

DOI: 10.5846/stxb202003100468

郭亚红, 阿布都热合曼·哈力克, 魏天宝, 木卡达斯·阿不都热合曼. 基于土地利用变化的和田地区生态系统服务价值分析. 生态学报, 2021, 41(16): 6363-6372.

Guo Y H, Abdirahman · Halik, Wei T B, Mukadasi · Abdirahman. The ecosystem service value evaluation of Hotan area based on land use changes. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(16): 6363-6372.

基于土地利用变化的和田地区生态系统服务价值分析

郭亚红^{1,2}, 阿布都热合曼·哈力克^{1,2,*}, 魏天宝^{1,2}, 木卡达斯·阿不都热合曼^{1,2}

1 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046

2 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046

摘要: 生态系统服务的可持续利用有利于促进人类福祉。了解土地利用对生态系统服务的影响能为可持续发展生态系统提供科学与针对性指导。基于和田地区 2010—2018 年土地利用数据, 利用单一土地利用动态度, 系统分析土地利用变化特征。随后, 修改等效系数, 并在评估模型中引入支付意愿与支付能力来衡量生态系统服务价值。结果表明: (1) 2010—2018 年, 和田地区土地利用变化较为显著, 耕地、城镇村及工矿用地、交通用地均呈增加趋势, 园地、林地、草地、水域及未利用地呈减少趋势。(2) 在研究期间, 研究区生态系统服务价值呈下降趋势, 减少了 5.89×10^8 元。各地类生态系统服务价值均呈减少趋势, 其中水体构成生态系统服务价值的主体。区域生态功能的调节服务 > 支持服务 > 文化服务 > 供给服务, 水文调节与废物处理是最主要的单项服务功能。(3) 在空间尺度, 各县市生态系统服务价值呈减少趋势。民丰县生态系统服务价值最高, 和田市生态系统服务价值最低。(4) 各土地利用类型的敏感性指数均小于 1, 说明研究区生态系统服务价值对价值系数缺乏弹性, 研究结果可信。研究不仅可以为区域生态补偿提供基础数据, 还可以为其他地区开展相关研究工作提供参考。

关键词: 土地利用变化; 生态系统服务价值; 生物因子调整系数; 社会经济因子调整系数; 和田地区

The ecosystem service value evaluation of Hotan area based on land use changes

GUO Yahong^{1,2}, Abdirahman · Halik^{1,2,*}, WEI Tianbao^{1,2}, Mukadasi · Abdirahman^{1,2}

1 College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

2 Key Laboratory of Oasis Ecology of Ministry of Education, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

Abstract: The sustainable use of ecosystem services can contribute to enhancing human well-being. Understanding the effects of land use on ecosystem services can provide scientific and targeted guidance for the sustainable use of ecosystem services. The characteristics of land use change were systematically analyzed by using the single land use dynamic degree on the basis of land use change in Hotan area from 2010 to 2018. Subsequently, the equivalent coefficient was modified and willingness to pay and ability to pay were introduced in the evaluation model, which was reconstructed to measure its ecosystem services value. The results showed that (1) Land use changed were more significant in Hotan area from 2010 to 2018. The cultivated land, urban villages, industrial and mining land and transportation land showed an increasing trend, whereas garden land, forest land, grassland, water area, and unused land showed a decreasing trend. (2) During 2010—2018, the total ecosystem service value in the study area has been decreasing, and reduction amounts were about 5.89×10^8 yuan. The ecosystem service values of land use types were all had a decreasing trend, in which water area had the largest contribution. The regional ecological function adjustment service value was larger than that in support services and in cultural service and in supply service, in which hydrological regulation and waste treatment was the most important single

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41761019, 41061052); 西部地区人才培养特别项目 (201408655089)

收稿日期: 2020-03-10; **网络出版日期:** 2021-05-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ah@xju.edu.cn

service function. (3) On the spatial scale, the total ecosystem service value for Hotan County significantly decreased. The ecosystem service value for Minfen County was the highest, and that of Hotan city was the lowest. (4) The sensitivity indexes of ecosystem service value coefficient of all land use types were less than 1, indicating that the ecosystem service value was inelastic to the value coefficient, and the results were credible. The above results can not only provide basic data for inter-regional ecological compensation, but also serve as reference cases for other regions to carry out relevant research work.

Key Words: land-use change; ecosystem service value; biomass factor coefficient; socio-economic factor adjustment coefficient; Hotan

生态系统服务是指通过生态系统结构、功能和过程而获得产品和服务,包括供给、调节、支持和文化四种功能^[1-3]。生态系统为人类福祉提供了众多服务,例如提供食物、淡水以及清洁空气等^[1]。土地合理利用和有效配置直接关系社会经济可持续发展^[4]。土地利用变化是人类活动与自然环境相互作用的直接体现^[5]。土地利用与生态系统服务相互影响,相互制约^[6]。土地利用类型、格局和强度直接影响生态系统结构、功能和过程^[7],是影响生态系统服务功能的重要动力^[8]。生态系统服务的丧失和退化不仅影响土地利用结构和效率^[9],也会威胁到人类福祉。众多学者已对生态系统服务价值进行评估^[10-12]。Costanza 在总结先前研究基础上实现了对生态系统服务价值的货币表达^[13-14]。谢高地等参考 Costanza 等人研究成果,制定出适合我国生态现状的生态系统服务价值当量因子表^[15]。目前,国内学者相关研究多以谢高地修订与补充的生态系统服务价值当量因子表为基础^[3,16],结合研究区单位生态系统服务的经济价值来估算区域的生态系统服务价值^[17-20]。随着社会经济发展,生态环境质量的提高^[21],人们开始愿意为保护生态环境付出相应的费用。将支付意愿和支付能力纳入生态系统服务价值评估体系,这对于建立生态补偿机制和实现绿色社会经济发展已十分重要。

