$$

式中: ESV ——生态系统服务价值; A_k ——研究区第 k 种土地利用类型的分布面积; VC_k ——生态服务功能价值指数,即单位面积的生态系统服务价值。

2.2.3 敏感性分析 本文通过引入敏感性指数(C_s)^[22-23]来验证生态系统类型对于各种土地覆被类型的代表性和选用生态价值系数的准确性,以此来反映生态系统服务价值对生态价值系数的依赖程度。本文将各类土地利用类型的价值指数分别调整50%来衡量总体生态系统服务价值的变化。如果 $C_s > 1$,

表明 ESV 相对于 VC 是富有弹性的;如果 $C_s < 1$, ESV 则被认为是缺乏弹性的,比值越大,表明 VC 的准确性越关键。敏感性指数(C_s)的计算公式为:

$$C_s = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \right| \quad (3)$$

式中:ESV——总生态系统服务价值;VC——生态价值系数; i, j ——初始状态总价值和生态价值系数调整以后的总价值; k ——各土地利用类型。

3 结果与讨论

3.1 土地利用变化分析

1996—2008 年,新疆的耕地、园地、林地、建设用

地、水域的面积总体上呈增长的趋势,其中尤以园地面积变化最为明显,增加 $1.996 \times 10^5 \text{ hm}^2$,年均增长率 9.33%(表 1)。其增加的主要原因在于新疆具有独特的气候资源,特色林果业的发展优势明显,南疆环塔里木盆地和土哈盆地、伊犁河谷、天山北坡特色林果基地已经初步形成规模。值得警惕的是由于受到极端荒漠气候和人为因素的影响,新疆的草地退化趋势明显,共减少 $4.886 \times 10^5 \text{ hm}^2$,这对维系干旱区自然生态系统稳定造成了极大的威胁;另一方面,由于撂荒、垦荒、开发建设等因素的影响,未利用地(包括沙地、盐碱地、沼泽地和其他未利用地)面积总体呈减少趋势。

表 1 1996—2008 年新疆地区土地利用类型面积及其变化

土地利用类型	各年总面积/ 10^4 hm^2				变化面积/ 10^4 hm^2				变化率/%			
	1996	2000	2004	2008	1996— 2000	2000— 2004	2004— 2008	1996— 2008	1996— 2000	2000— 2004	2004— 2008	1996— 2008
耕地	398.57	416.40	402.55	412.46	17.83	-13.85	9.91	13.89	4.47	-3.33	2.46	3.48
园地	16.46	19.22	33.59	36.42	2.76	14.37	2.83	19.96	16.77	74.77	8.43	121.20
林地	640.09	656.41	675.94	676.48	16.32	19.53	0.54	36.39	2.55	2.98	0.08	5.69
草地	5 160.24	5 136.05	5 121.58	5 111.38	-24.19	-14.47	-10.20	-48.86	-0.47	-0.28	-0.20	-0.95
建设用地	108.56	110.99	120.95	123.76	2.43	9.96	2.81	15.20	2.24	8.97	2.32	14.00
水域	463.05	465.58	470.91	471.58	2.53	5.33	0.67	8.53	0.55	1.14	0.14	1.84
沙地	3 420.64	3 417.53	3 414.40	3 413.69	-3.11	-3.13	-0.71	-6.95	-0.09	-0.09	-0.02	-0.20
沼泽地	32.32	32.01	31.81	31.77	-0.31	-0.20	-0.04	-0.55	-0.96	-0.62	-0.13	-1.70
盐碱地	401.67	397.32	393.18	392.76	-4.35	-4.14	-0.42	-8.91	-1.08	-1.04	-0.11	-2.22
其他未利用地	6 007.37	5 997.47	5 984.07	5 978.68	-9.90	-13.4	-5.39	-28.69	-0.22	-0.25	-0.09	-0.48

3.2 新疆地区生态系统服务价值变化

3.2.1 时间变化 从两个方面来分析时间维度上生态系统服务价值的变化。

(1) 各地类生态系统服务价值的变化。从表 2 中可以看出,新疆各地类生态系统服务总价值的总体变化情况。

新疆 1996, 2000, 2004 和 2008 年区域生态系统服务价值分别为 7 062.167 1, 7 102.372 9, 7 162.171 7 和 7 168.981 亿元,即 13 a 该区域生态系统服务价值共增加 106.814 亿元,增加幅度为 1.51%,年均增加 8.216 5 亿元。其中,园地增幅最

