

黄土山丘区土地利用变化对生态系统服务价值的影响 ——以长河流域为例

熊侣英¹, 师学义²

(中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083)

摘要:以长河流域 2005 年、2010 年、2015 年的遥感解译数据为基础,采用数学模型分析了土地利用变化特征,然后根据生态系统服务价值的估算模型,定量分析了长河流域土地利用变化对生态系统服务价值的影响。结果表明:(1) 2005—2015 年,耕地逐渐减少,建设用地逐渐增加,林地、草地、水域先增后减;耕地主要向草地、建设用地转移,建设用地的增加主要来自耕地、草地的转移。(2) 2005—2015 年长河流域土地利用变化的生态服务总价值一直减少,其生态服务价值由 2005 年的 3 509 万元减少到 2015 年的 3 485 万元,减少了 24 万元;水源涵养、娱乐文化、原材料单项功能生态服务价值有所增加,其他 6 项单价功能生态服务价值减少;长河流域所采用的价值系数缺乏弹性,适合长河流域的实际情况,其生态服务价值估算结果可信。(3) 2005—2015 年长河流域土地利用类型变化带来的生态系统服务价值的持续减少,2005—2010 年净减少了 6.28 万元,2010—2015 年净减少了 19.38 万元。

关键词:长河流域;土地利用变化;生态系统服务价值

中图分类号:F301.2; X171

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)02-0335-06

Effects of Land Use Change on Ecosystem Service Value in the Loess Hilly Area —A Case Study of the Changhe River Basin

XIONG Lüying¹, SHI Xueyi²

(School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: We analyzed the characteristics of land use change by using mathematical model on the basis of the remote sensing data of the Changhe River Basin from 2005 to 2015, then, according to ecosystem services value evaluation model, we quantitatively analyzed the impact of land use type on ecosystem services value in the Changhe River Basin. The results showed that: (1) from 2005 to 2015, the area of cultivated land decreased gradually, while construction land increased gradually, woodland, grassland, water area increased first and then decreased; cultivated land was mainly turned into grassland and construction land, construction land expansion was mainly from cultivated land and grassland. (2) The total value of ecological services of land use change in the Changhe River Basin decreased from 2005 to 2015, and its ecological service value decreased from 3.509×10^7 yuan in 2005 to 3.485×10^7 yuan in 2015, or reduced 2.4×10^5 yuan; the ecosystem service value of water conservation, entertainment culture and raw materials increased, the other six functions of ecosystem service value reduced; the value coefficient of the Changhe River Basin is not elastic, which is suitable for the actual situation of the Changhe River Basin, the estimation value of the ecological service value is credible. (3) The ecosystem service values brought about by the change of land use type in the Changhe River Basin between 2005 and 2015 decreased, which decreased by 6.28×10^4 yuan from 2005 to 2010, and the net decrease was 1.938×10^5 from 2010 to 2015.

Keywords: River Basin; land use change; ecosystem services value

土地是人类生存和发展的物质基础,也是陆地生态系统的必不可少的组成部分^[1],而土地利用是人类最基本的经济活动,在各种驱动因素的影响下土地利用类型不断发生变化,随着城市化进程的加快,人们对有限土地资源的利用和开发越来越不合理,导致土地生态系统的结构和功能发生变化,进而改变生态系统原有的生态服务价值^[2]。深入研究土地利用类型变化及其对生态服务价值的影响可揭示人类活动对生态系统的影响,对协调人与自然之间的关系具有重要意义。

生态系统服务是指通过生态系统的结构、过程和功能直接或间接得到的生命支持产品和服务,主要包括两个方面:即提供人类生存的必需产品和保证生活质量的生态功能^[3-4]。自从 1997 年 Costanza 等^[3]提出了生态系统服务价值估算的原理和方法,通过对生态系统服务价值的估算来探索其生态效应,揭示人类活动影响的生态环境变化,合理规划生态发展方向等研究逐渐成为生态学、经济学及环境科学的研究热点和前沿领域^[5]。因此,近年来,国内许多学者对洋河流域^[2]、江苏省沿海地区^[6]、黄土高原沟壑区小流域^[7]等进行了土地利用变化的生态系统服务价值变化研究。

