

近 30 年乌伦古河流域土地利用与 生态系统服务价值变化研究

薛嵩嵩¹, 高凡¹, 何兵², 闫正龙³

(1. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 西安理工大学

省部共建西北旱区生态水利国家重点实验室, 陕西 西安 710048; 3. 陕西测绘地理信息局, 陕西 西安 710054)

摘 要: [目的] 识别新疆乌伦古河流域近 30 a 土地利用/覆被变化及生态系统服务价值响应, 为指导该区水土资源优化配置提供科学依据。[方法] 选取研究区 1989, 1998, 2006 和 2017 年 4 期 Landsat 系列遥感影像, 综合利用 3S 技术, 监测并分析研究区近 30 a LUCC 时空演变特征, 采用修正后的生态系统服务价值当量因子, 计算并分析生态系统服务价值响应。[结果] ①近 30 a 乌伦古河流域耕地和建设用地面积呈持续增加扩张趋势, 水体和湿地面积呈微增加趋势, 未利用地呈显著减少趋势, 林地面积呈波动增加趋势, 草地面积 1989—2006 年呈减少趋势, 2006—2017 年呈微弱增加趋势。其中, 耕地净增加量最大(847 km²), 未利用地净减少量最大(744 km²), 各土地利用类型转移显著区域主要位于福海县、杜热乡和齐干吉迭乡; ②乌伦古河流域土地利用综合指数由 1989 年的 146.75 增加至 2017 年的 168.29, 生态系统服务价值(ESV)由 1989 年的 2.635 亿元增加至 2017 年的 2.915 亿元, 净增加 0.28 亿元。[结论] 近 30 a 乌伦古河流域各土地利用类型面积均发生不同程度变化及相互转换, 研究区土地资源总体处于高强度发展期, 生态系统服务价值做出相应响应, 总生态系统服务价值增加。

关键词: LUCC; 3S 技术; 生态系统服务价值; 土地利用转移矩阵; 土地利用综合指数

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)06-0223-07

中图分类号: F301.24

文献参数: 薛嵩嵩, 高凡, 何兵, 等. 近 30 年乌伦古河流域土地利用与生态系统服务价值变化研究[J]. 水土保持通报, 2019, 39(6): 223-229. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2019.06.033; Xue Songsong, Gao Fan, He Bing, et al. Variation of land use and ecosystem service value in Ulungur River basin in past 30 years [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(6): 223-229.

Variation of Land Use and Ecosystem Service Value in Ulungur River Basin in Past 30 Years

Xue Songsong¹, Gao Fan¹, He Bing², Yan Zhenglong³

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China; 2. State Key Laboratory of Eco-hydraulics in Northwest Arid Region of China, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China; 3. Shanxi Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: [Objective] The land use/cover change(LUCC) and the response of ecosystem service value(ESV) in the Ulungu River basin in the past 30 years were investigated in order to provide scientific basis for guiding the optimal allocation of soil and water resources in this region. [Methods] The Landsat series of remote sensing images in 1989, 1998, 2006, and 2017 were selected, and the 3S technology was comprehensively used, to monitor and analyze the temporal and spatial evolution characteristics of LUCC in the study area in the past 30 years. The modified ESV equivalence factor was adopted to calculate and analyze the ESV response. [Results] ① In the past 30 years, the area of cultivated land and construction land in the Ulungur River basin had showed a trend of continuous increase and expansion. The area of water bodies and wetlands

收稿日期: 2019-06-02

修回日期: 2019-06-19

资助项目: 国家自然科学基金项目“不同遮蔽及污化条件下雪层的吸、传热机理及其融雪过程模拟研究”(51769036); 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2017D01A43)

第一作者: 薛嵩嵩(1994—), 男(汉族), 河南省灵宝市人, 硕士研究生, 研究方向为 LUCC 与景观格局变化。E-mail: 1939170910@qq.com。

通讯作者: 高凡(1980—), 女(汉族), 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事水资源系统工程与河湖生态保护研究工作。E-mail: gutongfan0202@163.com。

had showed a trend of slight increase, the area of the unused land had showed a trend of significant decrease, the area of forest land had showed a trend of increase with fluctuation, and the grassland area had showed a trend of decrease in 1989—2006 and a trend of slight increase in 2006—2017. Among them, the net increase of cultivated land was the largest(847 km²), while the net decrease of unused land was the largest(744 km²). The regions with the most significant land use type transfer were mainly located in Fuhai County, Dure Village, and Qiganjidi Village. ② The comprehensive land use index of the Ulungur River basin increased from 146.75 in 1989 to 168.29 in 2017. The ESV increased from 0.263 5 billion in 1989 to 0.291 5 billion in 2017, with a net increase of 28 million yuan. [Conclusion] The area of different land use types of the Ulungur River basin has changed and transformed in different degrees in the past 30 years. The land resources in the study area are in the period of high-intensity development. The ESV responds correspondingly, and the total ESV increases.