和田地区处于塔克拉玛干沙漠的南缘,气候干旱与风沙天气导致生态环境十分脆弱^[22],加之过度垦荒,水资源匮乏,盐碱地与沙地的增加,加剧了生态环境的不稳定性^[23]。以和田地区为研究对象,对该区域土地利用及生态系统服务价值进行评估,为当地土地资源可持续利用以及环境保护提供决策支持。

1 研究区概况

和田地区位于新疆南部,北部与阿克苏地区的沙雅和阿瓦提相接,深入塔克拉玛干沙漠腹地。地处 35.7°N—39.4°N, 78.7°E—83.4°E 之间,包括 7 县 1 市。该区年平均气温 13.4℃, 年均降水量 88.4mm, 年均蒸发量 2504.6mm, 属暖温带极干旱荒漠气候。和田地区山地、戈壁沙漠、绿洲分别占到全疆 33.3%、63% 和 3.7%, 其中绿洲面积 $9.730 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 耕地面积为 $1.827 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 占绿洲面积的 17.95%。

2 研究方法

2.1 数据来源

研究中采用的 2010—2018 年土地利用数据来源于和田地区自然资源局土地利用变更数据调查,土地利用类型包括:耕地、园地、林地、草地、城镇村及工矿用地、交通用地、水域及未利用地;经济数据来源于《中国统计年鉴》和《中国年度统计公报》,《新疆统计年鉴》和《和田年鉴》;气候数据来源于国家气象科学数据中心 (<http://data.cma.cn>) 中的地面气候资料日值数据集 (V3.0), 和田地区的年均气温与年均降水量由 4 个站点的均值得到。以上经济数据与气象数据均以和田地区为研究单位。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用动态度

土地利用动态变化研究是基于土地利用动态变化模型,分析了土地利用类型数量、程度及土地利用变化

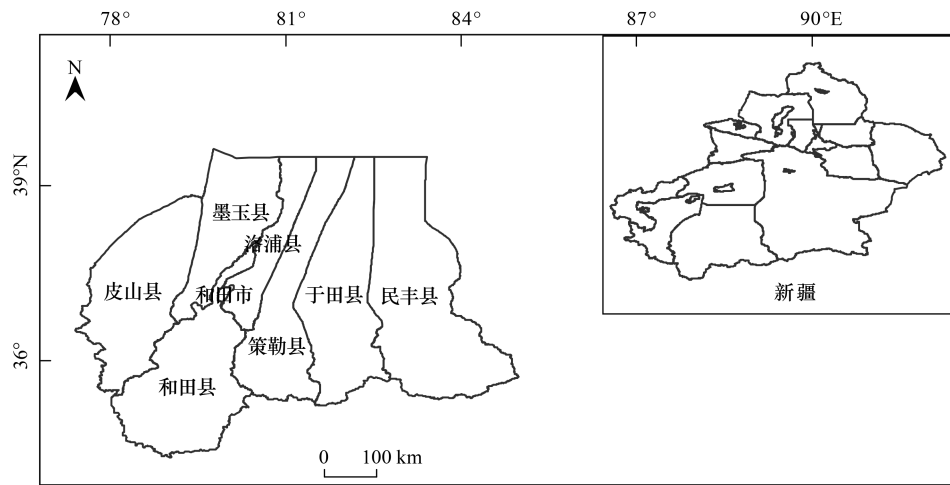


图1 研究区位置图

Fig.1 Location of the study area

的区域差异^[24]。单一土地利用动态度公式为:

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

式中, K 为在 $a—b$ 时段内特定土地利用类型的单一动态指数, U_a 、 U_b 分别表示在时间 a 、 b 处某种土地利用类型的面积, T 为 $a—b$ 时段,在文中以 a 为单位。

2.2.2 生态系统服务价值评估

以谢高地^[16]等人在 2007 年提出的“中国生态系统单位面积生态服务价值当量表”为基础,针对和田地区社会经济发展状况,对单位面积农田每年自然粮食产量的经济价值进行修正,可获得和田地区各土地利用类型的生态系统服务价值系数(VC)表。具体修正过程为:和田地区 2010—2018 年粮食平均单产为6415.76kg $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$,2010 年全国粮食平均收购价格为 2.23 元/kg,根据“一个标准生态系统服务经济价值等效系数是单位面积农田提供的食物生产经济价值的 1/7”^[3,16],得到和田地区一个生态系统服务价值当量因子为2045.344 元 $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$,最终得出和田地区生态系统服务价值系数(表 1)。

表 1 和田地区各地类生态系统单位面积服务价值系数/(元 $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$)

