

# 重庆市武陵山区土地利用转型的生态系统服务价值效应

张传华<sup>1</sup>, 周苗<sup>1</sup>, 刘力<sup>1</sup>, 王钟书<sup>2</sup>, 邓炜<sup>1,3</sup>

(1.重庆理工大学管理学院, 重庆 400054; 2.重庆地质矿产研究院, 重庆 400042; 3.重庆铁路投资集团有限公司, 重庆 400025)

**摘要:** [目的] 分析重庆市武隆区土地利用转型的生态系统服务价值(ESV)效应,为武陵山区土地合理利用,资源优化配置,实现保护中开发和生态服务价值最大化提供决策依据。[方法] 以武隆区 2010, 2015, 2020 年 3 期的土地利用数据为数据源,测算武隆区生态服务价值效应,运用土地利用转移矩阵、变化贡献率模型及交叉敏感性系数,分析武隆区土地利用转型对生态系统服务价值损益的时空演变。[结果] ①2020 年武隆区 ESV 空间上呈现高值区集中分布在武隆区中部的仙女山街道和白马镇,低值区集中分布在武隆区东西两侧和中部的土坎镇; ②2010—2020 年武隆区 ESV 总量呈增加趋势; ③2010—2020 年武隆区各用地类型 ESV 变化和变化贡献率排序一致,即:林地>水域>耕地>草地>荒漠; ④草地转换为林地的敏感性系数最高,其他土地利用类型转换为草地时都缺乏敏感性。[结论] 林地和水域面积的增加可大幅提高 ESV 总量,建议农业结构调整时,增加园地和林地面积,严格控制耕地撂荒。

**关键词:** 土地利用转型; 生态系统服务价值; 变化贡献率; 交叉敏感性; 重庆市武隆区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2022)03-0255-08

中图分类号: F301.2

**文献参数:** 张传华, 周苗, 刘力, 等. 重庆市武陵山区土地利用转型的生态系统服务价值效应[J]. 水土保持通报, 2022, 42(3): 255-262. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.03.033; Zhang Chuanhua, Zhou Miao, Liu Li, et al. Effects of land use transition on ecosystem service values in Wulong Mountain region in Chongqing City [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(3): 255-262.

## Effects of Land Use Transition on Ecosystem Service Values in Wulong Mountain Region in Chongqing City

Zhang Chuanhua<sup>1</sup>, Zhou Miao<sup>1</sup>, Liu Li<sup>1</sup>, Wang Zhongshu<sup>2</sup>, Deng Wei<sup>1,3</sup>

(1.College of Management, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China; 2.Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources, Chongqing 400042, China; 3.Chongqing Railway Investment Group Co., Ltd, Chongqing 400025, China)

**Abstract:** [Objective] The effects of land use transition on ecosystem service values (ESV) in the Wulong District were analyzed in order to provide a basis for decision-making regarding rational land use, optimal allocation of resources, development and protection, and maximization of ESV in the Wulong Mountain region. [Methods] Based on land use data for the Wulong District in 2010, 2015, and 2020, the effects of land use transition on ecosystem service values in the Wulong District were calculated. The spatial-temporal changes of land use transition on ecosystem service values were analyzed by using a land use transfer matrix, a change contribution rate model, and a cross-sensitivity coefficient. [Results] ① In 2020, high values of ESV in the Wulong District were concentrated in Xiannvshan Street and Baima Town in the middle of the Wulong District, while the low-value areas were concentrated on the east and west sides of the Wulong District and Tukan Town in the middle. ② From 2010 to 2020, the ESV in the Wulong District showed an

收稿日期: 2021-11-04

修回日期: 2021-12-23

资助项目: 国家社会科学基金西部项目“新时代民族地区农旅融合的精准脱贫效应评价研究”(18XSH017); 重庆市教育委员会人文社会科学项目“乡村振兴战略下重庆农村三产融合与农民可持续生计联动研究”(19SKGH127); 重庆市技术创新与应用发展专项重点项目(cstc2019jcsx-gksb0241, cstc2018jszx-zdyfmxX0022)。

第一作者: 张传华(1978—), 男(汉族), 山东省日照市人, 硕士研究生, 讲师, 主要从事国土资源利用与开发研究。Email: zch2000@cqut.edu.cn。

通信作者: 刘力(1980—), 男(汉族), 重庆市南岸区人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事土地评价与规划。Email: liuli428@cqut.edu.cn。

increasing trend; ③ From 2010 to 2020, ESV change and variation contribution rate of different land use types in the Wulong District consistently followed the order of forest > water > cropland > grassland > desert. ④ The sensitivity coefficient of converting grassland to forest land was the highest, while other land use types were not sensitive to the conversion to grassland. [Conclusion] The increase of forest land and water area can greatly increase the total ESV. We suggest increasing the area of garden land and forest land, and strictly controlling the abandonment of cultivated land during the time when adjustments are made to agricultural practices and structure.