大(121.25%),建设用地次之(14%),耕地和林地增幅分别为 3.48% 和 5.69%,水域增幅最小为 1.84%,而草地和未利用地生态价值持续减少。草地减幅最大(0.95%),未利用地次之(0.46%)。研究区 13 a 间生态系统服务价值损失量中草地损失价值最多,占总损失量的 94.75%。这是因为新疆草地面积的持续减少(1996—2008 年减少 $4.846 \times 10^5 \text{ hm}^2$)导致新疆全区绿洲外围的过渡带以及农牧业交错带的生态环境质量恶化,并且草地退化趋势未得到根本遏制。受草地载畜量严重超载所带来的影响,全区天然草地面积 80% 已经退化,产草量严重下降。

表 2 1996—2008 年新疆地区维吾尔自治区生态系统服务价值变化

土地利用类型	单位面积生态价值/(元· hm^{-2} · a^{-1})	1996 年		2000 年		2004 年		2008 年	
		ESV	V/%	ESV	V/%	ESV	V/%	ESV	V/%
耕地	6 114.30	243.697 6	3.45	254.599 5	3.58	246.128 8	3.44	252.188 1	3.52
园地	12 870.35	21.184 5	0.30	24.736 4	0.35	43.230 0	0.60	46.871 7	0.65
林地	19 334.00	1 237.550 0	17.52	1 269.095 5	17.87	1 306.855 8	18.25	1 307.915 0	18.24
草地	6 406.50	3 305.907 7	46.81	3 290.409 4	46.33	3 281.139 4	45.81	3 274.602 6	45.68
建设用地	371.40	4.031 9	0.06	4.122 2	0.06	4.491 9	0.06	4.596 5	0.06
水域	40 676.40	1 883.520 7	26.67	1 893.791 5	26.66	1 915.482 2	26.75	1 918.207 9	26.76
未利用地	371.40	366.274 7	5.19	365.618 4	5.15	364.843 6	5.09	364.599 5	5.09
总和	—	7 062.167 1	100.00	7 102.372 9	100.00	7 162.171 7	100.00	7 168.981 0	100.00

注:ESV 表示生态系统服务价值;V 表示各单项占总量的百分比。下同。

(2) 单项生态系统服务价值的变化及其构成分析。从生态系统各单项服务功能的价值量看(表 3), 新疆生态系统主要的服务功能为水源涵养、土壤形成与保护、废物处理以及生物多样性保护, 4 项价值之和占总价值的 73.74%, 这也充分说明该地区是中国生态安全极为重要的核心区域; 原材料和食物生产的贡献率最小, 不足 6%, 这说明新疆生态系统的服务性功能远远大于生产性功能。从总体变化来看, 虽然前 8 a 土壤形成与保护, 气候调节和气体调节等功能的价

值都处于增长的趋势, 但后 5 a 里所有生态系统服务功能价值的增幅都趋于缓慢, 其增幅减缓的原因主要由于过度开垦、乱砍滥伐和超载放牧等人类活动的胁迫作用, 使得草地不断减少, 生态系统结构和功能受到严重破坏, 从而造成生物多样性衰退和荒漠化、盐碱化等土地退化现象。另外, 气候干旱和不合理的土地利用的影响也较大。如果这种趋势得不到有效控制, 将对于维系新疆, 乃至整个西北干旱区的生态系统的稳定、生态环境的保护以及改善都会产生极其不利的影响。

表 3 1996—2008 新疆地区生态系统各服务类型价值变化

服务项目	1996		2000		2004		2008		1996—2008 年 变化率/%
	ESV	V/%	ESV	V/%	ESV	V/%	ESV	V/%	
气体调节	584.293 4	8.27	588.947 8	8.29	596.092 9	8.32	596.516 9	8.32	2.092 0
气候调节	616.740 6	8.73	620.658 5	8.74	625.586 9	8.73	626.163 5	8.74	1.527 9
水源涵养	1 432.057 2	20.28	1 440.912 6	20.29	1 456.813 0	20.34	1 458.471 2	20.34	1.844 5
土壤形成与保护	1 185.094 9	16.78	1 189.544 2	16.75	1 195.701 9	16.70	1 196.136 8	16.69	0.931 7
废物处理	1 485.786 9	21.04	1 491.829 8	21.00	1 500.640 3	20.95	1 502.361 8	20.96	1.115 6
生物多样性	1 112.489 7	15.75	1 116.612 2	15.72	1 123.592 2	15.69	1 123.967 9	15.68	1.031 8
食物生产	191.102 0	2.71	192.239 7	2.71	191.094 4	2.67	191.758 0	2.67	0.343 3
原材料	175.932 0	2.49	180.062 3	2.54	186.058 3	2.60	186.559 2	2.60	6.040 5
娱乐文化	278.670 4	3.95	281.565 8	3.96	286.591 8	4.00	287.045 7	4.00	3.005 5
总和	7 062.167 1	100	7 102.372 9	100	7 162.171 7	100	7 168.981 0	100	1.512 5