长河流域西部分布着大量的煤炭资源,近年来由于煤炭资源的开采,土地不合理开发等活动引发了长河流域土地塌陷、植被退化等一系列问题,不利于生态环境建设,使得长河流域生态环境更加脆弱。因此,探讨长河流域土地利用变化及其对生态系统服务价值影响十分重要,以期对长河流域土地的合理利用,生态可持续发展提供参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

长河流域位于山西省晋城市西北部,其地理位置为北纬 35°30′10″—35°38′06″,东经 112°37′40″—112°46′04″,该区东临晋城市城区,西与沁水县毗邻,南与泽州县周村镇为界,北与泽州县下村镇接壤。长河两侧地势高中间低,其地貌类型单元为山地和丘陵;地处温带大陆性季风气候类型,四季分明,气候温和,雨热同季,年均降雨量 628.3 mm,年平均气温 10.9℃,多年平均日照时数为 2 392.8 h,属于北方长日照地区;全区总面积 113.224 km²,包含下村镇、大东沟镇和川底乡(镇),共 47 个行政村。

1.2 数据来源

本研究数据来源于 2005 年、2010 年、2015 年 3 期 TM 影像,通过对遥感影像的预处理及解译得到长河流域 2005 年、2010 年、2015 年的土地利用类型分布图(附图 9),遥感解译数据来源于地理空间数据

云,其解译精度为 0.78~0.80。本文根据研究区的实际情况并在保证遥感解译数据的精度可以进行土地利用变化的生态系统服务价值分析的基础上,将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地 5 大地类。

2 研究方法

2.1 土地利用类型变化特征

本研究采用土地利用变化幅度(ΔU)、单一土地利用动态度(K)两个指标,定量评估土地利用类型变化特征,揭示土地利用变化数量和速率。计算公式^[8]如下:

$$\Delta U = U_b - U_a \quad (1)$$

$$K = [(U_b - U_a) / U_a \times T] \times 100\% \quad (2)$$

式中: U_a 、 U_b 为研究期初和期末某一土地利用类型的面积; T 为研究时长。

2.2 生态系统服务价值的估算

以长河流域 2005 年、2010 年、2015 年遥感解译数据为基础,计算不同时期各土地利用类型的生态系统服务价值。本文根据长河流域的实际情况并结合谢高地等^[9]制定的中国陆地生态系统单位面积生态系统服务价值及以往学者对生态系统服务价值的研究对其生态服务价值系数进行修订,全国农田生态系统生物量因子为 1.00,本研究取山西省的均值 0.46 作为农田生物量因子。草地则根据谢高地等对华北暖温带半湿润半干旱区草地生态系统服务功能价值的估算得出^[10]。建设用地参考 Costanza 等专家的思路,其生态服务功能价值不参与计算^[11]。从而建立了长河流域土地利用类型生态服务价值系数表^[12-13](表 1)。生态系统服务价值估算公式:

$$V_j = A_j \sum_{i=1}^9 p_{ij} \quad (3)$$

$$V_i = A_i \sum_{j=1}^4 p_{ij} \quad (4)$$

$$V = \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^9 p_{ij} \quad (5)$$

式中: V_j 为长河流域第 j 类土地利用类型生态系统服务功能总价值; V_i 为长河流域生态系统中第 i 种生态服务功能的价值; V 为长河流域生态系统服务功能总价值; A_j 为第 j 类土地利用类型的面积; p_{ij} 为校正后的单位面积的第 j 类生态系统第 i 种生态服务功能的价值系数。

2.3 敏感性指数

本文引入敏感性指数(CS)的目的是验证土地利用类型生态服务价值系数的准确性及确定随着时间的推移生态系统服务总价值对生态服务价值系数的依赖程度^[14-15]。敏感性指数是指价值系数变动 1% 将引起生态系统服务总价值变动 1%,如果 $CS > 1$,

说明生态系统服务总价值对生态价值系数富有弹性,引用价值系数不准确,结果不可信;如果 $CS < 1$,说明生态系统服务总价值对生态价值系数缺乏弹性,价值系数引入合适,结果可信。敏感性指数的计算公式:

$$CS = \left| \frac{\frac{(ESV_j - ESV_i)}{ESV_i}}{\frac{(VC_{jk} - VC_{ik})}{VC_{ik}}} \right| \quad (6)$$