Ecosystem services function		Land use types				
一级类型	二级类型	林地	草地	耕地	水域	未利用地
First classification	Second classification	Forest land	Grass land	Cultivated land	Water body	Unused land
供给服务	食物生产	674.96	879.50	2045.34	1084.03	40.91
Supply services	原材料生产	6095.13	736.32	797.68	715.87	81.81
调节服务	气体调节	8835.89	3068.02	1472.65	1043.13	122.72
Regulating services	气候调节	8324.55	3190.74	1983.98	4213.41	265.89
	水文调节	8365.46	3108.92	1574.92	38391.11	143.17
	废物处理	3517.99	2699.85	2843.03	30373.36	531.79
支持服务	保持土壤	8222.28	4581.57	3006.66	838.59	347.71
Support services	维持生物多样性	9224.50	3824.79	2086.25	7015.53	818.14
文化服务 Cultural services	提供美学景观	4254.32	1779.45	347.71	9081.33	490.88
合计 Total		57515.08	23869.17	16158.22	92756.36	2843.03

表 2 和田地区生态系统服务经济价值修正系数

Table 2 Correction factor of economic ecosystem services value in Hotan						
年份 Year	和田地区支付 意愿参数 (Ws) Willingness to pay parameter of Hotan	国家支付意愿 参数 (Wg) Willingness to pay parameter of National	和田地区支付 意愿系数 (Wt) Willingness to pay coefficient of Hotan	和田地区支付 能力系数 (At) The ability to pay coefficient	社会经济因子 调整系数 (PI) Socio-economic factor adjustment coefficient	生物量因子 调整系数 (Si) Biomass factor adjustment coefficient
2010	0.1556	1.0520	0.1479	0.1697	0.0251	0.1646
2015	0.1562	1.3410	0.1165	0.2068	0.0241	0.0309
2018	0.1562	1.4200	0.1100	0.1871	0.0206	0.0813

同时,结合生物量因子调整系数来反映研究区的实际情况。考虑到研究区的实际情况和数据收集的便利性,可以根据植被净初级生产力(NPP)来计算(表2)。生态系统服务价值公式为:

$$ESV = (VC_k \times A_k \times PI \times Si)$$

式中,ESV 为生态系统服务总价值(元); VC_k 为生态系统服务价值系数(元 $hm^{-2} a^{-1}$); A_k 为第 k 类土地利用类型的面积; Si 为对生物量因子调整系数; PI 为社会经济因子调整系数;对 Si 、 PI 的详细计算可通过 Su 等^[25] 的研究得到。

2.2.3 敏感性分析

为确定生态系统服务价值评价是否准确,需引入敏感性指数(CS)来衡量。公式如下:

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

式中,CS 为敏感性指数,VC 为生态价值系数, i 和 j 分别为 ESV、VC 调整前后的值, k 为土地利用类型。文中将各土地利用类型的 $VC \pm 50\%$,对 ESV 的变化进行分析。

3 结果分析

3.1 和田地区土地利用类型变化特征

和田地区不同土地利用类型中,未利用地为研究区的主要土地利用类型,其次为草地,分别占总面积的 81.21%—81.27%,12.09%—12.13%,两者面积之和占总面积的 93.31%—93.40%,在土地利用类型中占主体地位。交通用地所占比例最小,为 0.09%—0.1%。各土地利用类型所占总面积比例依次为:未利用地>草地>水域>林地>耕地>城镇村及工矿用地>园地>交通用地。

根据土地利用动态评估结果(图2)可知,2010—2018 年和田地区土地利用变化率与动态度基本一致。表现为:耕地、城镇村及工矿用地、交通用地均有所增加,其中城镇村及工矿用地的变化幅度最大,其次为交通用地,分别为 13.48%、7.52%,说明在研究期间,和田地区城镇化速度较快。园地、林地、草地、水域及未利用地有所减少,其中园地面积减少速度最明显,其次为林地,变化率分别为-2.43%、-0.11%。水域的变化幅度最小,仅为 0.05%,变化较为稳定。

3.2 和田地区生态系统服务价值变化特征

3.2.1 生态系统服务价值总体变化特征

2010—2018 年和田地区生态系统服务价值呈下降趋势,生态系统服务价值减少了 5.89×10^8 元,价值变化率为-59.47%。

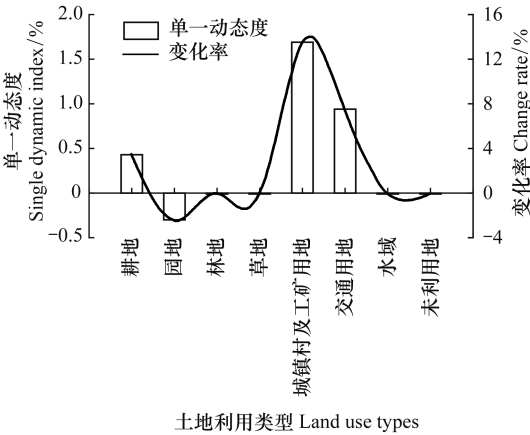


图 2 各土地利用动态度与变化率
Fig.2 Land use dynamic and rate of different types

从图 3 来看,水体与草地对生态系统服务总价值贡献最大,两者占总价值比例为 65.93%—66.08%。耕地的生态系统服务价值所占比例最小,为 1.40%—1.48%,未利用地的生态系统服务价值所占比例高于耕地与林地主要是和田地区大部分区域被沙漠与戈壁所覆盖,未利用地面积远多于其他土地利用类型的面积。总体来说,各地类生态系统服务价值均有所减少,主要是由于城镇村及工矿用地,交通用地等建设用地的快速扩张所致。建设用地的扩张导致园地、林地、草地、水域及未利用地有所减少。耕地面积有所增加,但耕地的生态系统服务价值有所降低,主要是不仅考虑到土地面积对生态系统服务价值的影响,同时也考虑到气温与降水对生态系统服务价值的影响。

