



低山丘陵区县域生态用地演变及生态服务价值响应

邢晓露, 郭岚, 杨梅焕, 张全文, 王益展

引用本文:

邢晓露, 郭岚, 杨梅焕, 等. 低山丘陵区县域生态用地演变及生态服务价值响应[J]. *农业资源与环境学报*, 2021, 38(5): 900–908.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0575>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

京津冀潮白河区域土地利用变化对生态系统服务的影响

耿冰瑾, 曹银贵, 苏锐清, 刘施含, 冯喆

农业资源与环境学报. 2020, 37(4): 583–593 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0595>

基于土地利用的北方农牧交错区碳固定和土壤保持时空变化

常虹, 杨武, 石磊, 刘亚红, 邱晓, 伊风艳, 孙海莲

农业资源与环境学报. 2021, 38(3): 484–493 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0310>

西部绿洲城市土地利用转型的生态环境效应——以乌鲁木齐市为例

阿依吐尔逊·沙木西, 刘新平, 祖丽菲娅·买买提, 陈前利, 冯彤

农业资源与环境学报. 2019, 36(2): 149–159 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0113>

铁矿生态修复区生态系统服务价值增量评估

叶尔纳尔·胡马尔汗, 马伟波, 徐向华, 迪丽努尔·托列吾别克, 方颖, 李海东

农业资源与环境学报. 2020, 37(4): 594–600 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0197>

河北北戴河区农田生态系统服务功能价值测算研究

刘小丹, 赵忠宝, 李克国

农业资源与环境学报. 2017, 34(4): 390–396 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2017.0005>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

邢晓露, 郭岚, 杨梅焕, 等. 低山丘陵区县域生态用地演变及生态服务价值响应 [J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(5): 900-908.
XING X L, GUO L, YANG M H, et al. Evolution of ecological land use in low-mountain and hilly areas and response to ecological service value[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2021, 38(5): 900-908.



开放科学 OSID

低山丘陵区县域生态用地演变及生态服务价值响应

邢晓露, 郭岚*, 杨梅焕, 张全文, 王益展

(西安科技大学测绘科学与技术学院, 西安 710054)

摘要:为研究低山丘陵区域生态用地变化与生态服务价值转移,以泗水县为研究对象,采用土地利用变化动态模型和生态系统服务价值评估方法,分析泗水县的生态用地变化特征及生态服务价值损益,利用 Logistic 回归模型,探讨生态用地变化的驱动因素。结果表明:1997—2017年,泗水县生态用地面积变化明显,呈不断减少趋势,共减少 $3.60 \times 10^3 \text{ hm}^2$,2007—2017年生态用地的总体转移速率远大于1997—2007年间的转移速率,草地的转移面积占比最大,且转出部分大于转入部分,属于减少型生态用地,而林地、水域和耕地属于增加型生态用地。1997—2017,研究区生态系统服务价值总量呈先减少后增加的趋势,总体共增加 1.42×10^8 元,耕地和草地的生态系统服务价值呈减少趋势,林地和水域的生态系统服务价值呈增加趋势,其中林地对生态系统服务价值的贡献最大。回归分析结果表明到河流的距离、人口密度和到乡镇中心的距离是影响生态用地演变的主要驱动因素。研究结果可为泗水县生态补偿和资源开发提供技术方法,也可为山区生态规划和生态可持续发展提供重要依据。

关键词:生态用地; 生态系统服务; 时空演变; 驱动因素; 泗水县

中图分类号:X826;F301.2 文献标志码:A 文章编号:2095-6819(2021)05-0900-09 doi: 10.13254/j.jare.2020.0575

Evolution of ecological land use in low-mountain and hilly areas and response to ecological service value

XING Xiaolu, GUO Lan*, YANG Meihuan, ZHANG Quanwen, WANG Yizhan

(College of Geomatics, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: We studied changes in ecological land use and the transfer of ecological service value in the low mountain and hilly regions of Sishui County. We used the dynamic model of land use change and the evaluation of ecosystem service value to evaluate the characteristics of ecological land usage changes and their impact on the profit and loss values for ecological services in Sishui County. Logistic regression modelling allowed us to determine the driving factors for these changes and discuss their impact. The results showed that from 1997 to 2017, the area allocated for ecological use in Sishui County changed significantly, decreasing over time with a total decrease of $3.60 \times 10^3 \text{ hm}^2$ over this twenty years. The overall transfer rate for ecological land between 2007 and 2017 was much higher than the transfer rate for 1997 to 2007. In addition, grassland was shown to be the largest contributor to these transfers, the outward transfer was always larger than the inward transfer. The proportion of ecological land in this area was reduced while forest, water areas and cultivated land were increased. In this twenty years, the total value of ecosystem services in the research area decreased over time, but was preceded by a short period of increasing value resulting in an overall increase of 1.42×10^8 yuan over this time period. The ecosystem service value of cultivated land and grasslands both decreased over time while that of forest and water areas increased over the same time period; forests made the most significant contribution. Regression analysis showed that the distance to the river, population density, and distance to the town center and cultivated land were the major driving factors affecting the evolution of ecological land. These results could provide insight into determining ecological compensation and resource development in Sishui County, and provide important context for ecological planning and sustainable development in mountainous areas.