Keywords: LUCC; 3S technology; ecosystem service value(ESV); land use transfer matrix; land use comprehensive index

土地利用/覆被变化(land use and land cover change, LUCC)是影响全球环境和气候变化的主要驱动力^[1-2],土地利用模式的变化直接或间接影响生态系统组成及结构,进而导致生态系统服务的改变^[3-4]。生态系统服务是人类从自然系统中获得的所有利益^[5-6],生态系统服务价值(ecosystem services value, ESV)则是将人类直接或间接获得的利益转化为货币形式,通过货币价值分析损益^[7]。自 20 世纪九十年代以来,我国城镇化进入快速发展阶段,土地利用变化导致生态系统服务价值随之发生显著变化。探究土地利用变化与生态系统服务价值的变化对优化土地利用格局,维系区域生态安全具有重要意义^[8-9]。

目前,对生态系统服务价值评估方法可以分为两类,即功能价值法和当量因子法^[10]。功能价值法计算繁琐,计算参数较多,受主观因素影响较大,而当量因子法操作简单,评估全面,适性强,被广泛应用^[11]。1997 年 Costanza 等^[12]运用生态经济学方法评估了全球生态系统服务价值,提出各类生态系统服务价值系数,随后我国学者谢高地等^[13]根据中国生态环境和社会经济发展,制定出“中国陆地生态系统价值服务当量表”。在此基础上,我国学者在土地利用与生态系统服务价值实践领域取得了一定应用成果。如吴楠(2019 年)等^[14]采用当量因子法对安徽省生态保护区进行生态系统服务价值评估;李佳明(2019 年)等^[15]基于遥感技术分析了内蒙古自治区土地利用变化对生态系统服务价值的影响;刘金勇(2013 年)等^[16]运用景观生态学中数量结构方法分析了济南市土地利用结构变化对生态服务价值的影响;王宗明(2004 年)等^[17]在对吉林省进行生态系统服务价值评估时,引入经济学中的弹性系数计算价值系数的敏感性指数,确定生态系统服务价值随时间的变化情况对生态价值系数的依赖程度。

乌伦古河流域是西北干旱区典型的生态脆弱区,伴随流域经济社会发展,土地利用/覆被发生显著变化,进而改变生态系统服务价值。为识别研究区生态系统服务对 LUCC 的响应,本文在前人研究基础上,通过选取乌伦古河流域 1989,1998,2006 和 2017 年 4 期 Landsat 系列遥感影像,综合利用 RS, GIS, GPS 等技术,采用空间数据处理、信息提取解译、海量数据建库、集成管理分析方法^[18-19],监测并分析研究区近 30 a 的 LUCC 时空动态演变特征,采用修正后的生态系统服务价值当量因子,研究生态系统服务价值变化,对促进流域水土资源优化配置及生态文明建设具有直接指导意义。

1 研究区概况

乌伦古河流域地处欧亚大陆腹地,发源于阿勒泰山东段南麓,位于东经 87°05′—90°45′,北纬 46°10′—47°28′,主要包括恰库尔图乡(上游),杜热乡、喀拉玛盖乡、齐干吉迭乡(中游),解特阿热勒乡、福海县(下游)。流域面积为 4.30×10⁴ km²(我国境内集水面积为 2.76×10⁴ km²),其中山区占总面积 32%,丘陵河谷平原占 22%,戈壁荒漠占 46%。乌伦古河流域属准噶尔干旱区,年降水量较少(多年平均降水量 129.8 mm)且分布不均匀,蒸发量大(多年平均水面蒸发量 867.2 mm),空气干燥,光照充足,气温日差较大,多年平均水资源量为 9.87×10⁸ m³^[20]。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