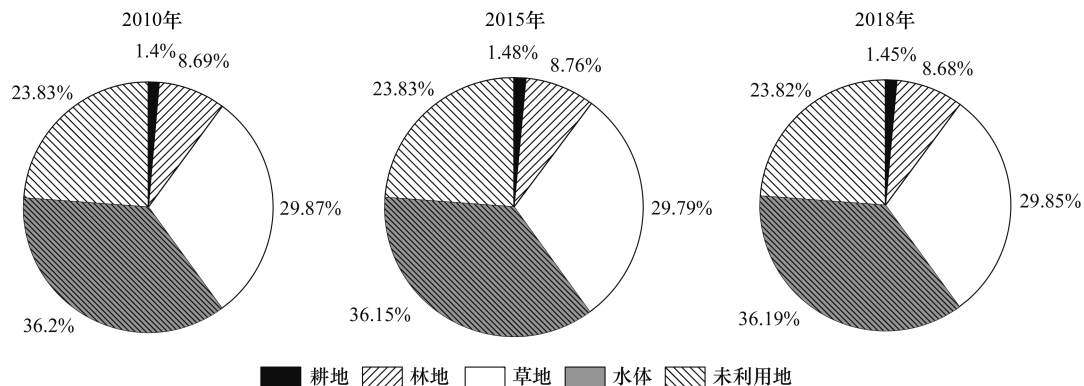


图 3 各土地利用类型提供的生态系统服务价值所占比例

Fig.3 Proportion of ecosystem services provided by various land use types

从生态系统服务功能来看(图 4),四大功能总体上呈下降趋势,调节服务>支持服务>文化服务>供给服务。

和田地区生态系统服务价值变化受诸多因素影响,但土地利用类型面积变化与生物量因子调整系数的修正起着主要的作用。和田地区生物量因子调整系数从 2010 年的 0.1646 下降到 2015 年的 0.0309,之后又上升到 2018 年的 0.0813,这表明在 2015 年该地的气温,降水,土地利用和土壤状况的变化对植被生产潜力产生作用较小,相反在 2010 年与 2018 年所起作用较大。尤其在 2010 年和田地区生态系统服务价值高于其他年份,主要是由于受生物量因子调整系数所影响,即气温和年降水量对该地的生态系统服务价值有重要影响。

3.2.2 生态系统单项服务价值变化特征

和田地区不同类型生态系统服务价值估算(图 5)可知,各单项生态系统服务功能均呈减少趋势。其中,水文调节功能减少最多,变化率为-59.48%。食物生产功能减少最少,相对于其他服务功能而言,变化幅度较为稳定。

在 2010 年、2015 年和 2018 年各单项生态服务功能所占比例完全相同:水文调节>废物处理>维持生物多样性>提供美学景观>保持土壤>气候调节>气体调节>原材料生产>食物生产,服务性功能高于生产性功能。单项生态系统服务价值功能主要以水文调节、废物处理和维持生物多样性为主,三者之和占总价值比例超过 57%,主要是由于水体、林地与草地的面积以及价值修正系数较大所造成的。

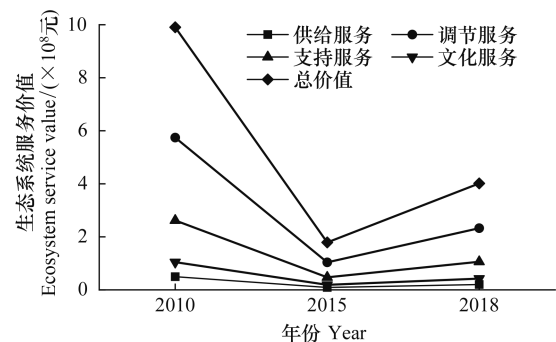


图 4 和田地区生态系统服务价值变化

Fig.4 Changes in the value of ecosystem services in Hotan area

3.2.3 生态系统服务价值空间分布

在研究期间,和田地区各县市生态系统服务价值均呈降低趋势(图6)。其中,民丰县生态系统服务价值最高,分别占和田地区生态系统服务总价值的26.27%和26.28%。和田市生态系统服务价值最低,占总价值的0.42%和0.51%。和田地区各县市生态系统服务价值变化率均高于-50%,表明该地区的生态系统服务价值大幅度减少,生态服务功能受到严重影响。