Keywords: ecological land use; ecosystem services; spatial-temporal evolution; driving factors; Sishui County

收稿日期:2020-10-08 录用日期:2020-12-28

作者简介:邢晓露(1995—),女,河南安阳人,硕士研究生,主要从事土地评价与可持续利用研究。E-mail:1277485150@qq.com

*通信作者:郭岚 E-mail:3036682484@qq.com

基金项目:国家自然科学基金项目(41501571)

Project supported: The National Natural Science Foundation of China(41501571)

生态系统服务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与效用^[1-2]。土地利用与生态系统服务相互影响、相互制约,土地利用通过改变土地地表覆被来改变生态系统服务的功能和结构,进而改变生态系统服务的价值。深入探讨土地利用变化及其引起的生态效应和生态系统服务价值转移^[3-4],有助于为土地利用规划、生态文明建设和可持续发展等提供科学依据^[5-7]。生态系统服务价值研究已成为生态学与地理学的研究热点^[8-9]。GROOT等^[10]在结合全球1350个案例基础上,得出全球平均生态服务价值水平。COSTANZA等^[11]总结前人经验,探索得出全球生态系统服务价值评价模型。在其研究方法基础上,谢高地等^[12]制定了适合中国大陆的当量因子表,将国内生态系统服务分为11个类型,利用当量因子法对11个类型生态系统服务价值(Ecosystem service value, ESV)进行评估,并计算出各省份生态总价值量。管青春等^[13]对生态用地的概念进行了界定,深入分析了全国生态用地的ESV的变化特征和规律。近年来,有关生态系统服务价值驱动因素的研究增多,徐梦冉等^[14]采用主成分分析法从自然因素和人类活动两方面探讨建设用地结构变化的驱动因素,认为社会经济发展是建设用地结构变化的主要驱动力。吕立刚等^[15]采用图谱分析技术对江苏省土地利用变化的影响因素进行探讨,得出人类对自然资源不合理的开发是江苏省土地利用类型发生变化的主要因素。目前,土地利用变化和生态服务价值研究主要聚焦于省会城市、生态敏感区和沿海发达地区^[16-18],相比而言,针对小尺度县城尤其是低山丘陵区的研究仍属于薄弱环节。因此在国土空间规划和生态文明建设背景下,明确山区生态用地空间分布格局和时空变化、制定山区科学发展战略规划、提高生态用地利用效率十分必要。

泗水县是鲁南泰沂余脉典型的低山丘陵地区,区内低山丘陵分布较多,属于重点生态功能保护区,生态文明建设一直备受关注。泗水县作为南水北调东线工程的重点地区,区内泗河源头水源涵养生态功能保护区作为省内31个重点生态功能保护区之一,承担着极重要的生态功能。近年来城镇化^[19]和耕地资源的过度开采^[20]等对区内生态系统产生一定影响。本研究基于地理信息系统(GIS)技术定量分析泗水县土地利用类型变化,采用当量因子法评估泗水县生态服务价值,旨在形象直观地反映各个生态系统功能的价值量;同时利用Logistic回归模型探索生态系统服

务价值变化的驱动因子,以更好地处理空间因素变量问题,深入分析泗水县生态用地变化特点和生态系统服务价值时空变化规律,以期为国土空间规划编制及乡村振兴战略的实施提供科学依据。

1 材料与方法

泗水县(117°05'~117°35' E, 35°28'~35°58' N)位于山东省中南部,总面积为1.12×10⁵ hm²,是山东省典型的低山丘陵地区(图1),地形以低山丘陵为主,低山丘陵面积约7.49×10⁴ hm²,占研究区总面积的67%。研究区内水资源、林业资源丰富,如泉林水体自然保护区、贺庄水库和龙湾套水库,同时,济河及泗河等多条河流穿城而过,水域面积约6.05×10³ hm²,境内拥有泉林国家森林公园和青龙山省级森林公园。

1.1 数据来源

本研究涉及的三期(1997、2007、2017年)土地利用数据来源于泗水县土地利用变更调查数据,根据《土地利用现状调查技术规程》,将泗水县土地利用现状分为耕地、林地、草地、水域以及建设用地5种类型,根据研究目的,生态用地包括耕地、林地、草地及水域4种类型,此外,研究中涉及的统计数据和社会数据资料来源于《泗水统计年鉴》(1997—2017)。

1.2 研究方法

1.2.1 单一土地利用类型动态度

单一土地利用类型动态度是指在研究时段内某种土地利用类型的年际变化率^[21],公式^[22]为:

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

式中:K表示动态度;S_a、S_b分别表示研究区初期、末期某类生态用地面积, hm², T表示研究时段, a。

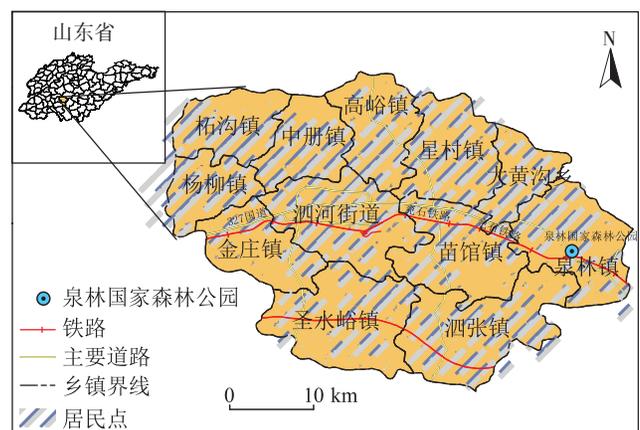


图1 泗水县区位图

Figure 1 Location of Sishui County

1.2.2 生态系统服务价值评估方法

在COSTANZA等^[11]研究基础上,谢高地等^[12]对当量因子法进行修正得出适用于中国的单位面积ESV系数,由于该方法具有较强的实用性和可靠性,被经常采用。本研究也采用此方法对泗水地区ESV进行估算,将耕地与农田对应、林地与森林对应,参考现有方法^[23-25],调整和确定泗水地区生态系统服务价值当量因子,依据泗水县1997—2017年平均粮食产量($5.69 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)和平均粮食价格($2.29 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$),计算得出泗水县一个生态系统服务功能当量为 $1.86 \times 10^3 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。结合泗水县当量因子值,进一步得到泗水地区各生态系统服务价值系数(表1)。