选取乌伦古河流域 1989,1998,2006 和 2017 年遥感影像为数据源。其中 1989,1998 和 2006 年采用 Landsat TM 影像,分辨率为 30 m;2017 年采用 Landsat OLI 影像,分辨率为 30 m(表 1),以上影像数据均采用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000)、高

斯—克吕格投影、6°分带。基础影像数据来自地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn/>)及美国地质调查局网站(<http://www.usgs.gov/>);乌伦古

河流域 1:10 万地形图来源于国家测绘地理信息局陕西测绘资料档案馆;社会经济数据来源于 1990—2018 年《新疆统计年鉴》。

表 1 遥感数据列表

卫星传感器	时相	行列号	空间分辨率/m	来源
Landsat TM	1989-07-25	142/28;143/27;143/28	30	http://www.usgs.gov/
Landsat TM	1998-07-31	142/28;143/27;143/28	30	http://www.gscloud.cn/
Landsat TM	2006-07-22	142/28;143/27;143/28	30	http://www.gscloud.cn/
Landsat OLI	2017-07-20	142/28;143/27;143/28	30	http://www.gscloud.cn/

2.2 数据处理

采用 ENVI 5.3 软件对影像数据进行辐射校正(辐射定标、大气校正)、几何校正、图像镶嵌、图像裁剪等预处理操作;在 ENVI 5.3 及 ArcGIS 10.5 软件支持下,参考《土地利用现状分类(GB/T201010-2007)》标准,依据乌伦古河流域实际情况,采用人机交互目视解译法将土地利用类型解译为耕地、林地、草地、湿地、水体、建设用地和未利用地 7 种地类;基于 ENVI 5.3 软件精度评价模块,通过随机抽取 200 个样点,分别对 1989,1998,2006 和 2017 年 4 期遥感解译数据进行精度评价,得到总分类精度分别为 88.63%,85.24%,87.65%和 89.95%,Kappa 指数分别为 0.85,0.82,0.84 和 0.86,满足应用精度要求(精度要求 80%以上)。基于此,以 ArcGIS 10.5 为数据处理平台,制作 4 期研究区 LUCC 专题图。

2.3 研究方法

2.3.1 土地利用转移矩阵 土地利用转移矩阵是将不同土地利用类型转移面积用矩阵的形式表示出来的一种工具,既能表示某种土地利用类型存储量,也能表示其流动量^[21]。限于篇幅关系,具体计算步骤见参考文献[22]。

2.3.2 土地利用综合指数和土地利用程度变化模型 土地利用综合指数可反映人类活动对土地的开发程度^[23]。本文采用刘纪远等^[24]对土地利用类型赋分结果,在此基础上,结合研究区特征,对研究区土地利用类型进行赋值(表 2),模型表达式为^[25]:

$$L_a=100\times\sum_{i=1}^4(A_i\cdot C_i)$$

(1)

式中: L_a ——利用综合指数; A_i ——研究区内第 i 级土地利用程度分级指数; C_i ——研究区内第 i 级土地利用程度分级面积百分比; n ——土地利用程度分级数。

表 2 研究区土地利用程度分级赋值

类型	土地未利用级	土地自然再生利用级	土地人为再生利用级	土地非再生利用级
土地类型	未利用地	林地、草地、水域	耕地	城镇、居民地
分级指数	1	2	3	4

土地利用程度变化量和土地利用程度变化率模型表达式为^[26]:

$$\Delta L_{b-a}=L_b-L_a=100\times[\sum_{i=1}^n(A_i-C_{ia})]-\sum_{i=1}^n(A_i-C_{ia})$$

(2)

$$R=\frac{\Delta L_{b-a}}{L_a}\times 100\%$$

(3)

式中: L_b,L_a —— b 时间和 a 时间的区域土地利用程度综合指数; A_i ——研究区内第 i 级土地利用程度分级指数; C_b,C_{ia} ——研究区 b 时间和 a 时间第 i 级土地利用程度面积百分比; ΔL_{b-a} ——土地利用变化量, ΔL_{b-a} 为正值,表明该地区处于发展期,反之处于调整期或衰退期; R ——土地利用程度变化率, R 为正值说明该区土地利用处于发展阶段, R 为负值表示该区处于调整期或衰退期。