3.2.2 人均生态系统服务价值变化 李小燕^[24]认为将生态系统服务价值与人口有机结合可以更加直观有效地反映环境压力情况。新疆 1996, 2000, 2004 和 2008 年人口数量分别为 1 689.29, 1 849.41, 1 963.11 和 2 130.81 万, 据此计算的 4 个时期人均生态系统服务价值分别为 4.18, 3.84, 3.65 和 3.36 万元。即 13 a 间, 人均生态系统服务价值共损失 0.82 万元, 年均损失 0.06 万元, 减幅达 19.52%, 2004—2008 年年均损失量和减小幅度分别为 1996—2004 年的 85.37% 和 1.22 倍, 表明新疆人均生态系统服务价值呈持续下降的趋势, 损失幅度呈增大趋势, 即 1996—2008 年, 新疆由于人口的增长, 环境压力呈持续增大趋势。

3.2.3 敏感性指数分析 根据前面 C_s 计算公式, 本文把 VC 分别上下调整 50%, 计算出新疆 1996, 2000, 2004 和 2008 年各地类的敏感性指数。结果表明, ESV 对 VC 的敏感性指数均小于 1, 由高到低依次为草地、水域、林地、未利用地、耕地、园地和建设用地。最高值是 1996 年的草地为 0.468 1。这表明在 1996 年, 当草地的 VC 增加 1% 时, 相应的 ESV 增加 0.468 1%。敏感性分析的结果表明, 研究区内 ESV 对 VC 缺乏弹性, 基于谢高地等^[21]价值系数的生态系

统服务功能价值核算结果, 在该区域内是可信的(图 1)。

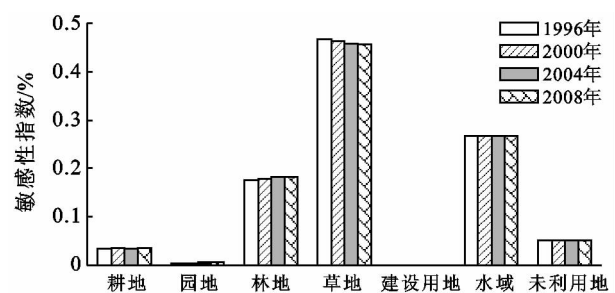


图 1 1996—2008 年新疆地区敏感性指数

3.3 影响新疆生态系统服务价值变化的土地利用人文驱动力定量分析

3.3.1 驱动力因子的选择 本文从影响土地利用变化的人文驱动力因素中选取 18 个指标作为自变量(表 4), 同时选取生态系统服务价值变化率作为因变量, 以此构建生态系统价值变化的指标矩阵。其中 18 个自变量指标基本涵盖了影响土地利用变化的人口、经济、产业结构和城市化 4 大因素。通过应用因子分析和多元回归分析的方法从定量角度去解释引起土地利用变化的人文因素对生态系统服务价值变化的影响。

表 4 新疆生态系统服务价值定量分析的变量选择

指标类	变量名称
人口因素	总人口年变化率(X_1),人口密度年变化率(X_2),从业人员数年变化率(X_3),城镇人口年变化率(X_4),非农人口年变化率(X_5)
经济因素	地区生产总值年变化率(X_6),地均 GDP 年变化率(X_7),农业总产值年变化率(X_8),工业总产值年变化率(X_9),人均收入年变化率(X_{10}),社会零售商品总额年变化率(X_{11}),固定资产投资年变化率(X_{12})
产业结构因素	第一产业占 GDP 的比重年变化率(X_{13}),第二产业占 GDP 的比重年变化率(X_{14}),第三产业占 GDP 的比重年变化率(X_{15})
城市化因素	城市化率年变化率(X_{16}),人均公共绿地面积年变化率(X_{17}),邮电业务总量年变化率(X_{18})
ESV 变化指标	生态系统服务价值年变化率(Y)