泗水县生态系统服务价值计算公式为:

$$V_{\text{ES}} = \sum_{k=1}^n A_k \times C_k \quad (2)$$

式中: V_{ES} 表示生态系统服务价值,元; A_k 表示某一类土地类型面积, hm^2 ; C_k 表示某一土地利用类型的生态系统服务价值系数, $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

1.2.3 Logistic 回归模型

Logistic 回归分析常被用于分析土地利用变化与驱动因素之间的关系^[26-27]。选取空间距离和自然因素作为逻辑回归模型的自变量,因变量是对泗水县2017年生态用地栅格结构二值化(0,1)处理得到,1表示生态用地,0表示非生态用地。利用Logistic回归模型探讨生态用地空间分布与驱动因素之间的相关性,其表达式为:

$$\text{Log} \left(\frac{P}{1-P} \right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (3)$$

式中: P 表示每个栅格出现生态用地的概率; β_0 为常量; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ 表示影响因素的回归系数; x_1, x_2, \dots, x_n 表示影响生态用地空间分布的因素。

2 结果与分析

2.1 1997—2017年生态用地结构和空间格局时空变化

2.1.1 土地利用结构变化

研究区生态用地时空变化特征可以从空间布局和面积增减两个方面来描述。从空间布局(图2)来看,泗水县城镇扩张呈现“聚集-外扩”特征,林地的空间增加主要源于泉林国家森林公园的建立与兖石铁路、327国道等主要干道两侧“退耕还林”工程。草地面积的减少主要由研究区南部荒草地开发所致。泗河源、龙湾湖等湿地公园的建立对水域生态用地贡献较大。从变化数量(表2)来看,不同研究时期,泗水县土地利用变化趋势有所不同。1997—2007年,耕地和草地面积分别减少了 5.91×10^3 、 $5.56 \times 10^2 \text{ hm}^2$,林地和水域面积增幅均小于1%,受“退耕还林”和“封山育林”等工程的影响,林地、草地和耕地面积变化加快。2007—2017年,研究区内各类生态用地变化明显,耕地和林地变化较为突出,占比最高的耕地面积减少最多,10年间共减少 $6.48 \times 10^3 \text{ hm}^2$,变化率达到-11.69%,动态度为-1.17%;其次是林地,面积共增加 $4.07 \times 10^3 \text{ hm}^2$,变化率为13.52%,动态度为1.35%;水域面积变化较小,变化率为7.93%,动态度为0.79%。

2.1.2 生态用地转移面积及特征

研究区生态用地转移情况如表3所示,以2007年为分界点,各类用地类型的转出和转入明显。1997—2017年,生态用地类型中水域的保留率最高,达到74.50%,其次是耕地,保留率为61.18%,耕地的主要转移类型是林地,转移比例为26.65%,说明退耕还林工程对泗水县生态用地的恢复有一定的积极作用。草地转移的主要去向是耕地和林地,20年间共转移 $5.78 \times 10^3 \text{ hm}^2$,其中位于研究区南部的泗张镇和圣水

表1 泗水县不同土地利用类型生态系统服务价值系数(元·hm⁻²·a⁻¹)

Table 1 Ecological service value coefficients of each land use type in Sishui County (yuan·hm⁻²·a⁻¹)

生态系统服务功能 Ecosystem service functions	耕地 Arable land	林地 Woodland	草地 Grassland	水域 Waters	建设用地 Construction land
气体调节	1 426.87	8 561.26	2 972.66	2 893.39	0
气候调节	1 922.31	8 065.81	3 091.56	15 477.65	0
水源涵养	1 525.96	8 105.45	3 012.30	31 926.37	0
废物处理	2 754.66	3 408.65	2 615.94	28 993.34	0
土壤形成与保护	2 913.21	7 966.73	4 439.17	2 378.13	0
生物多样性保护	2 021.41	8 937.80	3 705.92	7 055.12	0
食物生产	1 981.77	653.98	852.16	817.48	0
原材料	772.89	5 905.68	713.43	594.53	0
娱乐文化	336.90	4 122.10	1 724.15	9 056.71	0
合计	15 655.98	55 727.46	23 127.29	99 192.72	0

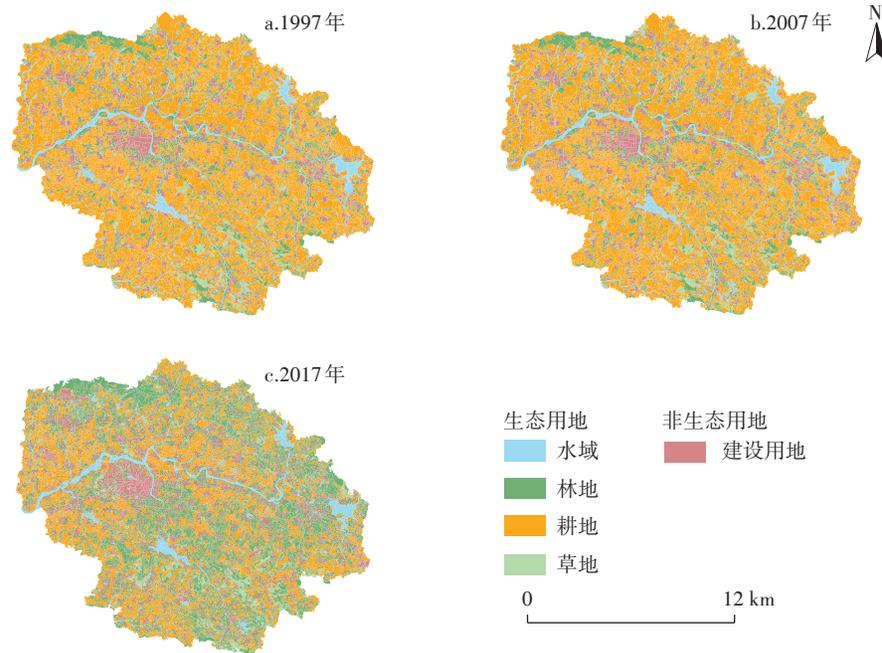


图2 泗水县 1997—2017 年生态用地空间变化

Figure 2 Spatial changes of the ecological land in Sishui County from 1997 to 2017