2.3.3 生态系统服务价值 谢高地等^[27]在 Costanza 提出的生态系统评价模型基础上,根据中国生态系统和社会发展经济情况,制定出中国陆地生态系统价值服务当量表,并于 2015 年对当量因子进行修订。本文参考修订后的“中国陆地生态系统单位面积生态系统服务价值当量表”为研究区土地利用类型各项生态系统服务进行价值当量赋值(表 3),并通过下列公式计算研究区生态系统服务价值:

$$VC_i=\sum_{j=1}^kEC_j\cdot E_a$$

(4)

$$ESV=\sum_{i=1}^nA_i\cdot VC_i$$

(5)

式中: i ——土地利用类型; j ——生态系统服务类型; VC_i ——第 i 类土地利用类型单位面积生态系统服务价值[元/($\text{km}^2\cdot\text{a}$)]; EC_j ——某类土地利用类型第 j 项生态系统服务的价值当量; ESV ——生态系统服

务价值(元/a); A_i ——第 i 类土地利用类型的面积(km^2); E_a ——1 标准单位生态系统服务的经济价值[元/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)]。

为了精确 1 个标准单位生态系统服务的经济价值,本文对其数值进行修正,修正公式如下:

$$E_a = \frac{1}{7} \times P \times \frac{1}{n} \sum_{n=1}^i Q_i$$

(6)

式中: E_a ——修正后 1 单位生态系统服务的经济价

值; P ——阿勒泰地区粮食平均价格(元/kg); n ——年份; Q ——研究区平均粮食产量(kg/km^2)。阿勒泰地区 1989—2017 年平均粮食产量为 4861.99 kg/(km^2);2017 年阿勒泰地区粮食平均粮食价格为 2.41 元/kg^[28];1 个标准单位生态系统服务价值当量定义 1 km^2 农田每年平均粮食产量经济价值的 1/7^[29]。计算得研究区生态系统服务经济价值当量因子 1 673.92 元/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)。

表 3 研究区单位面积生态系统服务价值当量

生态系统 分类	供给服务			调节服务				支持服务			文化服务
	食物 生产	原料 生产	水资源 供给	气体 调节	气候 调节	净化 环境	水文 调节	土壤 保持	维持养 分循环	生物 多样性	美学景观
耕地	0.85	0.4	0.02	0.67	0.36	0.1	0.27	1.03	0.12	0.13	0.06
林地	0.29	0.66	0.34	2.17	6.5	1.93	4.74	2.65	0.2	2.41	1.06
草地	0.3	0.45	0.25	1.56	4.12	1.36	3.01	1.9	0.15	1.73	0.76
湿地	0.51	0.50	2.59	1.9	3.6	3.6	24.23	2.31	0.18	7.78	4.73
水体	0.8	0.23	8.29	0.77	2.29	5.55	102.24	0.93	0.07	2.55	1.89
未利用地	0	0	0	0.02	0	0.1	0.03	0.02	0	0.02	0.01

注:研究区农田多为旱地,林地多为落叶阔叶林,故耕地取旱地值,林地取阔叶林值,草地取灌草丛和草甸的平均值。本文仅考虑自然生态系统服务价值,故不将建设用地纳入其中。

3 结果与分析

3.1 研究区 1989—2017 年 LUCC 变化特征

3.1.1 土地利用类型面积变化 通过对 1989—2017 年乌伦古河流域 4 期遥感影像进行解译,可以得到了不同时期土地利用/覆盖类型面积统计结果(表 4,附图 5)。

由表 4 可以看出,1989—2017 年,乌伦古河流域各土地利用类型面积均发生不同程度的变化,具体表现为:①耕地面积呈持续增加扩张趋势,由 1989 年的 1 030.61 km^2 (占比 12.67%) 增加至 2017 年的 1 898.22 km^2 (占比 23.28%),增加了 867.61 km^2 ,增幅达 84.18%;②建设用地呈持续增加扩张趋势,由 1989 年的 7.09 km^2 (占比 0.09%) 增加至 2017 年的 20.72 km^2 (占比 0.25%),增加了 13.63 km^2 ,增幅为 192.2%;③水体和湿地面积呈微增加趋势,分别