式中: ESV_j, ESV_i 为调整后和初始的生态系统服务价值; VC_j, VC_i 为调整后和初始的生态服务价值系数; k 为某种土地利用类型。

表 1 长河流域各土地利用类型生态服务价值系数
元/(hm² · a)

项目	耕地	林地	草地	水体	建设用地
气体调节	203.5	1424.6	66.7	0.0	0.0
气候调节	362.3	1099.0	165.1	187.2	0.0
水源涵养	244.2	1302.5	165.7	8295.3	0.0
土壤形成与保护	594.3	1587.4	266.0	4.0	0.0
废物处理	667.6	533.2	924.0	7399.8	0.0
生物多样性保护	289.0	1326.9	436.8	1013.5	0.0
食物生产	407.1	40.7	603.7	40.7	0.0
原材料	40.7	1058.5	3.7	4.0	0.0
娱乐文化	4.0	521.0	70.4	1766.5	0.0
总计	2812.7	8893.6	2702.1	18711.0	0.0

2.4 生态服务价值流向分析

本文利用各土地利用类型转化数据来计算不同地类之间相互转化所引起的生态服务价值的损益,分析人类活动对生态服务价值的影响^[16]。生态服务价值损益计算公式为:

$$PL_{ij} = (VC_j - VC_i) A_{ij} \quad (7)$$

式中: PL_{ij} 为第 i 类土地利用类型转化为第 j 类土地利用类型后的生态服务价值损益; VC_i, VC_j 分别为第 i 类土地利用类型和第 j 类土地利用类型的生态系统服务价值系数; A_{ij} 为第 i 类土地利用类型转化为第 j 类土地利用类型的面积。

3 结果与分析

3.1 土地利用类型变化特征分析

3.1.1 土地利用类型数量变化 从表 2 可以看出,耕地是长河流域最主要的土地利用类型,占全区总面积的 57% 以上。2005—2015 年长河流域土地利用类型发生了不同程度的变化,主要表现在耕地减少,建设用地、草地、林地、水域增加。其中,耕地由 2005 年的 6 863.99 hm² 减少到 2015 年的 6 464.85 hm²,减少了 5.81%,年均减少 0.58%;林地由 2005 年的 893.25 hm² 增加到 2010 年 934.75 hm²,增加了 4.65%,年均增加 0.93%,2010—2015 年林地基本不变,10 a 期间年均增加了

0.45%;草地由 2005 年的 2 133.7 hm² 增加到 2010 年的 2 250.8 hm²,增加了 5.49%,年均增加了 1.1%,2010—2015 年草地减少了 2.41%,年均减少 0.48%,10 a 期间草地年均增加了 0.3%;建设用地由 2005 年的 1 320.89 hm² 增加到 2015 年的 1 597.46 hm²,增加了 20.94%,年均增加 2.09%;水域面积先增后减,2005—2010 年增加了 17.64%,2010—2015 年减少了 0.17%,10 a 期间年均增加了 1.74%。

表 2 2005—2015 年长河流域不同土地利用类型面积变化

年份	项目	林地	耕地	草地	建设用地	水域
2005	面积/hm ²	893.25	6863.99	2133.70	1320.89	110.57
	比例/%	7.89	60.62	18.84	11.67	0.98
2010	面积/hm ²	934.75	6481.60	2250.80	1525.19	130.06
	比例/%	8.25	57.25	19.88	13.47	1.15
2015	面积/hm ²	933.64	6464.85	2196.61	1597.46	129.84
	比例/%	8.24	57.10	19.40	14.11	1.15
2005—2010	面积变化/hm ²	41.50	-382.39	117.10	204.30	19.49
	变化率/%	4.65	-5.57	5.49	15.47	17.64
	动态度/%	0.93	-1.11	1.10	3.09	3.53
2010—2015	面积变化/hm ²	-1.11	-16.75	-54.19	72.27	-0.22
	变化率/%	-0.12	-0.26	-2.41	4.74	-0.17
	动态度/%	-0.02	-0.05	-0.48	0.95	-0.03
2005—2015	面积变化/hm ²	40.39	-399.14	62.91	276.57	19.27
	变化率/%	4.52	-5.81	2.95	20.94	17.44
	动态度/%	0.45	-0.58	0.30	2.09	1.74