表2 1997—2017 年泗水县土地利用变化格局

Table 2 Land use change pattern of Sishui County from 1997 to 2017

项目 Item	年份 Year	耕地 Arable land	林地 Woodland	草地 Grassland	水域 Waters	建设用地 Construction land
面积/hm ²	1997	56 031.12	30 023.34	8 152.39	5 563.25	12 045.59
	2007	55 440.54	30 113.58	7 596.11	5 601.35	13 065.92
	2017	48 958.98	34 185.59	6 978.12	6 045.78	15 649.63
面积变化/hm ²	1997—2007	-590.58	90.24	-556.28	38.10	1 020.33
	2007—2017	-6 481.56	4 072.01	-617.99	444.43	2 583.71
变化率/%	1997—2007	-1.05	0.30	-6.82	0.68	8.47
	2007—2017	-11.69	13.52	-8.14	7.93	19.77
单一动态度/%	1997—2007	-0.11	0.03	-0.68	0.07	0.85
	2007—2017	-1.17	1.35	-0.81	0.79	1.98

表3 1997—2017 年泗水县生态用地转移面积及比例

Table 3 Transfer areas and proportions of ecological lands of Sishui Country during 1997—2017

土地利用类型 Land use type	项目 Item	耕地 Arable land	林地 Woodland	草地 Grassland	水域 Waters	建设用地 Construction land
耕地	转移面积/hm ²	34 279.66	14 932.42	2 969.67	672.38	3 176.99
	比例/%	61.18	26.65	5.30	1.20	5.67
林地	转移面积/hm ²	10 478.33	15 132.03	1 735.38	885.70	1 792.43
	比例/%	34.90	50.40	5.78	2.95	5.97
草地	转移面积/hm ²	3 481.17	2 294.15	1 971.31	102.72	303.28
	比例/%	42.70	28.14	24.18	1.26	3.72
水域	转移面积/hm ²	277.62	899.63	90.13	4 144.86	151.33
	比例/%	4.99	16.17	1.62	74.50	2.72
建设用地	转移面积/hm ²	440.88	927.53	212.01	239.71	10 225.69
	比例/%	3.66	7.70	1.76	1.99	84.89

峪镇内的荒草地开发是主要因素。耕地的减少主要是城镇开发所导致,对荒草地开发是草地面积减少的主要因素,林地和水域面积的增加主要是国家森林自然保护区的建立和湿地公园的建设。研究期间约有 $3.18 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 的耕地转化为建设用地,主要发生在村落周边,是由村落的更替和扩张引起的。

2.2 1997—2017年生态用地价值转移

从表4可知,1997—2017年泗水县各类生态用地ESV均呈现不同程度的变化,总体来看全县生态用地生态服务总价值呈先减少后增加的趋势,20年间共增长 1.42×10^8 元,增长率为4.31%,年均增长0.22%。林地的ESV最高,占总价值的55.50%,呈持续上升的趋势,水域的ESV共增加 4.78×10^7 元,增幅较小,变化率为8.66%。1997—2007年耕地和草地的ESV呈现不同程度的减少,分别减少 9.25×10^6 、 1.29×10^7 元;水域10年间共增加 3.75×10^6 元,变化幅度最小。2007—2017年,生态系统服务价值增加 1.55×10^8 元,该阶段草地和水域的ESV变化较小,耕地的ESV减少了 1.01×10^8 元,下降幅度较大,但林地的ESV增加

高达 2.27×10^8 元,主要与该时段内林地面积的大幅增长密切相关。同时表明泗水县近年来生态功能逐步好转,退耕还林和生态造林等工程成效显著,森林储蓄量上升促使生态服务价值增加。

从表5可以看出,1997—2017年,除食物生产的ESV减少 1.25×10^7 元外,其他各项生态系统服务功能的ESV均有不同程度的增加。水域和林地的增加导致水源涵养、气体调节和气候调节价值升高,20年间共增加 8.20×10^7 元,同时水源涵养贡献比例最高,价值贡献率为16.48%,另外在泗水县内,森林覆盖率超过35%,巨大的森林覆盖面积为水源涵养提供了基础,同时泗水县内有泗河穿城而过,且县城内有花村水库、贺庄水库、龙湾套水库,极大地提高了水源涵养价值。原材料和生物多样性价值升高主要由于林草地面积增加,扩大了木材供给,并为生物提供了栖息条件。食物生产功能价值的减少主要由于耕地面积的下降,城镇建设用地面积扩张是耕地面积大幅减少的主要因素(表3),此外,研究区位于低山丘陵地带,食物生产能力有限,在未来国土空间规划中,应深入探讨

表4 1997—2017年泗水县各类生态系统服务价值(V_{ES})及其变化
Table 4 Changes of ecosystem service value(V_{ES}) of Sishui County during 1997—2017