由 1989 年的 1 108.98 km^2 (占比 13.63%),72 km^2 (占比 0.89%) 增加至 2017 年的 1 225.01 km^2 (占比 15.05%),84.01 km^2 (占比 1.02%),分别增加了 117.03 和 12.01 km^2 ,增幅为 10.55%,16.68%;④未利用地是乌伦古河流域的主要土地利用类型(占比 60% 以上),近 30 a 由于开荒行为其面积呈显著减少趋势,由 1989 年的 5 376.78 km^2 (占比 66.1%) 减少至 2017 年的 4 511.69 km^2 (占比 55.47%),减少了 865.09 km^2 ,减少幅度达 16.1%;⑤林地面积呈波动增加趋势,其中,1989—1998 年、2006—2017 年呈增加趋势,分别增加了 22.53 km^2 ,26.53 km^2 ,增幅为 20.1%,26.88%,1998—2006 年为减少状态,减少量为 35.79 km^2 ,减少幅度为 26.61%。⑥草地面积在 1989—2006 年呈减少趋势,减少了 128.49 km^2 ,减少幅度为 30.14%,2006—2017 年呈微弱增加趋势,增加了 15.44 km^2 ,增加幅度为 5.6%。

表 4 研究区 1989—2017 年土地利用/覆盖类型面积变化

地类	1989 年		1998 年		2006 年		2017 年	
	面积/ km^2	占比/%	面积/ km^2	占比/%	面积/ km^2	占比/%	面积/ km^2	占比/%
耕地	1 030.61	12.67	1 199.39	14.75	1 554.02	19.11	1 898.22	23.28
林地	111.97	1.38	134.50	1.65	98.71	1.21	125.24	1.51
草地	426.29	5.24	338.55	4.16	276.80	3.4	292.24	3.41
湿地	72.00	0.89	79.73	0.98	87.32	1.07	84.01	1.02
水体	1 108.98	13.63	1 195.00	14.69	1 213.38	14.92	1 225.01	15.05
建设用地	7.09	0.09	13.54	0.17	16.93	0.21	20.72	0.25
未利用地	5 376.78	66.10	5 172.99	63.60	4 886.54	60.08	4 511.69	55.47

3.1.2 土地利用类型转移特征 利用 ArcGIS 10.5 软件对 1989 和 2017 年两期 LUCC 分类结果进行统计分析,得到 1989—2017 年研究区土地利用类型转移矩阵(表 5,图 1),对 1989,1998,2006,2017 年 4 期遥感影像的各土地利用类型进行重心计算,得到研究区各土地利用类型空间重心分布图(图 2)。由图 1 可以看出,近 30 a 内研究区各土地利用类型均发生了相互转换以及空间转移。具体表现为:①耕地面积净增加 847 km²,转入面积 898 km²,其中由未利用地转入 697 km²(贡献率 85.6%),主要发生在人口密集的乡镇及农场,转出面积 51 km²,主要在下流吉力湖附近向湿地转换 17 km²,在乌伦古河河岸两侧以及 188 团向草地转化 11 km²;②建设用地基数小,转化明显,几乎没有转出,面积净增加 13 km²,其中耕地向建设用地转入 8 km²(贡献率 40%),主要发生在解特阿特勒乡、齐干吉迭乡和喀拉玛盖乡;③水体有小幅度的面积转化,净面积增加 103 km²,转出 29 km²,其中有 13 km² 呈散点式转化为未利用地,转入 132 km²,其中由未利用地转入 85 km²(贡献率 64.3%),草地转入 24 km²(贡献率 18.2%);④未利用地面积净减少 744 km²,转出面积 887 km²,转入面积 143 km²,其中,林地和草地分别向未利用地转入 60 km²,53 km²,主要分布在水体两侧;⑤林地净面积减少 28 km²,转出 108 km²,转入 80 km²,在福海县和中游的杜热乡向耕地转化 20 km²,向草地转化 24 km² 且呈点状分布在河岸两侧;⑥草地净面积减少 199 km²,转出 295 km²,转入 96 km²,其中,172 km² 转为耕地,53 km² 转为未利用地,主要集中在下游解特阿特勒乡、中游杜热乡以及种羊场,未利用地向草地转化 54 km²(贡献率为 19.56%),主要分布在 188 团场以及各大农场。⑦湿地净面积增加 8 km²,转入 47 km²,转出 39 km²,其中耕地向湿地转入 17 km²(贡献率为 36.17%)、草地向湿地转入 13 km²(贡献率为 27.65%),向水体转出 15 km²,主要分布在乌伦古湖周边。综合而言,1989—2017 年乌伦古河流域各土地利用/覆盖类型转入面积高低顺序依次为:耕地>未利用地>水体>草地>林地>湿地>建设用地,各土地利用/覆盖类型转出面积高低顺序依次为:未利用地>草地>林地>耕地>湿地>水体>建设用地。