3.1.2 土地利用类型动态转化分析 通过 ArcGIS 叠加得出 2005—2010 年、2010—2015 年长河流域土地利用类型转移矩阵表(表 3—4)。首先从表 3 可以看出,2005—2010 年,长河流域土地利用类型发生了不同程度的转变,其中耕地主要转向草地、建设用地、林地,转化率分别为 4.75%,3.17%,0.9%,耕地转向草地主要是因为退耕还草的政策及采矿导致地面塌陷与损坏致使耕地质量下降,满足不了作物的种植要求,从而使得大量耕地撂荒,耕地转向建设用地主要是因为城镇扩建及城镇化快速发展使得加大了对煤炭资源的开采,从而使得建设用地占用耕地,耕地转向林地主要原因是退耕还林的政策;林地、草地主要转向耕地,转化率分别为 3.58%,7.52%,主要原因是农业活动的需要及对耕地的补偿;建设用地主要转向耕地,转化率为 3.47%,而水域向其他地类转移的很少,几乎可以忽略不计。其次从表 4 可以看出,土地利用类型发生的转移变化非常小,其中,耕地主要转向建设用地,转化率不到 1%,说明耕地转向建设用地有所控制,这是因为 2010—2015 年长河流域煤矿企业处于整合期;草地主要转向耕地、建设用地,转化率分别为 1.96%,0.64%,其主要原因是建设用地对耕地的占用补偿;其他地类之间的转化非常小,可忽略不计,土地利用类型变化越来越趋于稳定化。

表 3 2005—2010 年长河流域土地利用类型转移矩

时间	土地利用 类型	2010 年				
		耕地	林地	草地	建设用地	水域
2005 年	耕地/hm ²	6240.64	62.04	326.30	217.28	17.73
	转化率/%	—	0.90	4.75	3.17	0.26
	林地/hm ²	31.98	839.01	14.62	6.92	0.72
	转化率/%	3.58	—	1.64	0.78	0.08
	草地/hm ²	160.37	33.51	1905.98	29.08	4.76
	转化率/%	7.52	1.57	—	1.36	0.22
	建设用地/hm ²	45.80	0.00	3.16	1271.94	0.00
	转化率/%	3.47	0.00	0.24	—	0.00
	水域/hm ²	2.71	0.18	3.16	0.00	106.91
	转化率/%	2.46	0.15	2.85	0.00	—

变化来看,2005—2010 年耕地面积是减少最多,其生态服务价值损失了 1.08×10^6 元,林地、草地和水域面积都增加了,其生态服务价值分别增加了 3.7×10^5 、 3.1×10^5 、 3.7×10^5 元,此阶段林地、草地、水域所增加的生态服务价值还不足以抵消耕地所减少的生态服务价值;2010—2015 年各土地利用类型生态服务变化较小,其中草地生态服务价值减少最多,减少了 1.4×10^5 元。

表 4 2005—2010 年长河流域土地利用类型转移矩

时间	土地利用 类型	2015 年				
		耕地	林地	草地	建设用地	水域
2010 年	耕地/hm ²	6413.08	0.41	4.23	63.75	0.13
	转化率/%	—	0.00	0.07	0.98	0.00
	林地/hm ²	0.97	932.55	0.56	0.66	0.00
	转化率/%	0.10	—	0.06	0.07	0.00
	草地/hm ²	44.04	0.64	2191.55	14.52	0.05
	转化率/%	1.96	0.03	—	0.64	0.00
	建设用地/hm ²	6.62	0.04	0.22	1581.21	0.10
	转化率/%	0.43	0.00	0.01	—	0.00
	水域/hm ²	0.15	0.00	0.03	0.33	129.54
	转化率/%	0.11	0.00	0.02	0.25	—

3.2 生态系统服务价值变化分析

2005—2015 年长河流域土地利用生态系统总服务价值分别为 3.509×10^7 、 3.506×10^7 、 3.485×10^7 元,呈现持续减少的趋势,共减少了 2.4×10^5 元(表 5)。除了耕地,长河流域其他几类土地利用类型的生态服务价值增加。

