

# 基于时空演变的渭河流域陕西段生态服务价值及区间补偿关系研究

王浩东<sup>1</sup>, 汪妮<sup>1,2</sup>, 汪泉熹<sup>1</sup>

(1.西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048;

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)

**摘要:** [目的] 对渭河流域陕西段生态服务价值及区间补偿关系进行研究, 为促进区域生态经济协同发展及生态环境建设提供理论指导。[方法] 基于渭河流域陕西段土地利用数据, 通过土地利用动态度、当量因子法和重心模型法对生态系统服务价值(ESV)及其空间分布和时空演变情况进行研究, 并结合优先级进行补偿关系分析。[结果] ① 在退耕还林工程和城市化快速推进的影响下, 空间数量上耕地的减少与建设用地的增加比较明显, 其中建设用地单一动态度达到了 5.94%, 表现最为活跃; 演变程度上草地、水体和其他用地更加剧烈。② 渭河流域陕西段 ESV 从 562.07 亿元减少为 516.21 亿元, 下降幅度超过 8%, 其中水资源供给和水文调节等功能服务价值降低, 林地的增加使气候调节和土壤保持等功能服务价值上升; 空间分布上 ESV 呈现“中间低四周高”的格局; 建设用地重心迁移和标准差椭圆体现出其具有东北方向移动趋势且区域范围持续扩大。[结论] 周至县和太白县为优先受偿区, 蓝田县、陇县和凤县为次级受偿区, 应及时获得补偿来保证生态质量; 雁塔区等 11 个地区为补偿区, 应提供补偿资金来以维持整体生态建设。

**关键词:** 生态服务价值; 土地利用变化; 生态补偿优先级; 补偿关系; 渭河流域; 陕西段

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2022)06-0304-08

**中图分类号:** X321

**文献参数:** 王浩东, 汪妮, 汪泉熹. 基于时空演变的渭河流域陕西段生态服务价值及区间补偿关系研究 [J]. 水土保持通报, 2022, 42(6): 304-311. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20220704.001; Wang Haodong, Wang Ni, Wang Quanxi. Relationship between ecological service value and interval compensation in Shaanxi section of Weihe River basin based on temporal and spatial evolution [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(6): 304-311.

## Relationship Between Ecological Service Value and Interval Compensation in Shaanxi Section of Weihe River Basin Based on Temporal and Spatial Evolution

Wang Haodong<sup>1</sup>, Wang Ni<sup>1,2</sup>, Wang Quanxi<sup>1</sup>

(1. Institute of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of

Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China; 2. State Key Laboratory of Eco-hydrologic

Engineering in Northwest Arid Region, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

**Abstract:** [Objective] The ecological service value and interval compensation relationship of Shaanxi section of Weihe River basin were studied in order to provide theoretical guidance for promoting the coordinated development of regional ecological economy and ecological environment construction. [Methods] Based on the land use data of Shaanxi section of Weihe River basin, the ecosystem service value (ESV) and its spatial distribution and spatio-temporal evolution were studied by using land use dynamics, equivalent factor method and barycenter model method, and the compensation relationship was analyzed with priority. [Results] ① Under the influence of the project of returning farmland to forest and the rapid progress of urbanization,

收稿日期: 2022-02-22

修回日期: 2022-04-26

资助项目: 国家自然科学基金项目“基于新规划制经济学理论的沙地治理利用生态补偿及其动态适应性机制研究”(51979221); 陕西省自然科学基金基础研究计划项目“引汉济渭工程运行中的利益冲突与补偿应对机制研究”(2021JLM-45)

第一作者: 王浩东(1997—), 男(汉族), 安徽省池州市人, 硕士研究生, 研究方向为水文学及水资源方面的研究工作。Email: 1347682668@qq.com。