土地利用类型 Land use type	$V_{ES}/10^6$ 元			V_{ES} 变化率 V_{ES} change rate/%		
	1997	2007	2017	1997—2007	2007—2017	1997—2017
耕地	877.23	867.98	766.49	-1.05	-11.69	-12.62
林地	1 673.15	1 678.15	1 905.08	0.30	13.52	13.86
草地	188.55	175.69	161.39	-6.82	-8.14	-14.40
水域	551.86	555.61	599.65	0.68	7.93	8.66
建设用地	0	0	0	0	0	0
总和	3 290.79	3 277.43	3 432.61	-0.41	4.73	4.31

表5 泗水县生态用地单项生态服务价值(V_{ES})及其变化
Table 5 Single ecosystem service value(V_{ES}) of the ecological land in Sishui County and its changes

生态系统服务功能 Ecosystem service functions	$V_{ES}/10^6$ 元			1997—2017 V_{ES} 变化 Changes of V_{ES} during 1997—2017		2017年占比 Proportion in 2017/%
	1997	2007	2017	变化量 Variations/ 10^6 元	变化率 Change rate/%	
食物生产	142.72	140.62	130.27	-12.45	-8.72	3.80
原材料	229.42	229.44	248.30	18.88	8.23	7.23
水源涵养	531.04	530.39	565.83	34.79	6.55	16.48
气体调节	377.32	375.71	400.77	23.45	6.21	11.68
气候调节	461.19	459.64	484.99	23.80	5.16	14.13
废物处理	439.49	437.64	444.92	5.43	1.24	12.96
土壤形成与保护	451.85	448.46	460.33	8.48	1.88	13.41
生物多样性	451.07	448.89	473.02	21.95	4.87	13.78
娱乐文化	207.08	206.64	224.19	17.11	8.26	6.53
总和	3 291.18	3 277.43	3 432.62	141.44	4.30	100

泗水县城镇发展边界的划定,加大农村居民点整合力度,守牢耕地保护红线,确保耕地不受威胁,提升耕地生态系统服务价值。

2.3 生态用地分布空间影响因素探测

参考以往学者研究成果^[28-29],基于泗水县区域特点及数据可获取性,在自然因素和社会因素中选取8个与生态用地变化密切相关的变量因子对生态用地演变进行空间探测(图3)。对2017年生态用地布局二值化处理,由于模拟尺度会对土地利用空间格局模拟精度产生一定的影响,故在ArcGIS中利用Conversion Tools工具对各驱动因子进行80 m×80 m、110 m×110 m、140 m×140 m、170 m×170 m、200 m×200 m、230 m×230 m、260 m×260 m、290 m×290 m、320 m×

320 m等9种尺度转换。利用SPSS软件中的Binary Logistic模块回归分析得到各参数,如表6所示,对模拟精度进行ROC分析,最终选取最优尺度140 m×140 m,ROC值为0.758,模拟结果相对较好。最终得出泗水县生态用地空间分布概率与影响因子之间的方程为:

$$\text{Log}\left(\frac{P}{1-P}\right) = -0.002x_1 - 0.107x_2 - 0.058x_3 + 0.032x_4 +$$

$$0.168x_5 + 0.115x_6 - 0.132x_7 - 0.112x_8$$

由表6生态用地空间分布驱动参数可以看出,生态用地分布受河流分布(0.168)、人口密度(-0.132)、到城镇中心距离(0.115)、人均GDP(-0.112)和坡度(-0.107)因素影响较大。研究期间,受城镇化和工业化快速发