**Keywords:** land use transition; ecosystem service value; variation contribution rate; cross sensitivity; Wulong District of Chongqing City

土地是人类主要社会经济活动和生态的空间载体,人类通过利用土地来实现自身的生存繁衍和发展。由于社会经济发展和革新的需要,某一区域在一定时间段内从某种土地利用形态转变为另一种形态的过程叫土地利用转型。

土地利用转型也是土地利用/覆被变化(LUCC)综合研究的重要途径,土地利用方式的改变会对生物多样性、生态系统生产力以及城乡空间产生影响<sup>[1-3]</sup>,从而影响土地资源的生态系统服务价值(ecosystem service values, ESV)。而生态系统服务价值的大小可以反映区域生态环境的优劣,进而作为表征生态环境质量高低的指标用于衡量地区的生态价值水平。

对区域生态系统服务价值的评估在生态经济学和环境经济学中都较为重要<sup>[4]</sup>。早在 19 世纪 60 年代,Marshall<sup>[5-6]</sup>就对生态系统服务理论展开研究,为之后更深层次的研究奠定了基础。国外学者 Costanza 等<sup>[7]</sup>制定出了适用于区域和全球尺度的生态系统服务价值估算方法,在此基础上,中国学者谢高地<sup>[8]</sup>等对 ESV 相关系数进行修订,计算出符合中国生态系统和社会经济发展状况的生态系统服务价值的基础当量,并被大量学者和研究人员借鉴,用于学术研究和区域生态系统服务价值评估工作。

土地利用转型频繁发生引发了一系列国土空间功能冲突问题,土地生态功能的退化日益显著。因此,研究土地利用转型与生态系统服务价值之间的关系,提出土地资源合理利用和生态价值最大化的措施具有显著意义。当前较多学者主要围绕在生态系统服务价值的提高方式<sup>[9-10]</sup>、城镇化与生态系统服务价值之间的关系<sup>[11-12]</sup>、生态系统服务价值时空演化等<sup>[13-14]</sup>,学者们将土地利用转型与生态系统服务价值相联系,结合特定流域或市域范围分析土地利用变化带来的生态环境效应<sup>[15-17]</sup>。

纵观现有研究,成果丰硕,为本研究奠定了坚实的基础,但当前研究仍存在诸多细微的问题有待拓展:①鲜有学者测算土地利用类型两两间转变的敏

感性系数,忽视了生态系统服务价值的变化实质上是由一种土地利用类型面积的转变及由此产生的另一种土地利用类型面积的变化所引发的现象;②现有研究注重土地利用转型引起的生态系统服务价值总量和空间的变化,而未重视变化贡献率及空间差异。基于此,本研究选取武陵山区生态敏感典型县域重庆市武隆区,利用 2010,2015,2020 年的土地利用转型数据,构建生态系统服务价值变化贡献率模型和交叉敏感性系数,分析近 10 a 武隆区土地利用转型的生态系统服务价值效应,以期为武陵山区土地合理利用,资源优化配置,实现保护中开发和生态服务价值最大化提供借鉴。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

武隆区位于重庆东南部(图 1),东经 107°14′—108°05′,北纬 29°02′—29°40′,处于武陵山与大娄山的结合部,东邻彭水,西接南川和涪陵,南靠贵州道真,北抵丰都,位于重庆“一圈两翼”的渝东南翼,有“渝黔门屏”之称。武隆区土地总面积为  $2.89 \times 10^5$  hm<sup>2</sup>,最低海拔 160 m,最高海拔 2 033 m,全区崇山峻岭,沟壑纵横,自然资源丰富,土壤以紫色土、黄壤土、黄棕壤土和水稻土为主,主要植被为人工林和天然次生林。该区属于亚热带湿润季风气候,全年平均气温 17.4 ℃,年降水量  $1.20 \times 10^3$  mm,年总日照时数 939.0 h。2019 年底,全年地区生产总值突破  $2.10 \times 10^{10}$  元,同比增长 7.2%,其中第一产业增加值为  $2.60 \times 10^5$  元,同比增长 4.6%,第二产业增加值  $7.85 \times 10^5$  元,同比增长 8.3%,第三产业增加值  $1.05 \times 10^6$  元,同比增长 7.00%,人均地区生产总值  $5.96 \times 10^4$  元,年末常住人口  $3.55 \times 10^5$  人,城镇化率达 45.55%。武隆有丰富的旅游资源,包括芙蓉江国家重点风景名胜区、仙女山国家森林公园景区、天生三桥、千里乌江画廊等旅游胜地,被誉为中国西部地质之乡。