综上分析可知,各土地利用类型重心在空间上都发生转移。耕地重心整体向西南方向偏移,1989—1998 年偏移量最大,说明期间当地农民对东南方向的开发严重;建设用地重心整体向西北转移,但其移动距离不大,随着中部地区乡镇建设达到饱和,向西

北迁移是必然趋势;水体重心整体向东偏移,其中 1998—2006 年偏移量最大;随着东南方向未利用地的开发,其面积逐渐减少,重心向西北方向偏移;由于 1998—2006 年,人类活动对中北部地区林地影响较大,使得其重心整体向东南方向偏移;草地重心在近 30 a 间分别向“西—东—西”偏移,随着退耕还草和人工草场的进一步开展,重心向西偏移是必然趋势;湿地重心整体变化不大,呈微弱趋势向西部偏移,其偏移发生在乌伦古湖附近。

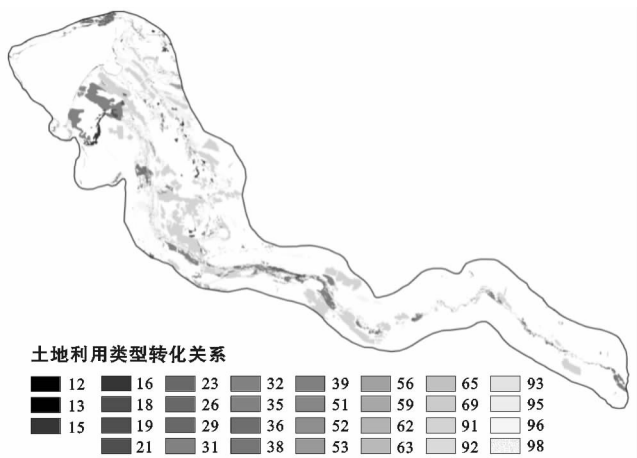


图 1 研究区 1989—2017 年土地利用类型转化关系
注:图中:1 代表耕地;2 代表林地;3 代表草地;5 代表湿地;6 代表水体;8 代表建设用地;9 代表未利用地。其中,12 表示耕地转向林地,21 表示林地转向耕地,其他数字类型类同。

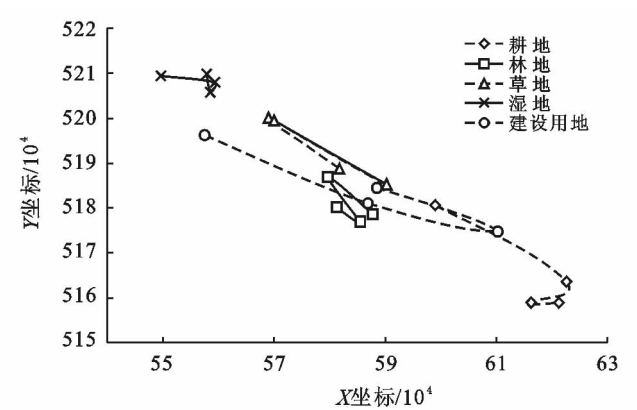


图 2 研究区 1989—2017 年土地利用重心转移图

3.1.3 研究区土地利用综合程度及变化 经计算,研究区 1989,1998,2006,2017 土地利用程度综合指数分别为 146.75,151.49,159.45 和 168.29,由于其中 1 级地类(未利用地)面积减少,2 级地类(林地、草地、水体、湿地)、3 级地类(耕地)面积增加,土地利用综合指数逐年增加,但综合指数变化率增加幅度逐年递减,研究区 4 个时间点的综合指数变化率和变化量均大于 0,表明研究区土地资源总体处于高强度发展期(表 6)。

表 5 研究区 1989—2017 年土地利用类型转移矩阵 km²

土地类型	2017 年							1989 年 总计	总失去量
	耕地	林地	草地	湿地	水体	建设用地	未利用地		
1989 年	耕地	994	2	11	17	4	8	9	1 045
	林地	20	43	24	0	4	0	60	151
	草地	172	30	180	13	24	3	53	475
	湿地	7	4	5	35	15	0	8	74
	水体	1	4	2	9	1 091	0	13	1 120
	建设用地	1	0	0	0	0	6	0	7
	未利用地	697	40	54	8	85	3	4 599	5 486
2017 年总计									
总获得量									
净变化量									