3.3.2 驱动力因子的提取 采用“最大方差正交旋转法”^[25]进行因子分析,并根据特征根大于 1.0 的原则提取了 3 个驱动力因子。通过表 5 可知,前 3 个特征根大于 1 的主成分其累计贡献率达到 71.343%,对大多数的数据已经做了充分的概括,完全符合分析要求^[26],能从总体上反映原始指标所代表的生态系统服务价值的信息。因此,提取 3 个因子是可以接受且科学的,3 个因子载荷如表 5 所示。根据 3 个因子的特征根和贡献率以及与所选变量之间的关系,将其分别命名为经济因子、人口因子和城市化水平因子。

表 5 生态系统服务价值影响因子特征根及累积方差贡献率

因子	特征根	方差贡献率	累计贡献率
1	7.821	34.004	34.004
2	5.917	25.726	59.730
3	2.671	11.613	71.343

通过表 6 可以看出,因子 1 的特征值为 7.821,方差贡献率为 34.004%,从业人员数年变化率(X_3)、非农人口年变化率(X_5)、工业总产值年变化率(X_9)、人均收入年变化率(X_{10})、固定资产投资年变化率(X_{12})、第三产业占 GDP 的比重(X_{15}) 9 个变量在因子 1 上正载荷值最大,呈正相关;农业总产值年变化率(X_8)和第二产业占 GDP 的比重(X_{14}) 2 个变量在因子 1 上负载荷值最大,呈负相关,因此可将因子 1 命名为经济因子。

因子 2 的特征值为 5.917,方差贡献率为 25.726%,总人口年变化率(X_1)、人口密度年变化率(X_2)、城镇人口年变化率(X_4)、地均 GDP 年变化率(X_7)和人均公共绿地面积年变化率(X_{17}) 5 个变量在因子 2 上正载荷值最大,呈正相关;第一产业占 GDP 的比重变化(X_{13}) 在因子 2 上负载荷值最大,呈负相关,因此可将因子 2 命名为人口因子。

因子 3 的特征值为 2.617,方差贡献率为 11.613%,地区生产总值年变化率(X_6)、社会零售商

品总额年变化率(X_{11})和城市化率年变化率(X_{16}) 3 个变量在因子 3 上正载荷值最大,呈正相关;邮电业务总量年变化率(X_{18}) 在因子 3 上负载荷值最大,呈负相关,因此可将因子 3 命名为城市化水平因子。

表 6 生态系统服务价值变化驱动因子载荷矩阵

因子	主成分 1	主成分 2	主成分 3
X_1	0.173	0.913	0.077
X_2	0.071	0.938	0.132
X_3	0.523	0.031	0.432
X_4	-0.016	0.843	-0.021
X_5	0.732	0.338	-0.133
X_6	0.232	0.061	0.729
X_7	0.285	0.642	0.012
X_8	-0.665	0.374	0.294
X_9	0.883	0.312	0.013
X_{10}	0.861	-0.043	0.231
X_{11}	0.321	0.013	0.542
X_{12}	0.757	-0.136	0.213
X_{13}	0.152	-0.614	0.352
X_{14}	-0.548	0.342	0.214
X_{15}	0.653	0.212	-0.142
X_{16}	0.087	-0.236	0.813
X_{17}	0.013	0.841	0.194
X_{18}	0.396	0.138	-0.531

3.4 新疆生态系统服务价值变化率线性回归分析

应用计算所得的生态系统价值变化影响因子得分数据矩阵,以生态系统服务价值变化率为因变量,以生态系统价值变化影响因子(影响因子 A_1 ,影响因子 A_2 ,影响因子 A_3)为自变量进行多元线性回归分析,得到新疆生态系统价值变化率与生态系统价值变化影响因子的多元回归模型:

$$Y=0.673A_1-0.321A_2-0.098A_3$$

$$(R^2=0.763, p<0.01) \quad (4)$$

通过生态系统服务价值的多元线性回归模型可以看出经济、人口、城市化 3 个因子可以解释新疆生

态系统服务价值变化所包含的信息。由于式(4)的确定系数为 0.763,可以表明 3 个因子能解释 76.3% 的生态系统价值的变化信息。虽然线性拟合度不高,但影响因子对生态系统服务价值变化的影响趋势是相同的。经济因子与生态系统服务价值变化呈正相关,其每提高一个单位 ESV 就变动 0.673 标准单位;与此相反,它与人口因子和城市化水平变化呈负相关,其每提高一个单位 ESV 变化强度就变动 -0.321 和 -0.098 个标准单位。