从不同时期各土地利用类型的生态系统服务价值

表 5 2005—2015 年长河流域生态系统服务价值及其变化

土地利用 类型	2005 年		2010 年		2015 年		生态服务价值变化/ 10^6 元			2005—2015 年
	ESV/ 10^6 元	比例/%	ESV/ 10^6 元	比例/%	ESV/ 10^6 元	比例/%	2005—2010 年	2010—2015 年	2005—2015 年	变化率/%
耕地	19.31	55.03	18.23	52.00	18.18	52.17	-1.08	-0.05	-1.13	-4.58
林地	7.94	22.63	8.31	23.71	8.30	23.82	0.37	-0.01	0.36	4.53
草地	5.77	16.44	6.08	17.43	5.94	17.04	0.31	-0.14	0.17	2.95
水域	2.07	5.90	2.44	6.86	2.43	6.97	0.37	-0.01	0.36	17.39
总计	35.09	100.00	35.06	100.00	34.85	100.00	-0.03	-0.21	-0.24	0.68

从各单项功能服务价值(表 6)贡献率高低排序来看,废物处理>土壤形成与保护>生物多样性保护>食物生产>水源涵养>气候调节>气体调节>原材料>水域,其中,废物处理功能价值贡献率最大,而原材料和娱乐文化的贡献率最小,这说明长河流域生态系统的供给,文化功能价值远小于调节和支持功能价值。

从各项功能生态服务价值变化来看,2005—2015 年,气体调节、气候调节、土壤形成与保护、废物处理、

生物多样性保护和食物生产功能价值呈减少趋势,其中,土壤形成与保护和食物生产功能价值减少最多,分别减少了 1.6×10^5 、 1.3×10^5 元,这是因为采煤导致耕地质量下降及面积持续减少从而影响土壤形成与保护和食物生产功能价值,其次是气候调节与废物处理,分别减少了 8.0×10^4 、 5.0×10^4 元;而水源涵养、娱乐文化、原材料单项功能价值有所增加,分别增加了 1.3×10^5 、 6.0×10^4 、 3.0×10^4 元。

表 6 2005—2015 年长河流域各项生态系统功能变化

土地利用 类型	2005 年		2010 年		2015 年		生态服务价值变化/ 10^6 元		
	ESV/ 10^6 元	比例/%	ESV/ 10^6 元	比例/%	ESV/ 10^6 元	比例/%	2005—2010 年	2010—2015 年	2005—2015 年
气体调节	2.81	8.01	2.80	7.99	2.79	8.00	-0.01	-0.01	-0.02
气候调节	3.84	10.94	3.77	10.75	3.76	10.79	-0.07	-0.01	-0.08
水源涵养	4.11	11.71	4.25	12.12	4.24	12.17	0.14	-0.01	0.13
土壤形成与保护	6.07	17.30	5.94	16.94	5.91	16.96	-0.13	-0.03	-0.16
废物处理	7.85	22.37	7.87	22.45	7.80	22.38	0.02	-0.07	-0.05
生物多样性保护	4.21	12.00	4.23	12.07	4.19	12.02	0.02	-0.04	-0.02
食物生产	4.13	11.77	4.04	11.52	4.00	11.48	-0.09	-0.04	-0.13
原材料	1.23	3.51	1.26	3.59	1.26	3.62	0.03	0.00	0.03
娱乐文化	0.84	2.39	0.90	2.57	0.90	2.58	0.06	0.00	0.06
总计	35.09	100.00	35.06	100.00	34.85	100.00	-0.03	-0.21	-0.24

3.3 生态系统服务价值敏感性分析

本文将长河流域各土地利用类型的生态服务价值系数分别增加或减少 50%^[17],根据敏感性指数变化(表 7)可以看出,长河流域土地利用类型的敏感系数变化较小,其中 2005—2015 年耕地的敏感性指数最高,其敏感性指数为 0.52~0.55,当耕地生态服务价值系数增加或减少 1%,其总生态服务价值增加