各县市单项生态系统服务价值均呈减少趋势(图7)。和田市各单项服务价值变化率均低于其他各县,其中水文调节变化幅度最大,为-52.71%,保持土壤变化幅度最小,为-46.82%。其他各县单项服务价值变化幅度比较相似,变化率均在-59%左右。和田县、墨玉县和策勒县气体调节功能下降幅度最大,变化率分别为-60.05%、-59.51%、-59.49%;皮山县、洛浦县和于田县提供美学景观功能下降幅度最为明显,变化率为-59.48%、-59.49%、-59.48%;民丰县原材料生产功能下降幅度最显著,变化率为-59.47%。除和田市与和田县外,其他各县下降幅度最小的单项服务功能均为食物生产。和田河与克里雅河径流量的变化对局部小气候的改善以及生态系统服务调节功能具有一定影响。

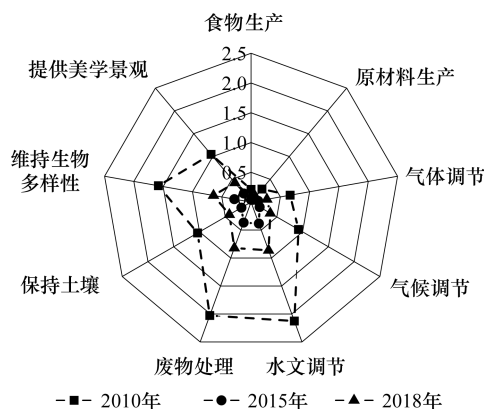


图5 和田地区单项生态系统服务价值变化

Fig.5 Change of individual ecosystem service value in Hotan area

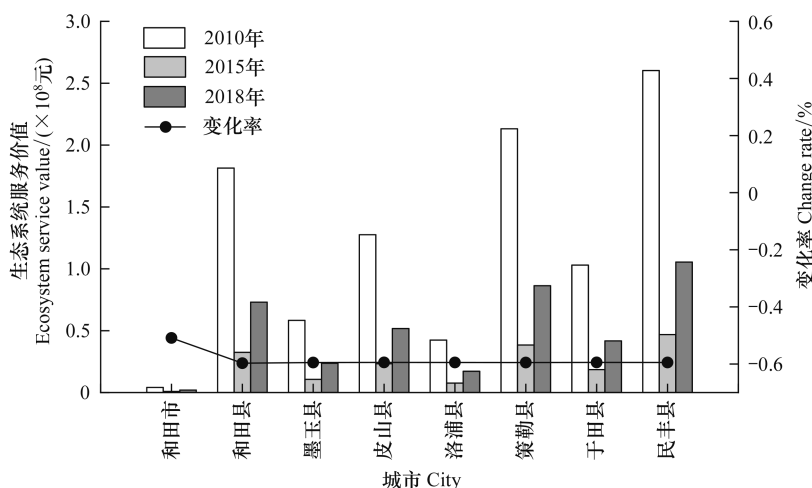


图6 和田地区各县市生态系统服务价值变化

Fig.6 Changes in the value of ecological services in each county in Hotan area

民丰县除原材料生产与食物生产功能价值减少较少外,其他单项生态服务功能价值变化量均为较明显,尤其水文调节、废物处理、保持土壤和维持生物多样性功能下降最为显著。和田县与策勒县的水文调节与废物处理功能下降最为显著。

4 生态系统服务价值敏感性分析

按照敏感性指数计算方法,对各地类的生态价值系数在原始基础上增加(或减少)50%,获得和田地区各地类的敏感性指数(图8)。结果表明,各地类生态服务价值系数的敏感性指数均小于1,表明相对于价值系数而言,该地区的生态系统服务价值是缺少弹性、不敏感的,研究结果是相对可靠的,价值系数适用于计算该地区的生态系统服务价值。其中,敏感性指数最高的为水体,最低为耕地,说明水体对生态系统服务价值的贡献最大。