4 结论

(1) 新疆土地类型以未利用地为主,草地次之,园地最少。1996—2008 年,新疆草地和未利用地面积持续减少,其他类型土地面积总体上呈现增加趋势。当前,随着国家西部大开发战略的进一步实施,新疆的土地利用综合程度和人类活动强度必将呈现进一步增大的趋势。

(2) 新疆 1996—2008 年区域生态系统服务价值增加 106.813 9 亿元,年均增加 8.216 5 亿元,表明该区域生态系统服务价值总体呈现持续增加趋势。在生态系统服务价值损失量中草地损失价值最多,占总损失量的 94.75%,该损失主要是由人类活动导致的草地退化引起。

(3) 新疆生态系统服务价值中,废物处理价值最高,水源涵养价值次之,原材料价值最低;13 a 间,新疆生态系统各服务类型价值比例变化很小,但总值均呈增加趋势,原材料价值增加幅度最大,娱乐文化次之,食物生产最小。

(4) 新疆在 13 a 间人均生态系统服务价值损失 0.82 万元,减幅达 19.52%,表明新疆由于人口的增长,环境压力呈持续增大趋势。

(5) 运用因子分析等定量方法可以将影响生态系统服务价值变化的关键人文因素因子归纳为经济、人口和城市化水平 3 个因子,并应用多元回归分析方法从定量角度构建人文因素对生态系统服务价值变化的影响模型。研究表明,生态系统服务价值与总人口和城市化水平呈现出极为显著的负相关关系,与经济水平呈现正相关关系。这表明新疆的人口数量的增长和城市化水平的加快对区域生态环境具有明显的压力和负作用,而新疆渔业、林果业的发展以及撂荒、垦荒、开发建设等经济因素对新疆的生态环境的改善具有一定的带动作用。

本文在计算各生态系统服务价值变化的过程中,没有顾及人文因子之间纵横交错的相互影响及其因子指向的非确定性,同时生态系统服务价值变化和驱

动因子之间的关系模型也并非简单的线性关系。这对本研究的结果分析带来一定的偏差和困难,但这也说明进行生态系统服务价值变化与人文因子综合影响模型分析的难度较大,有待进一步的研究和改进。值得肯定的是,本研究初步确定了影响新疆生态系统服务价值变化的 3 个影响因子和影响作用的大小。研究结果与新疆的实际情况基本吻合,针对上述一些影响作用较大的主要因子进行适当的调控将会影响到区域未来的生态系统服务价值变化。

[参 考 文 献]

- [1] Daily G C. Natures service: social dependence on nature ecosystems [M]. Washington: Island Press, 1997:122-134.
- [2] Costanza R, D'Arge R, Groot R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997,386(6630):253-260.
- [3] Wilson M A, Stephen R C. Economic valuation of freshwater ecosystem services in the United States 1971—1997[J]. Ecological Applications, 1999,9(3):772-783.
- [4] 刘军会,高吉喜.北方农牧交错带生态系统服务价值测算及变化[J].山地学报,2008,26(2):145-153.
- [5] Lambin E F, Baulies X, Bockstaed N, et al. Land-use and land-cover change, implementation, strategy [J]. IGBP Report No. 48/IHDP Report No. 10. Stockholm: IGBP, 1999.
- [6] 樊杰,许豫东,邵阳.土地利用变化的人文地理视角与新命题[J].地理科学进展,2003,22(1):1-10.
- [7] 姚成胜,朱鹤建,刘耀彬,等.土地利用变化的社会经济驱动因子对福建生态系统服务价值的影响[J].自然资源学报,2009,24(2):225-233.
- [8] 杨光梅,李文华,闵文庆,等.生态系统服务价值评估研究进展[J].生态学报,2006,26(1):205-212.
- [9] 张振明,刘俊国.生态系统服务价值研究进展[J].环境科学学报,2011,31(9):1835-1842.
- [10] 黄湘,陈亚宁,马建新.西北干旱区典型流域生态系统服务价值变化[J].自然资源学报,2011,26(8):1364-1376.
- [11] 张伟,张宏业,王秀红,等.伊利新垦区土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响[J].资源科学,2009,31(12):2042-2046.
- [12] 孙慧兰,李卫红,陈亚鹏,等.新疆伊犁河流域生态服务价值对土地利用变化的响应[J].生态学报,2010,30(4):887-894.
- [13] 王水献,吴彬,郭玉川.焉耆盆地绿洲区土地利用变化对生态系统服务价值影响研究[J].干旱区资源与环境,2012,26(10):138-143.
- [14] 黄青,孙洪波,王让会,等.干旱区典型山地—绿洲—荒漠系统中绿洲土地利用/覆盖变化对生态系统服务价