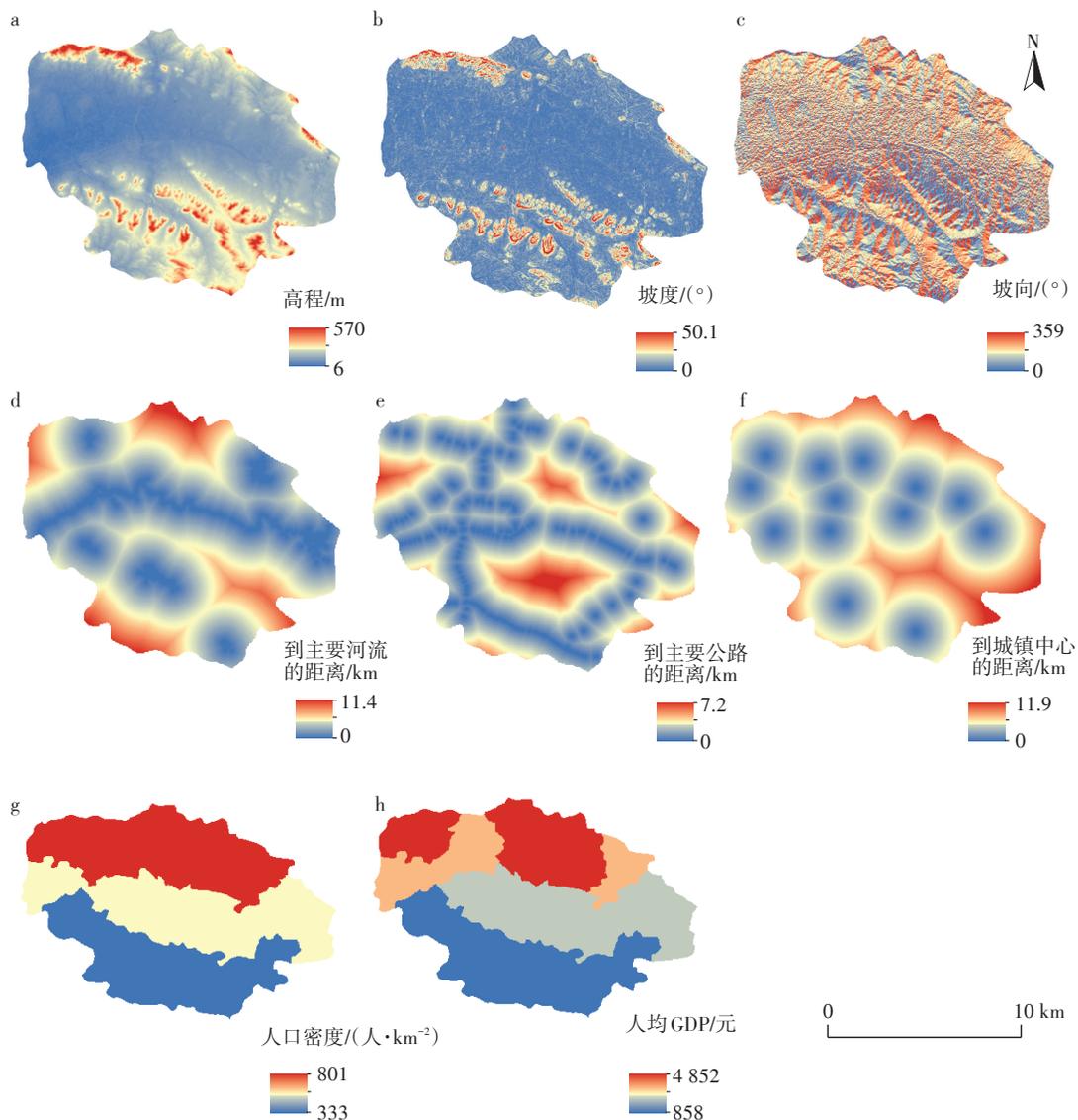


图3 泗水县生态用地变化驱动要素空间分布

Figure 3 Spatial distribution of driving factors for land use changes in Sishui County

表6 生态用地变化的 Logistic 回归模型相关参数

Table 6 Correlation coefficient of logistic regression for change of ecological land

自变量 Independent variable	驱动参数 Drive parameters (β)	标准误差 Standard error	Wals 统计量 Wals statistics	自由度 Degree of freedom (df)	显著性水平 Significance level (P)	发生比率 Occurrence rate
高程	-0.002	0.029	0.020	1	0.007	0.998
坡度	-0.107	0.021	18.431	1	<0.001	0.899
坡向	-0.058	0.019	7.569	1	0.005	0.944
到主要道路的距离	0.032	0.023	1.385	1	0.011	1.032
到主要河流的距离	0.168	0.022	41.269	1	<0.001	1.183
到最近乡镇中心的距离	0.115	0.026	13.298	1	<0.001	1.122
人口密度	-0.132	0.028	20.031	1	<0.001	1.138
人均GDP	-0.112	0.021	19.685	1	<0.001	1.119
常量	-0.328	0.067	18.659	1	<0.001	0.720

展的影响,距离乡镇中心近、坡度小、交通发达、未划定基本农田保护区的区域成为生态用地变化的重点,使得生态用地转变为建设用地。充足的河流水源在一定程度上能够促进周边植被的生长^[30],有利于环境效益的提高。城镇对周边农村居民点分布有一定的聚集作用^[31],在一定程度上促进生态用地的形成。地形地貌为人们提供生存和发展的空间,同时又约束着居民点的扩张,海拔越高、坡度越大的地方越不容易被开发,转变为非生态用地的概率越低。人口密度增长会加快城镇化,带动建设用地的扩张,但是城市中集约土地利用一定程度上有利于生态用地的形成,人均GDP增长与建设用地变化密切相关,经济的快速发展和产业结构调整会加快生态用地向建设用地的转变。

3 讨论

本研究主要从土地利用变化动态模型、Logistic 回归分析等多角度对泗水县生态用地演变过程进行了探讨。目前研究多采用专家知识得出的生态系统服务当量因子,结合当地粮食产量及价格,计算出各个生态系统和单项功能的服务价值,该方法受人为主观因素的干扰小且参数较少、操作容易。部分学者利用GIS空间分析技术分析生态系统服务价值的变化规律,认为生态系统服务总价值的减少主要是由具有较高系数的土地利用面积减少所致^[32-33]。大多数学者仅将土地利用变化动态模型作为自变量来分析生态服务价值变化规律,而空间因素对生态系统服务价值的变化也有重要影响,将 Logistic 回归模型引入探测生态用地类型演变和生态服务价值变化驱动因素的研究中,可以有效克服空间因素变量问题,

一定程度上反映出空间因素对研究区域内生态用地影响程度以及生态用地类型的转换规律,对土地利用变化及生态服务价值响应具有重要意义。

随着生态系统的不断完善以及生态服务理论的发展,生态系统服务功能分类可能会有一定程度的改进;全国范围不同城市的生态系统服务价值计算方法可以在后续研究中做出更加精确的修正,以满足不同的需求导向;由于缺少数据,本研究驱动因素没有考虑气温、日照条件,后期研究应全面考虑驱动因素,进一步提高研究结果的准确性。

4 结论

本研究以鲁南山区泗水县为研究对象,采用动态度、转移矩阵和生态系统服务单位面积价值当量评估等方法,对泗水县1997—2017年生态用地类型变化、生态系统服务价值演变过程进行探讨,并利用 Logistic 回归模型对生态用地变化空间驱动因素进行探测。

(1)1997—2017年,泗水县生态用地面积变化明显,总体呈不断减少趋势。林地面积比例由1997年的26.85%增加到2017年的30.57%,草地面积比例由7.29%减少到6.24%,耕地面积比例由50.11%减少到43.78%,水域面积比例由4.98%增加到5.41%。研究区内呈现“两增两减”的生态用地变化格局。