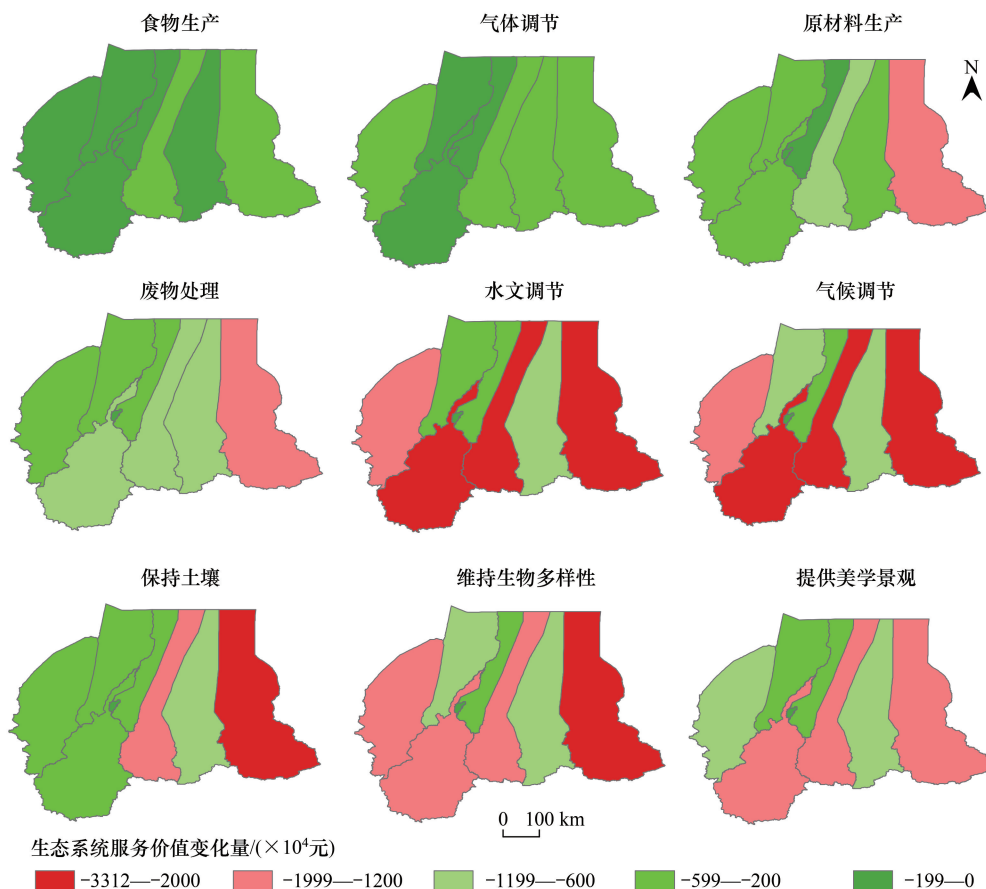


图7 和田地区各县市单项生态系统服务价值变化分析

Fig.7 Change of ecosystem service value in every city of Hotan area

5 结论与讨论

5.1 讨论

生态系统服务价值变化是自然因素和人文因素共同作用的结果^[26],根据前人研究^[27-28]可知,生态系统服务价值在短时间内主要受人为因素干扰。以下对和田地区生态系统服务价值变化的驱动力因素予以讨论。

(1) 气候变化

气温与降水作为最直接的因素在各种生态过程中起着重要作用^[29]。已有研究^[30]表明,在中国西北地区气候变湿的大背景下,从20世纪90年代到至今,和田地区气候总体呈现“暖湿化”趋势,为和田地区耕地的开垦提供了充足的水源,但耕地面积快速增加及对农田灌溉会过度占用其他土地利用的需水量,导致其他土地利用类型减少及次生盐渍化的出现^[31],对水文调节和维持生物多样性等功能产生负面影响。耕地面积增加虽会促使生态系统服务价值的提高,但无法弥补草地与水体所缺失的生态系统服务价值,所以在整个研究期内,生态系统服务价值总体呈下降趋势。研究区总价值在2015年减少随后又增加不仅是因为各土地利用类型面积的变化,同时也是因为在制定生态系统服务价值

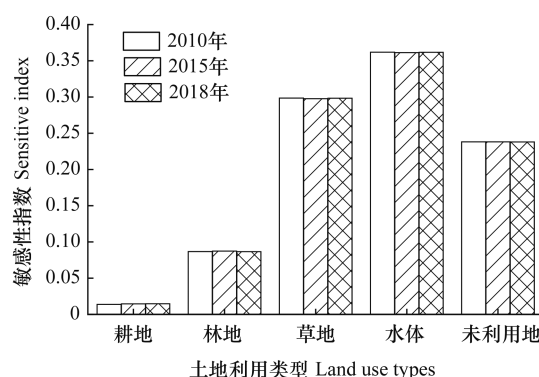


图8 和田地区生态系统服务价值系数敏感性分析

Fig.8 Ecosystem service value and the coefficient of sensitivity in Hotan area

系数时考虑了研究区的气候环境。Fu 等^[32]发现变暖和干燥的气候会导致生态系统服务下降和生态系统损害增加,导致绿洲地区降水减少。和田地区在 2015 年的年平均气温 (13.7℃) 最高, 年均降水量最少 (47.43mm), 干燥的气候会造成研究区水文调节和维持生物多样性等功能的衰退。

(2) 社会经济因素

参考相关研究^{[[26,33-35]}, 并结合数据可获得性, 以 2010—2018 年和田地区各县市为研究单位来选取人口、经济和旅游 3 个方面的人文因素指标, 然后对各指标进行相关性分析筛选出对生态系统服务价值影响较大的因子, 并进行逐步回归分析。

表 3 和田地区生态系统服务价值回归模型
Table 3 Regression model of ecosystem service value in Hotan area

生态系统服务价值类型/元 Ecosystem service value category	回归模型 Regression model
生态系统服务总价值 Total value	(1) $y = -1.0169 \times 10^5 x_1 + 587.6545 \times 10^8$ (2) $y = -7.0551 \times 10^4 x_1 - 1.7616 \times 10^5 x_2 + 599.2536 \times 10^8$
供给服务价值 Supply value	(1) $y = -6.0745 \times 10^3 x_1 + 32.1815 \times 10^8$ (2) $y = -1.1603 \times 10^4 x_1 + 6.7156 \times 10^3 x_3 + 32.6236 \times 10^8$
支持服务价值 Support value	(1) $y = -3.1571 \times 10^4 x_1 + 168.1444 \times 10^8$ (2) $y = -2.4916 \times 10^4 x_1 - 3.7650 \times 10^4 x_2 + 170.6234 \times 10^8$
文化服务价值 Cultural value	(1) $y = -2.6734 \times 10^4 x_2 + 47.0068 \times 10^8$ (2) $y = -1.9959 \times 10^4 x_2 - 5.3250 \times 10^3 x_1 + 57.9988 \times 10^8$
调节服务价值 Regulation value	(1) $y = -1.5691 \times 10^5 x_2 + 264.8890 \times 10^8$ (2) $y = -1.1183 \times 10^5 x_2 - 3.5422 \times 10^4 x_1 + 338.0077 \times 10^8$

y : 服务价值(元) x_1 : 总人口(人) x_2 : 城镇人口(人) x_3 : 农村人口(人)