- 值的影响[J]. 中国沙漠, 2007, 27(1): 76-81.
- [15] 姚秋红, 袁戈丽. 新疆生态环境问题及保护对策[J]. 新疆教育学院学报, 2007, 23(2): 137-140.
- [16] 周华荣. 新疆生态环境质量评价指标体系研究[J]. 中国环境科学, 2000, 20(2): 150-153.
- [17] 刘建军, 李新琪, 高利军. 遥感技术在新疆生态环境监测与综合评价中的应用[J]. 干旱区地理, 2004, 27(4): 508-511.
- [18] 张飞, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽, 等. 塔里木盆地北缘绿洲土地利用与生态系统服务价值的时空变化研究[J]. 中国沙漠, 2009, 29(5): 933-941.
- [19] 田源, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽, 等. 新疆于田县耕地变化驱动力研究[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(3): 67-72.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 岳书平, 张树文, 闫业超. 东北样带土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 地理学报, 2007, 62(8): 879-886.
- [23] Kreuter U P, Harris H G, Matlock M D, et al. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas [J]. Ecological Economics, 2001, 39(3): 333-346.
- [24] 李小燕. 区域生态系统服务价值量与环境压力分析: 以渭南市为例[J]. 干旱区研究, 2008, 25(5): 729-734.
- [25] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [26] 毛蒋兴. 快速城市化过程中的深圳土地利用变化特征及影响因素研究[D]. 广州: 中山大学, 2006.

(上接第 270 页)

- [11] 刘绿柳. 水资源脆弱性及其定量评价[J]. 水土保持通报, 2002, 22(2): 41-44.
- [12] Luers A L. The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change [J]. Global Environmental Change Part A, 2005, 15(3): 214-223.
- [13] 陈亚宁, 杨青, 罗毅, 等. 西北干旱区水资源问题研究思考[J]. 干旱区地理, 2012, 35(1): 1-9.
- [14] 刘时银, 丁永建, 张勇, 等. 塔里木河流域冰川变化及其对水资源影响[J]. 地理学报, 2006, 61(5): 482-490.
- [15] 雷志栋, 胡和平, 杨诗秀, 等. 塔里木盆地绿洲耗水分析[J]. 水利学报, 2006, 37(12): 1470-1475.
- [16] 雷志栋, 甄宝龙, 尚松浩, 等. 塔里木河干流水资源的形成及其利用问题[J]. 中国科学: E 辑, 2003, 33(5): 473-480.
- [17] 王浩, 秦大庸, 王研, 等. 西北内陆干旱区生态环境及其演变趋势[J]. 水利学报, 2004(8): 8-14.
- [18] 张海涛, 周勇, 汪善勤, 等. 利用 GIS 和 RS 资料及层次分析法综合评价江汉平原后湖地区耕地自然力[J]. 农业工程学报, 2003(2): 219-223.
- [19] 李慧伶, 王修贵, 崔远来, 等. 灌区运行状况综合评价的方法研究[J]. 水科学进展, 2006, 17(4): 543-548.
- [20] 陈攀, 李兰, 周文财. 水资源脆弱性及评价方法国内外研究进展[J]. 水资源保护, 2011, 27(5): 32-38.
- [21] 王为人, 屠梅曾. 基于层次分析法的流域水资源配置权重测算[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2005, 33(8): 1133-1136.
- [22] 肖艳秋, 杨德刚, 唐宏, 等. 塔里木河流域人口—经济分布不平衡特征分析[J]. 干旱区地理, 2012, 35(2): 309-317.