或减少 0.52%~0.55%;而水域的敏感性系数最低,其敏感性系数不超过 0.1;其他土地利用类型的敏感性指数为 0.15~0.25。

上述表明,不同时期不同土地利用类型的敏感性系数均小于 1,说明长河流域所采用的价值系数缺乏弹性且适合长河流域的实际情况,其生态服务价值估算结果可信。

表 7 2005—2015 年长河流域生态系统服务价值敏感指数变化

土地利用 类型	价值系数 变化	2005 年		2010 年		2015 年	
		变化率/%	CS	变化率/%	CS	变化率/%	CS
耕地	VC±50%	27.51	0.55	26.00	0.52	26.08	0.52
林地	VC±50%	11.31	0.23	11.85	0.24	11.91	0.24
草地	VC±50%	8.22	0.16	8.67	0.17	8.52	0.17
水域	VC±50%	2.95	0.06	3.48	0.07	3.49	0.07

3.4 生态服务价值流向分析

由表 8 和表 9 可知,2005—2015 年长河流域土地利用类型变化带来的生态系统服务价值的持续减少,2005—2010 年净减少了 6.28×10^4 元,2010—2015 年净减少了 1.938×10^5 元,2005—2015 年除林地转化为水域会带来生态系统服务价值的增加外,转

化为其他地类都会带来生态服务价值的减少,耕地的生态服务价值主要流向林地、水域,减少了耕地转化建设用地带来的生态价值损失,由于耕地面积大量减少,造成了生态服务价值的大量流失,因此,为了使生态服务价值达到最优化,因加强对耕地、林地的保护,尽量减少建设用地压占耕地。

表 8 2005—2010 年长河流域生态服务价值流向损益 10⁴ 元

时间	土地利用 类型	2010 年					总计
		耕地	林地	草地	建设用地	水域	
2005 年	耕地	0.00	37.73	-3.61	-61.11	28.19	1.20
	林地	-19.45	0.00	-9.05	-6.15	0.71	-33.94
	草地	1.77	20.75	0.00	-7.86	7.62	22.28
	建设用地	12.88	0.00	0.85	0.00	0.00	13.73
	水域	-4.31	-0.18	-5.06	0.00	0.00	-9.55
	总计	-9.11	58.30	-16.87	-75.12	36.52	-6.28

表 9 2010—2015 年长河流域生态服务价值流向损益 10⁴ 元

时间	土地利用 类型	2015 年					总计
		耕地	林地	草地	建设用地	水域	
2010 年	耕地	0.00	0.25	-0.05	-17.93	1.59	-16.14
	林地	-0.59	0.00	-0.35	-0.59	0.00	-1.53
	草地	0.49	0.40	0.00	-3.92	0.08	-2.95
	建设用地	1.86	0.04	0.06	0.00	0.19	2.15
	水域	-0.24	0.00	-0.05	-0.62	0.00	-0.91
	总计	1.52	0.69	-0.39	-23.06	1.86	-19.38

4 结 论

(1) 2005—2015 年,长河流域土地利用类型发生了不同程度的变化,主要表现在耕地减少,建设用地、草地、林地、水域增加;耕地主要向草地、建设用地转移,建设用地的增加主要来自耕地、草地的转移,这主要归于当地的政策及采矿导致地面塌陷与损坏致使耕地质量下降,满足不了作物的种植要求,从而使得大量耕地撂荒,耕地大量减少。

(2) 2005—2015 年,长河流域总生态系统服务价值呈现持续减少的趋势,减少了 2.4×10^5 元。除耕地外,其他几类土地利用类型的生态服务价值增加;由于大量的耕地流向草地、建设用地,使得土壤形成与保护、食物生产、气候调节单项功能价值降低,造成了一定的损失;不同时期不同土地利用类型的敏感性系数均小于 1,说明长河流域所采用的价值系数缺乏弹性且适合长河流域的实际情况,其生态服务价值估算结果可信。

(3) 2005—2015年,林地除转化为水域会带来生态服务价值正向流动外,转化为其他地类都会带来生态服务价值负向流动,建设用地转化为其他地类都会带来生态服务价值正向流动,而水域化为其他地类都会带来生态服务价值负向流动。

本文在研究长河流域土地利用变化的生态系统服务价值影响时存在一定的不足,在分析土地利用类型与生态系统服务功能价值的关系中,建设用地对水源涵养、废物处理单项功能会产生一定的负效益,但本文未将建设用地纳入生态服务功能价值的核算中,主要原因是有关建设用地的生态服务价值计算没有统一的评价方法,因此关于建设用地的生态服务价值核算将是下一步的研究重点。