从表 3 可知, 和田地区生态系统服务价值主要受总人口、城镇人口和农村人口的影响。和田地区总价值在 2015 年减少随后又增加, 主要是因为 2015—2018 年, 总人口变化率与城镇人口变化率均低于 2010—2015 年, 尤其是在 2010—2015 年城镇人口变化率为 82.90%, 城镇人口大幅度增加, 城镇化速度加快, 加剧生态系统压力。在 2015—2018 年城镇人口变化率为 -11.29%, 利于生态系统恢复。农村人口在前期增加较缓, 在后期增加幅度有所上升, 变化率为 16.18%。人口因素是环境退化的一个主要驱动力^[36], 人口增长导致食物生产与原材料生产等需求增加, 造成生态系统服务价值减少^[28]。城镇人口增加必然会导致建设用地扩张, 造成其他土地面积损失, 影响调节服务等功能价值。农村人口增加导致土地压力加剧, 过度垦荒现象日益突出, 灌溉、防洪等水利设施兴建改变了水资源的时空分布, 致使水体的水文调节和维持生物多样性等功能出现较大的时空波动^[31]。同时农业用水的增加加速了河水与地下水的开发和利用^[37], 是区域生态系统服务变化的主要因素^[38-39]。

从研究结果来看, 和田地区生态系统服务价值下降是受各土地面积、气温、降水和人口因素共同作用的结果。尤其在近年来, 人口和社会经济发展导致人工平原绿洲区面积不断扩大, 加剧了水资源短缺, 使绿洲外围土地荒漠化程度有所加剧, 区域生态系统进一步恶化^[38]。

研究区在评估生态系统服务价值时首次考虑了当地居民支付意愿与支付能力修订生态价值系数, 生态系统服务价值研究结果与前人研究^[40]相符合。

不足之处在于未考虑建设用地对生态系统服务的影响。近年来, 和田地区城镇化速度加快, 建设用地增加对生态系统服务价值如何影响, 有待深入研究。

5.2 结论

(1) 和田地区不同土地利用类型中, 未利用地为研究区的主要土地利用类型, 其次为草地。耕地、城镇村及工矿用地、交通用地均呈增加趋势, 园地、林地、草地、水域及未利用地呈减少趋势。

(2)和田地区生态系统服务价值呈下降趋势,减少了 5.89×10^8 元,变化率为 -59.47% 。各地类生态系统服务价值均呈减少趋势,其中水体构成生态系统服务价值的主体。区域生态功能的调节服务>支持服务>文化服务>供给服务,水文调节是最主要的单项服务功能。

(3)在空间尺度,和田地区各县市生态系统服务总价值与单项服务价值均呈减少趋势,和田市生态系统服务总价值波动最小。

(4)和田地区各地类生态价值系数的敏感性指数均小于 1,表明生态系统服务价值对价值系数是缺少弹性的,研究结果相对可靠,价值系数适用于计算该地区的生态系统服务价值。

参考文献(References):