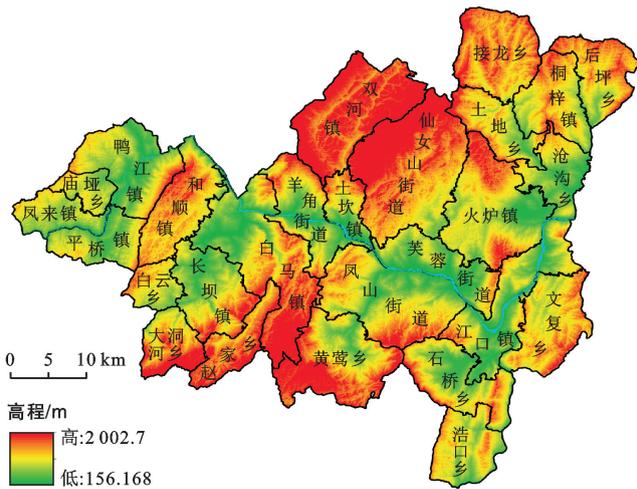


图1 重庆市武隆区地形及政区分布

## 1.2 数据来源预处理

本研究所采用的数据主要包括:①土地利用类型来源于2010,2015,2020年3个时期土地利用遥感监测数据,基于Landsat OLI/ETM影像数据(空间分辨率为 $30\text{ m}\times 30\text{ m}$ )和Google Earth影像数据解译获得,利用ArcGIS软件按照《全国遥感监测土地利用/覆盖分类体系》的标准将原有数据进行重分类,分为耕地、林地、草地、水域、荒漠五大类。②社会经济数据来源于《武隆区统计年鉴》及武隆区国民经济和社会发展统计公报。以上数据获取后,通过ArcGIS 10.2建立空间数据库进行整合,并统一各专题图件的空间投影坐标系(Gauss\_Kruger, CGCS 2000\_3\_Degree\_GK\_Zone\_35),统一栅格数据空间分辨率到 $30\text{ m}\times 30\text{ m}$ 。

## 2 研究方法

### 2.1 土地利用强度

根据黄静等<sup>[18]</sup>,陈茹等<sup>[19]</sup>的研究,按照土地利用类型自然状态被人为干扰的程度,将土地利用理想状态划分为4种土地利用级,等级越高代表受人为干扰的程度越高:I级为未利用地;II级为林地、草地和水域;III级为耕地;IV级为建设用地,其强度分级指数分别赋值为1,2,3,4。按照各自占据不同的面积比例贡献于土地利用强度综合指数,计算公式如下:

$$L = \sum_{i=1}^n (G_i \times A_i) \times 100\% \quad (1)$$

式中: $L$ 是土地利用强度综合指数; $G_i$ 表示第 $i$ 种土地利用类型的强度分级指数; $A_i$ 表示第 $i$ 种土地利用类型面积占土地总面积的比例。

### 2.2 生态系统服务价值

本文以土地利用现状地类为基础,依据Costanza

等<sup>[20]</sup>和谢高地等<sup>[8]</sup>确定的生态系统服务价值系数,参考相关单位面积生态服务价值当量的研究成果<sup>[21]</sup>,并结合实际情况选择与归并地类,最终确定了武隆区单位面积生态系统服务价值量表(表1)。生态系统服务价值评价方法采用单位面积当量法,计算公式如下:

$$ESV = \sum_{i=1}^n (M_i \times N_{ij}) \quad (2)$$

式中:ESV是生态服务价值; $M_i$ 表示第 $i$ 类生态系统面积; $N_{ij}$ 表示 $i$ 类生态系统 $j$ 种生态服务功能单位面积生态服务价值。

表1 武隆区单位面积生态系统服务价值量 元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )

生态系统类别	供给服务	调节服务	支持服务	文化服务
耕地	4 326.26	4 769.11	4 340.33	204.39
林地	4 735.05	50 688.74	19 348.92	3 883.41
草地	2 486.75	25 105.91	9 436.02	1 907.64
水域	31 748.14	377 610.50	12 093.09	6 438.29
荒漠	0	510.98	136.26	34.07