注:净变化量=总获得量—总失去量;行表示 k 时刻各种土地利用类型,列表示 $k+1$ 时刻的各种土地利用类型,表中第 i 行第 j 列数据表示 k 时刻的 i 种土地利用类型转化为 $k+1$ 时刻 j 种土地利用类型的面积;当 $i=j$ 时,该数据表示未转化面积。

表 6 研究区 1989—2017 年土地利用程度综合指数及变化

年份	土地未 利用级	土地自然 再生利用	土地人为 再生利用	土地非再 生利用级	综合指数	综合指数 变化量	综合指数 变化率 $R/\%$
1989	66.10	0.36	38.01	42.28	146.75	8.84	5.54
1998	63.60	0.68	44.25	42.96	151.49	7.69	5.25
2006	60.08	0.84	57.33	41.20	159.45	4.74	3.23
2017	55.47	1	69.84	41.98	168.29		

3.2 研究区 1989—2017 年生态系统服务价值及变化

经计算,得 1989—2017 年乌伦古河流域不同土地
利用类型生态系统服务价值(表 7)。

表 7 研究区 1989—2017 年不同土地利用类型
生态系统服务价值及变化

土地利用 类型	生态系统服务价值 ESV/亿元				价值变化率
	1989 年	1998 年	2006 年	2017 年	1989—2017 年
耕地	0.069	0.081	0.104	0.127	45.67
林地	0.043	0.051	0.037	0.048	10.40
草地	0.112	0.088	0.072	0.076	—47.37
湿地	0.063	0.069	0.075	0.073	13.69
水体	2.331	2.512	2.551	2.575	9.48
未利用地	0.018	0.017	0.016	0.015	—20.00
总计	2.635	2.819	2.857	2.915	11.87

可以看出,1989,1998,2006,2017 年研究区总
ESV 分别为2.635,2.819,2.857 和 2.915 亿元,呈增
加趋势,总 ESV 净增加 0.28 亿元。1989—2017 年各
地类 ESV 变化特征为:耕地和 水体 ESV 持续增加,
其中耕地变化剧烈,价值变化率 45.67%;林地 ESV
总体增加 0.005 亿元,其中 2006—2017 年增加幅度
最大,达 29.7%;草地 ESV 1989—2006 年持续减少,
2006—2017 年增加,价值变化率—47.37%,ESV 净

减少 0.36 亿元;湿地 ESV 在 1989—2006 年增加,
2006—2017 年减少;未利用地 ESV 持续减少,净减
少 0.003 亿元。总体看,耕地、林地、湿地、水体面积
增加所造成的 ESV 增加量大于草地和未利用地面积
减少造成的 ESV 减少量,总生态系统服务价值增加。

4 结 论

(1) 近 30 a 乌伦古河流域各土地利用类型面积
均发生不同程度的变化。耕地和建设用地面积呈持
续增加扩张趋势,分别增加了 867.61 和 13.63 km²;
水体和湿地面积呈微增加趋势,分别增加了 116.03
和 12.01 km²;未利用地呈显著减少趋势,面积减少
865.09 km²;林地面积呈波动增加趋势,增加了13.27
km²;草地面积 1989—2006 年呈减少趋势,减少了
128.49 km²,2006—2017 年呈微弱增加趋势,增加了
15.44 km²。

(2) 近 30 a 乌伦古河流域各土地利用类型均发
生不同数量的相互转化,重心均发生不同程度偏移,
各年土地利用综合指数逐年增加,综合指数变化率增
加幅度逐年递减,土地资源总体处于高强度发展期。

(3) 乌伦古河流域 1989,1998,2006,2017 年总
ESV 分别为 2.635,2.819,2.857 和 2.915 亿元,呈增
加趋势,1989—2017 年总 ESV 净增加 0.28 亿元。耕

地、林地、湿地、水体面积增加所造成的 ESV 增加量大于草地和未利用地面积减少造成的 ESV 减少量,生态系统服务总价值增加。

[参 考 文 献]