(2)研究区生态系统服务价值总量先减少后增加,总体呈增加趋势,1997—2017年共增长了 1.42×10^8 元,其中泗水县林地的生态系统服务价值增长最多,其次是水域,而耕地和草地的生态系统服务价值属于减少型,分别减少 1.11×10^8 、 2.72×10^7 元。从各类生态系统服务功能来看,食物生产功能价值呈下降趋势,其他功能价值均有不同程度的增加,其中水

源涵养价值共增加 3.48×10^7 元, 价值贡献率为 16.48%。

(3)通过建立泗水县生态用地变化的 Logistic 回归模型来探讨生态用地变化的驱动因素, 结果表明, 河流分布(0.168)、人口密度(-0.132)、到城镇中心距离(0.115)、人均 GDP(-0.112)和坡度(-0.107)是驱动生态用地变化的主要因素。

参考文献:

- [1] YUAN K Y, LI F, YANG H J, et al. The influence of land use change on ecosystem service value in Shangzhou district[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(8): 241-249.
- [2] MIREN O, LORENA P, BEATRIZ F D M, et al. Land use efficiency through analysis of agrological capacity and ecosystem services in an industrialized region(Biscay, Spain)[J]. *Land Use Policy*, 2018, 78(2): 650-661.
- [3] 朱文博, 张静静, 崔耀平, 等. 基于土地利用变化情景的生态系统碳储量评估——以太行山淇河流域为例[J]. *地理学报*, 2019, 74(3): 446-459. ZHU W B, ZHANG J J, CUI Y P, et al. Assessment of territorial ecosystem carbon storage based on land use change scenario: A case study in Qihe River basin[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(3): 446-459.
- [4] 张琪, 罗格平, 李龙辉, 等. 基于土地利用/覆被变化表征的现代绿洲演变过程——以天山北坡三工河流域为例[J]. *地理学报*, 2016, 71(7): 1157-1171. ZHANG Q, LUO G P, LI L H, et al. Modern oasis evolution analysis based on land-use and land-cover change: A case study in Sangong River basin on the northern slope of Tianshan Mountains[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(7): 1157-1171.
- [5] 梁明, 聂拼, 陆胤昊, 等. 淮南市土地利用程度变化过程的时空演化特征[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(22): 99-106. LIANG M, NIE P, LU Y H, et al. Spatiotemporal evolution characteristics of land use intensity change process of Huainan[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(22): 99-106.
- [6] 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. XIE G D, ZHANG C X, ZHANG L M, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area[J]. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [7] 满苏尔·沙比提, 娜斯曼·那斯尔丁, 阿尔斯朗·马木提. 托木尔峰国家级自然保护区土地利用/覆被生态服务价值变化分析[J]. *地理研究*, 2016, 35(11): 2116-2124. MANSUR S, NASIMA N, ARSLAN M. Analysis on the change of land use/cover ecological service value in Tomur national nature reserve[J]. *Geographical Research*, 2016, 35(11): 2116-2124.
- [8] 赵志刚, 余德, 韩成云, 等. 2008—2016年鄱阳湖生态经济区生态系统服务价值的时空变化研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2017, 26(2): 198-208. ZHAO Z G, YU D, HAN C Y, et al. Study on the spatial and temporal changes in ecosystem services value in Poyang Lake ecological economic zone from 2008—2016[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2017, 26(2): 198-208.
- [9] 邹月, 周忠学. 西安市景观格局演变对生态系统服务价值的影响[J]. *应用生态学报*, 2017, 28(8): 2629-2639. ZOU Y, ZHOU Z X. Impact of landscape pattern change on ecosystem service value of Xi'an City, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2017, 28(8): 2629-2639.
- [10] GROOT R, BRANDER L, PLOEG S, et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units[J]. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 50-61.
- [11] COSTANZA R, GROOT R D, SUTTON P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. *Global Environmental Change*, 2014, 26(1): 152-158.
- [12] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. *资源科学*, 2015, 37(9): 1740-1746. XIE G D, ZHANG C X, ZHANG C S, et al. The value of ecosystem services in China[J]. *Resources Science*, 2015, 37(9): 1740-1746.
- [13] 管青春, 郝晋珉, 石雪洁, 等. 中国生态用地及生态系统服务价值变化研究[J]. *自然资源学报*, 2018, 33(2): 195-207. GUAN Q C, HAO J M, SHI X J, et al. Study on the changes of ecological land and ecosystem service value in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(2): 195-207.
- [14] 徐梦冉, 张燕. 江苏省城市建设用地结构时空演变及驱动力分析[J]. *资源开发与市场*, 2015, 31(10): 1159-1164. XU M R, ZHANG Y. Analysis on changes of construction land structure and driving forces in Jiangsu Province[J]. *Resource Development & Market*, 2015, 31(10): 1159-1164.
- [15] 吕立刚, 周生路, 周兵兵, 等. 1985年以来江苏省土地利用变化对人类活动程度的响应[J]. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(7): 1086-1093. LÜ L G, ZHOU S L, ZHOU B B, et al. Response of land use changes to human activities in Jiangsu Province since 1985[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2015, 24(7): 1086-1093.
- [16] 杨建新, 龚健, 高静, 等. 国家中心城市土地利用变化稳定性和系统性特征——以武汉市为例[J]. *资源科学*, 2019, 41(4): 701-716. YANG J X, GONG J, GAO J, et al. Stationary and systematic characteristics of land use and land cover change in the national central cities of China using intensity analysis: A case study of Wuhan City[J]. *Resources Science*, 2019, 41(4): 701-716.
- [17] 杨庆媛, 毕国华, 陈展图, 等. 喀斯特生态脆弱区休耕地的空间配置研究——以贵州省晴隆县为例[J]. *地理学报*, 2018, 73(11): 2250-2266. YANG Q Y, BI G H, CHEN Z T, et al. Spatial allocation of fallow land in karst rocky desertification areas: A case study in Qinglong County, Guizhou Province[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(11): 2250-2266.
- [18] 李维维, 陈田, 马晓龙. 城市旅游综合体土地利用空间格局演变及驱动机制——以西安曲江为例[J]. *地理研究*, 2019, 38(5): 1103-1118. LI W W, CHEN T, MA X L. Mechanisms and spatial pattern of land use changes of the urban tourism complex: A case study of Qujiang, Xi'an[J]. *Geographical Research*, 2019, 38(5): 1103-1118.
- [19] 樊文平, 王鸿康, 刘红平, 等. 山东省城镇化发展与大气环境耦合