参考文献:

- [1] 陈忠升,陈亚宁,李卫红,等. 基于生态服务价值的伊犁河谷土地利用变化环境影响评价[J]. 中国沙漠, 2010(4):870-877.
- [2] 罗维,易海杰,李红举,等. 洋河流域土地利用时空变异及其对生态服务功能价值的影响[J]. 生态学报, 2017(16):1-10.
- [3] Costanza R, d'Arge R, Groot R, et al. The value of the worlds ecosystem and natural capital[J]. Nature, 1997, 386(5):253-260.
- [4] 周飞,陈士银,钟来元,等. 区域土地利用与生态系统服务价值变化研究:以广东省湛江市为例[J]. 土壤, 2008(5):847-851.
- [5] 张金前. 晋江市土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 国土与自然资源研究, 2016(4):1-4.
- [6] 张兴榆,黄贤金,赵小风. 江苏省沿海地区土地利用变化的生态系统服务价值核算[J]. 水土保持研究, 2015(1): 252-256.
- [7] 李志,刘文兆,杨勤科,等. 黄土高原沟壑区小流域土地利用变化及其生态效应分析[J]. 应用生态学报, 2007(6):1299-1304.
- [8] 吴琳娜,杨胜天,刘晓燕,等. 1976年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J]. 地理学报, 2014(1):54-63.
- [9] 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.
- [10] 谢高地,张钊铨,鲁春霞,等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报, 2001,16(1):49-51.
- [11] 蒋贵国,周介铭,张志龙. 土地利用总体规划生态环境影响评价研究:以安县为例[J]. 西南农业学报, 2012, 25(3):989-992.
- [12] 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(5):911-919.
- [13] 李建龙,师学义. 基于熵权灰靶生态系统服务价值模型的土地利用规划环境影响评价:以晋城市为例[J]. 环境科学学报, 2016(2):717-725.
- [14] 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.
- [15] 虎陈霞,郭旭东,连纲,等. 长三角快速城市化地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以嘉兴市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2017(3):333-340.
- [16] 汤洁,李红薇,李昭阳,等. 土地利用变化对太平池湿地区域生态系统服务价值的影响[J]. 中北大学学报:自然科学版, 2017(1):78-86.
- [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.

(上接第334页)

- [14] 姜磊,雷国平,张健,等. 农村居民点空间布局及优化分析[J]. 水土保持研究, 2013,20(1):224-229.
- [15] 邵子南,吴群,许恩,等. 农户对农村居民点整理意愿及影响因素研究:基于 Logistic 和 SEM 模型的实证分析[J]. 水土保持研究, 2014,21(6):228-233.
- [16] 王振波,方创琳,王婧. 城乡建设用地增减挂钩政策观察与思考[J]. 中国人口·资源与环境, 2012,22(1):96-102.
- [17] 任平,兰亭超,周介铭. 城乡建设用地增减挂钩区域适宜性评价与空间布局规划研究:以成都龙泉驿区为例[J]. 水土保持研究, 2014,21(1):272-275,282.
- [18] 孙蕊,孙萍,吴金希,等. 中国耕地占补平衡政策的成效与局限[J]. 中国人口·资源与环境, 2014,24(3):41-46.
- [19] 谭雪兰,钟艳英,段建南,等. 快速城市化进程中农村居民点用地变化及驱动力研究:以长株潭城市群为例[J]. 地理科学, 2014,34(3):309-315.
- [20] 马彩虹,任志远,李小燕. 黄土台塬区土地利用转移流及空间集聚特征分析[J]. 地理学报, 2013,68(2):257-267.
- [21] 李红波,张小林,吴江国,等. 苏南地区乡村聚落空间格局及其驱动机制[J]. 地理科学, 2014,34(4):438-446.
- [22] 张潇方,张应应. 克强指数反映中国经济现实状况的优越性研究[J]. 统计与决策, 2014(22):30-32.
- [23] 黄晓燕,曹小曙,李涛. 海南省区域交通优势度与经济发展关系[J]. 地理研究, 2011,30(6):985-999.
- [24] 文玉钊,陆玉麒,刘玮辰,等. 江西省交通区位演变与区域发展效应[J]. 地理研究, 2016,35(3):572-589.