### 2.3 生态系统服务价值变化贡献率模型

2010—2020年武隆区生态系统服务价值的变化差异比较大,变化贡献率表示不同土地利用类型ESV的变化量在一段时间内对总的ESV变化量影响的大小,从而揭示出对区域ESV变化起主要影响的贡献因子和敏感因子<sup>[22]</sup>。因此本研究结合表1划分的生态系统类别,引入变化贡献率对不同土地利用类型进行分析<sup>[23]</sup>。

$$ESV_{ab} = \frac{|ESV_{ib} - ESV_{ia}|}{\sum_{i=1}^n |ESV_{ib} - ESV_{ia}|} \times 100\% \quad (3)$$

式中: $ESV_{ab}$ 是变化贡献率; $ESV_{ia}$ 和 $ESV_{ib}$ 分别是研究期开始和结束时生态系统服务价值。

### 2.4 交叉敏感性系数

由于一种土地利用类型的转变必然引起另一种土地利用类型面积的变化,因此生态系统服务价值的变化是由某一土地利用类型面积的变化及由此产生的另一种土地利用类型面积的变化所引发的一种综合响应<sup>[24]</sup>。在借鉴已有研究的基础上<sup>[25]</sup>,本研究采用交叉敏感性系数测算武隆区各类土地利用类型之间转换的敏感性。

$$CCS_{kl} = \frac{\Delta ESV / ESV_i}{\Delta A / (A_k + A_l) / 2} \quad (4)$$

式中: $A_k$ 是土地利用类型 $k$ 的初始面积; $A_l$ 是土地利用类型 $l$ 的初始面积; $\Delta A$ 是转换的面积; $\Delta ESV$ 是变化的生态系统服务价值。

### 3 结果与分析

#### 3.1 武隆区土地利用转型分析

3.1.1 土地利用变化时空格局 如图 2 所示,到 2020 年,武隆区总面积为  $2.89 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,各土地利用类型中林地面积最大,为  $2.14 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,占土地总面积的 74.17%;耕地面积为  $5.68 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占土地总面积的 19.64%;水域主要是贯穿武隆东西的乌江和东南部的江口电站水库,面积较少,为  $4.22 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,占土地总面积的 1.46%;荒漠主要是建设用地,集中在乌江沿岸和仙女山街道,面积为  $1.26 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占土地总面积的 4.37%;草地面积最小,仅有  $1.02 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,占土地总面积的 0.35%。由于武隆区山脉较多,地势起伏大,缺少大面积的平缓地带,导致耕地和草地呈零散式分布,难以集中成片。

3.1.2 土地利用转型分析 为了进一步探讨各地类之间的转换,采用 ArcGIS 软件的空间分析功能将 2010,2015,2020 年 3 期土地利用数据进行叠加分析,获得了 3 期土地利用类型转换的数据(表 2)。

到 2020 年,武隆区耕地和草地面积减少幅度较大,水域和荒漠面积有所增加。这说明该区近几年随着经济的发展,武隆区的城镇建设用地需求不断增加,土地开发利用的强度有所提高,土地后备资源有所减少。

2010—2020 年期间,耕地转其他类型的面积为  $2.59 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,其他类型转为耕地的面积为  $9.55 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,耕地面积减少了  $1.63 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,主要转为林地和荒漠;林地转为其他类型的面积为  $1.18 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,其他类型转为林地的面积为  $2.54 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,林地面积增加了  $1.36 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,主要来源于耕地和荒漠;草地转为其他类型的有  $1.12 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,其他类型转为草地的有  $5.07 \times 10^2 \text{ hm}^2$ ,草地减少了  $6.12 \times 10^2 \text{ hm}^2$ ,主要转为林地;水域转为其他类型的面积为  $6.08 \times 10^2 \text{ hm}^2$ ,其他类型转为水域的面积为  $1.46 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,水域增加了  $8.52 \times 10^2 \text{ hm}^2$ ,主要来源于林地和耕地;荒漠转为其他类型的面积有  $4.46 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,其他类型转为荒漠的面积有  $6.89 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,荒漠增加了  $2.43 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,主要来源于耕地和林地。