- [1] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [2] 张立伟,傅伯杰. 生态系统服务制图研究进展. 生态学报, 2014, 34(2): 316-325.
- [3] 谢高地,张彩霞,张雷明,陈文辉,李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [4] Chen S, Li G, Xu Z G, Zhuo Y F, Wu C F, Ye Y M. Combined impact of socioeconomic forces and policy implications: spatial-temporal dynamics of the ecosystem services value in Yangtze River Delta, China. Sustainability, 2019, 11(9): 2622.
- [5] Roth D, Moreno-Sanchez R, Torres-Rojo J M, Moreno-Sanchez F. Estimation of human induced disturbance of the environment associated with 2002, 2008 and 2013 land use/cover patterns in Mexico. Applied Geography, 2016, 66: 22-34.
- [6] 魏慧,赵文武,张骁,王新志. 基于土地利用变化的区域生态系统服务价值评价——以山东省德州市为例. 生态学报, 2017, 37(11): 3830-3839.
- [7] 傅伯杰,张立伟. 土地利用变化与生态系统服务: 概念、方法与进展. 地理科学进展, 2014, 33(4): 441-446.
- [8] 房学宁,赵文武. 生态系统服务研究进展——2013 年第 11 届国际生态学大会(INTECOL Congress)会议述评. 生态学报, 2013, 33(20): 6736-6740.
- [9] Gascoigne W R, Hoag D N, Koontz L, Tangen B A, Shaffer T L, Gleason R A. Valuing ecosystem and economic services across land-use scenarios in the Prairie Pothole Region of the Dakotas, USA. Ecological Economics, 2011, 70(10): 1715-1725.
- [10] Daily G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Washington, DC: Island Press, 1997.
- [11] Bolund P, Hunhammar S. Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics, 1999, 29(2): 293-301.
- [12] Dale V H, Polasky S. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. Ecological Economics, 2007, 64(2): 286-296.
- [13] Costanza R, D'arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [14] Costanza R, de Groot R, Sutton P, van der Ploeg S, Anderson S J, Kubiszewski I, Farber S, Turner R K. Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change, 2014, 26: 152-158.
- [15] 谢高地,鲁春霞,冷允法,郑度,李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
- [16] 谢高地,甄霖,鲁春霞,肖玉,陈操. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法. 自然资源学报, 2008, 23(5): 911-919.
- [17] Li F, Zhang S W, Yang J C, Chang L P, Yang H J, Bu K. Effects of land use change on ecosystem services value in West Jilin since the reform and opening of China. Ecosystem Services, 2018, 31: 12-20.
- [18] Dai X, Wang L C, Huang C B, Fang L L, Wang S Q, Wang L Z. Spatio-temporal variations of ecosystem services in the urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River, China. Ecological Indicators, 2020, 115: 106394.
- [19] 杨锁华,胡守庚,瞿诗进. 1990—2014 年长江中游经济带生态系统服务价值时空变化特征. 水土保持研究, 2018, 25(3): 164-169.
- [20] 约日古丽卡斯木,杨胜天,孜比布拉·司马义. 新疆艾比湖流域土地利用变化对生态系统服务价值的影响. 农业工程学报, 2019, 35(2): 260-269.
- [21] Liu L. A sustainability index with attention to environmental justice for eco-city classification and assessment. Ecological Indicators, 2018, 85: 904-914.
- [22] 阿依古丽·克里木拉,土尔逊托合提·买土送,艾力·买土送. 新疆和田地区生态旅游经济可持续发展研究. 新疆师范大学学报: 自然科学版, 2017, 36(4): 43-49.
- [23] 杨依天,郑度,张雪芹,刘羽. 1980—2010 年和田绿洲土地利用变化空间耦合及其环境效应. 地理学报, 2013, 68(6): 813-824.
- [24] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.
- [25] Su K, Wei D Z, Lin W X. Evaluation of ecosystem services value and its implications for policy making in China-A case study of Fujian province.

- Ecological Indicators, 2020, 108: 105752.
- [26] 罗盛锋, 闫文德. 广西北部湾沿岸地区生态系统服务价值变化及其驱动力. 生态学报, 2018, 38(9): 3248-3259.
- [27] Luo Q L, Zhou J F, Li Z G, Yu B L. Spatial differences of ecosystem services and their driving factors: a comparison analysis among three urban agglomerations in China's Yangtze River Economic Belt. Science of the Total Environment, 2020, 725: 138452.
- [28] 赵志刚, 余德, 韩成云, 王凯荣. 鄱阳湖生态经济区生态系统服务价值预测与驱动力. 生态学报, 2017, 37(24): 8411-8421.
- [29] Runting R K, Bryan B A, Dee L E, Maseyk F J F, Mandle L, Hamel P, Wilson K A, Yetka K, Possingham H P, Rhodes J R. Incorporating climate change into ecosystem service assessments and decisions: a review. Global Chang Biology, 2017, 23(1): 28-41.
- [30] 田世英, 祝婕, 杨静, 蔺尾燕, 都伟新. 1959—2016 年和田地区气候要素变化特征分析. 新疆环境保护, 2019, 41(3): 45-50.
- [31] 陈忠升, 陈亚宁, 李卫红, 黄湘. 新疆和田河流域土地利用及其生态服务价值变化. 干旱区研究, 2009, 26(6): 832-839.
- [32] Fu Q, Li B, Hou Y, Bi X, Zhang X S. Effects of land use and climate change on ecosystem services in Central Asia's arid regions: a case study in Altay Prefecture, China. Science of the Total Environment, 2017, 607-608: 633-646.
- [33] 董天, 肖洋, 张路, 肖赓, 郑华, 欧阳志云. 鄂尔多斯市生态系统格局和质量变化及驱动力. 生态学报, 2019, 39(2): 660-671.
- [34] 赵育恒, 曾晨. 武汉城市圈生态服务价值时空演变分析及影响因素. 生态学报, 2019, 39(4): 1426-1440.
- [35] 周渝, 邓伟, 刘婷. 重庆都市区生态系统服务价值时空演变及其驱动力. 水土保持研究, 2020, 27(1): 249-256.
- [36] 严恩萍, 林辉, 王广兴, 夏朝宗. 1990—2011 年三峡库区生态系统服务价值演变及驱动力. 生态学报, 2014, 34(20): 5962-5973.
- [37] Disse M. Sustainable land and water management of River Oases along the Tarim River. Proceedings of the International Association of Hydrological Science, 2016, 373: 25-29.
- [38] 努尔麦麦提·如孜, 王雪梅. 新疆和田地区土地荒漠化时空特征分析. 生态与农村环境学报, 2020, 36(7): 870-878.
- [39] Abulizi A, Yang Y G, Mama Z, Luo J H, Abdulslam D, Xu Z L, Zayiti A, Ahat A, Halik W. Land-use change and its effects in Charchan Oasis, Xinjiang, China. Land Degradation & Development, 2017, 28(1): 106-115.
- [40] 王希义, 徐海量, 潘存德, 凌红波, 张广朋. 和田河流域土地生态系统服务价值变化及敏感性研究. 水土保持研究, 2017, 24(6): 334-340.