- 协调性研究[J]. 华东经济管理, 2020, 34(3):23-30. FAN W P, WANG H K, LIU H P, et al. Study on coupling coordination degree of urbanization development and atmospheric environment in Shandong Province[J]. *East China Economic Management*, 2020, 34(3):23-30.
- [20] 陈正发, 史东梅, 何伟, 等. 1980—2015年云南坡耕地资源时空分布及演变特征分析[J]. 农业工程学报, 2019, 35(15):256-265. CHEN Z F, SHI D M, HE W, et al. Spatio-temporal distribution and evolution characteristics of slope farmland resources in Yunnan from 1980 to 2015[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(15):256-265.
- [21] 刘斌寅, 赵明松, 卢宏亮, 等. 1985—2015年淮北市土地利用变化特征及其预测研究[J]. 土壤通报, 2019, 50(4):807-814. LIU B Y, ZHAO M S, LU H L, et al. Research on the characteristics and prediction of land use change in Huaibei from 1985 to 2015[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2019, 50(4):807-814.
- [22] CARLUCCI F, CIRÀ A, IOPPOLO G, et al. Logistics and land use planning: An application of the ACIT indicator in European port regions[J]. *Land Use Policy*, 2018, 75:60-69.
- [23] XIE G D, ZHEN L, LU C X, et al. Applying value transfer method for eco-service valuation in China[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2010, 1(1):51-59.
- [24] 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. XIE G D, ZHEN L, LU C X, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(5):911-919.
- [25] 刘永强, 龙花楼, 李加林. 长江中游经济带土地利用转型及其生态服务功能交叉敏感性研究[J]. 地理研究, 2018, 37(5):1009-1022. LIU Y Q, LONG H L, LI J L. Study on the land use transition and its cross-sensitivity of ecological service function in the middle of Yangtze River economic belt[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(5):1009-1022.
- [26] 邢容容, 马安青, 张小伟, 等. 基于 Logistic-CA-Markov 模型的青岛市土地利用变化动态模拟[J]. 水土保持研究, 2014, 21(6):111-114. XING R R, MA A Q, ZHANG X W, et al. Dynamic simulation of land use change in Qingdao City based on Logistic-CA-Markov model[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2014, 21(6):111-114.
- [27] 田媛, 许月卿, 郭洪峰, 等. 基于多分类 Logistic 回归模型的张家口市农用地格局模拟[J]. 资源科学, 2012, 34(8):1493-1499. TIAN Y, XU Y Q, GUO H F, et al. Simulation of farmland use pattern in Zhangjiakou based on multinomial Logistic regression model[J]. *Resources Science*, 2012, 34(8):1493-1499.
- [28] 谢花林. 基于 Logistic 回归模型的区域生态用地演变影响因素分析——以京津冀地区为例[J]. 资源科学, 2011, 33(11):2063-2070. XIE H L. Analysis of regionally ecological land use and its influencing factors based on a Logistic regression model in the Beijing-Tianjin-Hebei region, China[J]. *Resources Science*, 2011, 33(11):2063-2070.
- [29] 吴清婷, 彭贤伟, 简萍, 等. 铜仁市碧江区土地利用变化的时空特征及其驱动因素[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(4):1326-1336. WU Q T, PENG X W, JIAN P, et al. Temporal and spatial characteristics of land use change and its driving factors in Bijiang District of Tongren City[J]. *Science Technology and Engineering*, 2020, 20(4):1326-1336.
- [30] ZHANG Y X, WANG Y K, Fu B, et al. Impact of climatic factors on vegetation dynamics in the upper Yangtze River basin in China[J]. *Journal of Mountain Science*, 2020, 17(4):1235-1250.
- [31] 戴智勇, 杨朝现, 信桂新, 等. 丘陵山区土地利用生态功能评价及结构优化[J]. 生态科学, 2019, 38(4):194-201. DAI Z Y, YANG C X, XIN G X, et al. Ecological function evaluation and structural optimization of land use in hilly mountainous areas[J]. *Ecological Science*, 2019, 38(4):194-201.
- [32] 刘海, 殷杰, 林苗, 等. 基于 GIS 的鄱阳湖流域生态系统服务价值结构变化研究[J]. 生态学报, 2017, 37(8):2575-2587. LIU H, YIN J, LIN M, et al. Sustainable development evaluation of the Poyang Lake basin based on ecological service value and structure analysis[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(8):2575-2587.
- [33] 李怡, 郭力宇, 温豪. 陕西渭北旱塬区土地利用与生态系统服务价值变化——以陇县为例[J]. 水土保持研究, 2019, 26(1):368-373. LI Y, GUO L Y, WEN H. Dynamic changes of land use and ecosystem service values in the arid-high land, north of Weihe River in Shaanxi Province: A case study of the Long County[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2019, 26(1):368-373.