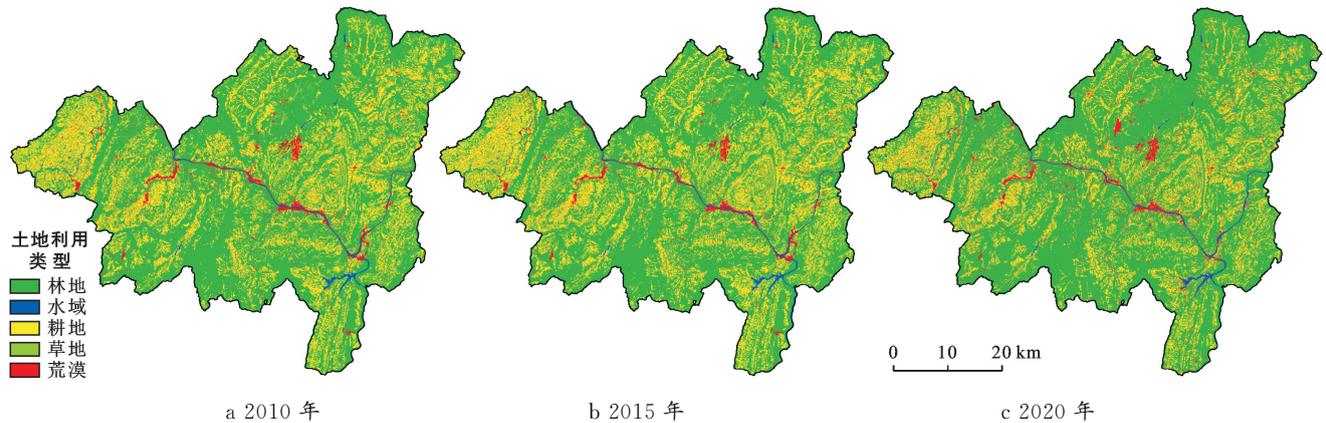


图 2 2010,2015,2020 年武隆区土地利用状况

表 2 2010—2020 年武隆区土地利用变化矩阵

项目	2020 年					合计
	耕地	林地	草地	水域	荒漠	
2010 年						
耕地	47 216.63	21 886.15	156.04	461.54	3 364.85	73 085.21
林地	7 627.19	188 868.36	267.89	697.70	3 203.82	200 664.96
草地	59.45	963.89	515.69	3.45	92.64	1 635.12
水域	102.52	273.13	2.69	2 759.01	229.50	3 366.85
荒漠	1 757.37	2 322.26	80.40	297.18	5 738.14	10 195.35
合计	56 763.16	214 313.80	1 022.70	4 218.88	12 628.95	288 947.49

研究区内林地和耕地的面积占比最大,且大部分耕地转变为林地,退耕还林的生态保护措施得到了有效落实,说明武隆区在城镇化建设中,也兼顾了生态环境的保护。

#### 3.2 武隆区生态系统服务价值时空变化分析

3.2.1 生态系统服务价值总量变化分析 由公式(2)分别计算出 2010,2015,2020 年武隆区各乡镇的生态系统服务价值总量。武隆区 2010,2015,2020 年的生