- [1] 徐媛银,郭砾,薛达元,等. 赣南地区土地利用格局及生态系统服务价值的时空演变[J]. 生态学报,2019,39(6):1969-1978.
- [2] Sterling S M, Ducharne A, Polcher J. The impact of global land-cover change on the terrestrial water cycle[J]. *Nature Climate Change*, 2012,3(4):385-390.
- [3] 林柳璇,尤添革,刘金福,等. 1985—2015 年厦门市土地利用变化及驱动力[J]. 福建农林大学学报:自然科学版,2019,48(1):103-110.
- [4] Byed K B, Flint L E, Alvarez P, et al. Integrated climate and land use change scenarios for California rangeland ecosystem services: Wildlife habitat, soil carbon, and water supply[J]. *Landscape Ecology*, 2015,30(4):729-750.
- [5] 赵军,杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展[J]. 生态学报,2007,27(1):346-356.
- [6] Daily G C. *Nature's Srvices; Societal Dependence on Natural Ecosystems* [M]. Washingt on DC: Island Press, 1997.
- [7] 陈奕竹,肖轶,孙思琦,等. 基于地形梯度的湘西地区生态系统服务价值时空变化[J]. 中国生态农业学报,2019,27(4):623-631.
- [8] 刘亚茹,王聪,严力蛟. 华北平原农区土地利用变化对生态系统服务的影响:以河南省商丘市为例[J]. 应用生态学报,2018,29(5):1597-1606.
- [9] Gascoigne W R, Hoag D, Koontz L, et al. Valuing ecosystem and economic services across land-use scenarios in the Prairie Pothole Region of the Dakotas, USA[J]. *Ecological Economics*, 2011,70(10):1715-1725.
- [10] 丁丽莲,王奇,陈欣,等. 1984—2014 年淀山湖地区生态系统服务价值对土地利用变化的响应[J]. 生态学报,2019,39(8):2973-2985.
- [11] 夏淑芳,陈美球,刘馨,等. 基于地理国情信息的赣州市土地生态系统服务价值核算[J]. 农业机械学报,2019,50(6):184-1931.
- [12] Costanza R, D Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997,38(7):253-260.
- [13] 谢高地,张彩霞,张雷明,等. 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[J]. 自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [14] 吴楠,陈凝,王在高. 基于生态系统服务价值的安徽省生态保护地保护成效评估[J]. 安徽农业大学学报,2019,46(1):75-82.
- [15] 李佳鸣,冯长春. 基于土地利用变化的生态系统服务价值及其改善效果研究:以内蒙古自治区为例[J]. 生态学报,2019,39(13):4741-4750.
- [16] 刘金勇,孔繁花,尹海伟,等. 济南市土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(5):1231-1236.
- [17] 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.
- [18] 闫正龙,高凡,何兵. 3S 技术在我国生态环境动态演变研究中的应用进展[J]. 地理信息界,2019,26(2):43-48.
- [19] 高凡,何兵,闫正龙,等. 2000—2016 年叶尔羌河中下游植被覆盖动态变化遥感分析[J]. 灌溉排水学报,2019,38(4):92-99.
- [20] 何兵,高凡,唐小雨,等. 基于滑动 Copula 函数的新疆干旱内陆河流水文气象要素变异关系诊断[J]. 水土保持研究,2019,26(1):155-161.
- [21] 吴琛璐,王强,董政,等. 福建省海岸带土地利用/覆盖变化及其驱动力[J]. 水土保持通报,2018,38(3):318-323.
- [22] 周增荣,黄金良,周培. 土地利用系统转移分析方法及其应用[J]. 亚热带资源与环境学报,2012,7(4):28-38.
- [23] 童小容,杨庆媛,毕国华. 重庆市 2000—2015 年土地利用变化时空特征分析[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(11):2481-2495.
- [24] 刘纪远,张增祥,庄大方,等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. 地理研究,2003,22(1):1-12.
- [25] 童小容,杨庆媛,毕国华. 重庆市 2000—2015 年土地利用变化时空特征分析[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(11):2481-2495.
- [26] 程宪波,杨子生. 云南省昭通市土地利用时空变化特征及其驱动力[J]. 水土保持报,2018,38(2):166-170,177.
- [27] 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]. 自然资源报,2008,23(5):911-919.
- [28] 中华人民共和国国家统计局. 新疆统计年鉴(2018) [M]. 北京:中国统计出版社,2018.
- [29] 蔡邦成,陆根法,宋莉娟,等. 土地利用变化对昆山生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报,2006,26(9):3005-3010.