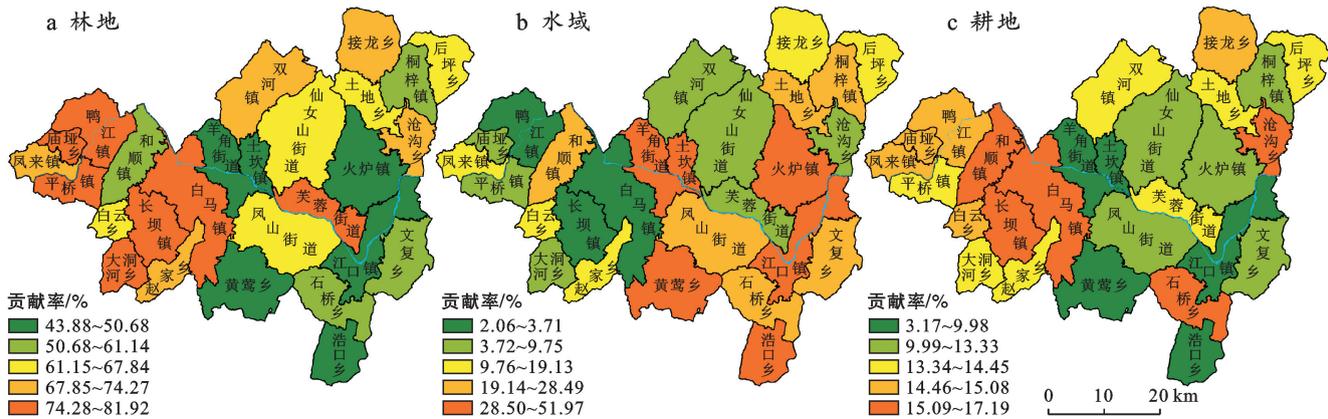


图 4 2010—2020 年武隆区各类型用地生态系统服务价值(ESV)变化贡献率

由图 5 可知,草地与耕地、林地之间的转换敏感性十分显著,其中草地转换为林地时的敏感性与其余土地利用类型之间的敏感性相比处于断层式第一,说明草地与林地之间面积的转化会使生态系统服务价值产生较大幅度的变化。水域向耕地、林地的转换以及荒漠向林地转换的敏感性系数也处于较高水平,敏感性系数都大于 10。荒漠转换为耕地、草地转换为水域和荒漠、水域转换为荒漠这几个类型的转换敏感性系数都处于 1~5 之间。所有土地利用类型转换为草地时的敏感性系数都小于 1,表明这些类型之间的转化缺乏敏感性,生态系统服务价值的变化受其转换的影响较小。总体上,除了草地转换为耕地和水域转换为林地这两种转换类型在 2010—2015 年和 2015—2020 年两期间的敏感性系数相比差距较大,其余类型间转换的敏感性系数在这两期都相差无几。

## 4 讨论与结论

### 4.1 结论

本研究以武隆区 3 期土地利用数据为研究对象,通过对生态系统服务价值的时空变化、土地利用转型对生态系统服务价值的变化贡献率以及交叉敏感性分析。

(1) 从总量上看,2010—2020 年武隆区 ESV 总量呈增加趋势,各用地类型 ESV 中:林地>水域>耕地>草地>荒漠。

(2) 从时序上看,2010—2020 年林地和水域的 ESV 增加,耕地和草地的 ESV 减少;林地、水域和耕地是武隆区生态系统服务价值变化的主要贡献因子和敏感因子。归结于武隆地区对生态资源的不断重视,致力于推进文旅融合发展,着重建设绿色创新发展,强调人与自然的和谐,既利于打造山清水秀美丽之地,又有助于推进经济的可持续增长,实现了发展

与保护的双赢。

(3) 从空间上看,2020 年 ESV 高值区( $1.30 \times 10^9 \sim 1.55 \times 10^9$  元)主要分布在武隆中部,其中仙女山街道  $1.55 \times 10^9$  元,白马镇  $1.51 \times 10^9$  元,ESV 低值区( $1.74 \times 10^8 \sim 5.00 \times 10^8$  元)主要分布在武隆西部地区的庙埡乡、风来镇、平桥镇、白云乡、大洞河乡、赵家乡,以及中部的土坎镇和东部的沧沟乡,其中庙埡乡的 ESV 最低,仅  $1.74 \times 10^8$  元。

(4) 从交叉敏感性上看,草地转换为林地的敏感性系数最高,水域向耕地、林地的转换以及荒漠向林地转换的敏感性系数均大于 10,而其他土地利用类型转换为草地时缺乏敏感性。

### 4.2 讨论

本研究引入生态系统服务价值变化贡献率模型,有效揭示出引起生态服务价值变化的主要贡献因子和敏感因子,能够就区域用地转变与生态服务价值展开更深层次的探究,改变了现有关于生态系统服务价值通过修正当量因子表和 ESV 计算公式测算区域生态系统服务价值及其变化的研究范式。

本研究引入交叉敏感性系数测算和分析生态系统服务价值对土地利用类型变化所表现的敏感程度,是对传统敏感性系数的修正和进一步应用。传统敏感性系数反映的是一定区域内生态系统服务价值随时间变化对单位面积生态系统服务价值当量的依赖程度,用来表征某一种土地利用类型的变化对单位面积生态系统服务价值所表现的弹性,其结果并不能反映生态系统服务价值对土地利用类型变化的响应程度。而土地利用类型的转变通常是双向的,即一种地类的变化必然导致其他地类的转变。生态系统服务价值变化的实质就是由一种土地利用类型的变化及由此产生的其他用地类型的变化所引发的综合反映,即各地类间的净转换。

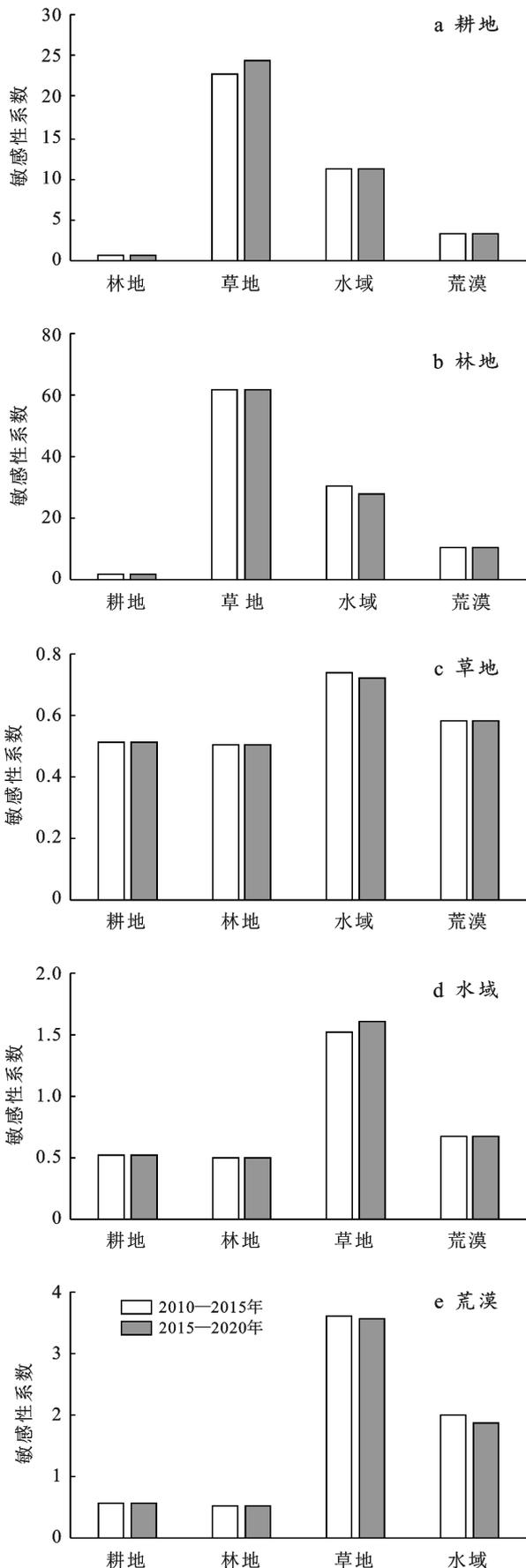


图5 武陵区生态系统服务价值交叉敏感性系数

本研究引入生态系统服务价值变化贡献率模型和交叉敏感性系数,定量分析武隆区生态系统服务价值对土地利用变化的敏感程度,揭示引发区域生态系统服务价值变化的主要因子,探究武隆区土地利用转型的生态系统服务价值效应,为地方决策提供了有力的科学依据。

本研究存在的不足。受数据可获取性的限制,本文构建的生态系统服务价值、变化贡献率及敏感性测度指标体系没有考虑城乡在生态环境基础、土地利用结构以及社会经济活动等方面的细微差异,简单地以乡镇为评价单元进行评估,与精细评估还存在一定差距。此外,在今后的研究中,还有必要进一步细化评估单元到栅格,加强部门间基础数据的共享和对接,创新数据整合方式和方法,突破行政界限和城乡壁垒,分析评估对象的连续性变化特征和细微空间差异,为生态安全预警、生态红线划定以及土地政策精准落地提供参考。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 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.
- [2] 刘永强,廖柳文,龙花楼,等.土地利用转型的生态系统服务价值效应分析:以湖南省为例[J].地理研究,2015,34(4):691-700.
- [3] 张蕾,刘格格,魏俊青,等.“三生用地”转型的生态系统服务价值效应:以营口市为例[J].生态学杂志,2019,38(3):838-846.
- [4] 刘桂林,张落成,张倩.长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响[J].生态学报,2014,34(12):3311-3319.
- [5] 何毅,唐湘玲,代俊峰.漓江流域生态系统服务价值最大化的土地利用结构优化[J].生态学报,2021,41(13):5214-5222.
- [6] Tilman D, Fargione J, Wolff B, et al. Forecasting agriculturally driven global environmental change [J]. Science, 2001,292(5515):281-284.
- [7] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Ecological Economics, 1998,25(1):3-15.
- [8] 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.
- [9] 刘兆顺,李淑杰.基于生态系统服务价值的土地利用结构优化:以重庆万州为例[J].长江流域资源与环境,2009,18(7):646-651.
- [10] 赵阳,张艺,涂志华,等.基于生态服务价值的多目标水源地土地利用结构优化[J].中国环境科学,2014,34(1):232-238.

- [11] 白玉梅,韩会庆,马淑亮,等.城镇化与生态系统服务价值耦合协调关系研究:以贵州贵阳为例[J].安顺学院学报,2020,22(3):133-136.
- [12] 渠玉莲,郭宗逵.南京市城市化与土地生态系统服务耦合度分析[J].安徽农业大学学报,2016,43(4):576-581.
- [13] 蒋明卓,李殿生,苏欢.快速城市化地区生态系统服务价值演化及空间自相关特征分析:以河南省洛阳市为例[J].林业经济,2020,42(7):51-61.
- [14] 朱增云,阿里木江·卡斯木.干旱区绿洲城市生态系统服务价值空间自相关格局分析与模拟[J].生态与农村环境学报,2019,35(12):1531-1540.
- [15] 阿依吐尔逊·沙木西,刘新平,祖丽菲娅·买买提,等.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[J].农业资源与环境学报,2019,36(2):149-159.
- [16] 胡先培,吴帮雄.喀斯特小流域土地利用转型对生态系统服务价值的影响[J].贵州科学,2020,38(6):49-57.
- [17] 王权,李阳兵,黄娟,等.喀斯特槽谷区土地利用转型过程对生态系统服务价值的影响[J].水土保持研究,2019,26(3):192-198.
- [18] 黄静,崔胜辉,李方一,等.厦门市土地利用变化下的生态敏感性[J].生态学报,2011,31(24):7441-7449.
- [19] 陈茹,闫桂焕,吴克宁,等.十个典型县域的生态敏感性研究[J].湖北农业科学,2019,58(20):42-46.
- [20] Costanza R, de Groot R, Sutton P, et al. Changes in the global value of ecosystem services [J]. *Global Environmental Change*, 2014,26:152-158.
- [21] 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.
- [22] 朱利英,魏源送,王春荣,等.1980—2015年北运河流域土地利用时空变异及其对生态服务价值的影响[J].环境科学学报,2021,41(1):301-310.
- [23] 杨鑫荣,伍格致,关欣,等.以林地为主的土地利用类型对生态系统服务功能影响研究:以长沙市岳麓区莲花镇为例[J].中南林业科技大学学报,2015,35(3):107-111.
- [24] 普拉提·莫合塔尔,海米提·依米提.土地利用变化下的生态系统服务敏感性研究:以克里雅绿洲为例[J].自然资源学报,2014,29(11):1849-1858.
- [25] 董会忠,姚孟超.成渝经济区土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J].水土保持通报,2020,40(1):213-220.
- [26] 张帅,汪洋,安沙舟.典型内陆盆地生态系统服务价值对土地利用变化的响应[J].新疆农业科学,2021,58(4):766-777.

(上接第 254 页)

- [20] 冉娜,金晓斌,范业婷,等.基于土地利用冲突识别与协调的“三线”划定方法研究:以常州市金坛区为例[J].资源科学,2018,40(2):284-298.
- [21] 吴蒙,周冯琦,程进.基于生态系统服务的快速城市化地区空间冲突测度及时空演变特征[J].中国人口·资源与环境,2021,31(5):12-20.
- [22] 官冬杰,陈婷,和秀娟,等.三峡库区(重庆段)土地利用空间冲突类型识别及驱动机制研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2019,38(2):65-71.
- [23] 陈竹安,冯祥瑞,洪志强,等.南昌市土地利用的空间冲突风险评估及分区优化研究:基于“三生空间”视角[J].世界地理研究,2021,30(3):533-545.
- [24] 赵旭,汤峰,张蓬涛,等.基于 CLUE-S 模型的县域生产—生活—生态空间冲突动态模拟及特征分析[J].生态学报,2019,39(16):5897-5908.
- [25] Karimi A, Hockings M. A social-ecological approach to land-use conflict to inform regional and conservation planning and management [J]. *Landscape Ecology*, 2018,33(5):691-710.
- [26] 徐建春,周国锋,徐之寒,等.城市雾霾管控:土地利用空间冲突与城市风道[J].中国土地科学,2015,29(10):49-56.
- [27] 戴智勇,杨朝现,信桂新,等.丘陵山区土地利用冲突评价及调控优化[J].西南大学学报(自然科学版),2019,41(11):82-91.
- [28] 胡其玉,陈松林.基于生态系统服务供需的厦漳泉地区生态网络空间优化[J].自然资源学报,2021,36(2):342-355.
- [29] 刘继来,刘彦随,李裕瑞.中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J].地理学报,2017,72(7):1290-1304.
- [30] 畅田颖,张仲伍,乔旭宁,等.黄河流域 2000—2020 年“三生”空间土地利用转型及其生态环境效应[J].水土保持通报,2021,41(4):268-275.
- [31] 尹昌霞,马仁锋,毛菁旭.滨海地区三生空间冲突的时空评测及优化[J].上海国土资源,2021,42(2):78-84.
- [32] 廖李红,戴文远,陈娟,等.平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析[J].资源科学,2017,39(10):1823-1833.
- [33] 康紫薇,张正勇,位宏,等.基于土地利用变化的玛纳斯河流域景观生态风险评价[J].生态学报,2020,40(18):6472-6485.