通讯作者: 汪妮(1974—), 女(汉族), 陕西省西安市人, 博士, 教授, 主要从事水文学及水资源、水信息化等方面研究。Email: wangni@xaut.edu.cn。

the reduction of cultivated land and the increase of construction land in spatial quantity were obvious, among which the single dynamic degree of construction land reached 5.94%, which was most active; The grassland, water body and other land use were more intense in the degree of evolution. ② The ESV in Shaanxi section of the Weihe River basin decreased from 56.207 billion yuan to 51.621 billion yuan, a decrease of more than 8%. Among them, the value of functional services such as water supply and hydrological regulation decreased, and the increase of forest land increased the value of functional services such as climate regulation and soil conservation; The spatial distribution of ESV showed a pattern of “low in the middle and high around”; The shift of the center of gravity and the standard deviation ellipse of the construction land reflect that it has the trend of moving in the northeast direction and the regional scope continues to expand. [Conclusion] Zhouzhi County and Taibai County were the priority compensation areas. Lantian County, Long County and Feng County were the secondary compensation areas, and compensation should be obtained in time to ensure ecological quality. Yanta District and 11 other regions were compensation areas, and compensation funds should be provided to maintain the overall ecological construction.

**Keywords: ecological service value; land use change; priority of ecological compensation; the compensation relationship; Weihe River basin; Shaanxi section**

生态系统服务是指对人们生活和发展趋势有重大影响并可以从中获益的一系列自然环境标准和产品<sup>[1]</sup>。土地利用既作为生态全过程的媒介,也是人类活动对生态自然环境的重要影响途径;土地利用的转变不但会影响生态系统种类、总面积尺寸以及空间布局特点的变化,并且对水循环和大气循环等生态全过程有着不可分割的作用。因此量化分析生态系统服务价值不仅可以更好地探究土地利用演变对生态系统的作用,并且也是维护生态自然环境、划分生态功能区 and 明确生态补偿政策的重要依据。

生态补偿的实质是生态服务作用的受益者对有关服务提供者付款的行为。在生态系统服务价值评估层面,国外 Tilman<sup>[2]</sup>, Trimble<sup>[3]</sup>, Sliva<sup>[4]</sup> 和 Dobbs 等<sup>[5]</sup> 学者开展了很多研究和实证分析,包含田地、草地、森林和湿地等生态系统。国内高振斌等<sup>[6]</sup> 开展了基于生态系统服务的生态补偿理论与实证分析,探讨区域生态补偿的优先范围和补偿程度大小,评估生态系统服务所产生的各方面价值,不但可为拟定生态补偿价格给予参考,还能够为当地政府制订相应的补偿政策予以基础理论支持和精确科学论证依据<sup>[7]</sup>; 刘焕才<sup>[8]</sup>、王可心<sup>[9]</sup>、王女杰等<sup>[10]</sup> 学者也各自从国家、流域和省域尺度分别对生态系统服务价值进行了探讨,深入研究了用地变化对其影响。综上所述,目前对生态系统服务价值的探讨较多体现在某一地区或某一生态系统的土地利用变化对其影响,而对建设用地飞速变化下的生态服务价值以及将生态服务价值应用于生态补偿的理论研究仍然较少。因此本文在考虑生态服务价值时空演变的同时,既分析了建设用地变化情况,又将生态服务价值与生态补偿理论相结合,对区间补偿关系进行了探讨研究。近年来渭河流域

城市化进程加快,流域植被遭受破坏,水土流失加剧。为此,本文选择对渭河流域陕西段生态服务价值进行探究,从而计算出各县(市)的生态补偿优先级,将各行政区域间生态补偿的迫切性进行量化,为提升生态经济协同发展提供理论依据。

## 1 研究区概况和数据来源

渭河发源于甘肃省渭源县,流经甘肃、宁夏和陕西三省(区)<sup>[11]</sup>。渭河作为黄河最大的一级支流,不但为下游关中平原给予了巨大灌溉水量,还承担着维持西北地区社会经济良好发展的作用,在区域和国家层面上都发挥着关键力量。渭河流域陕西段由陕西境内渭河干流和各支流组成,为大陆性季风气候,流域面积为  $6.24 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占渭河流域总面积的 46.29%, 包括西安等 7 市 1 区的全部或部分<sup>[12]</sup>。本文以渭河流域陕西段为研究区域,选择西安、咸阳、宝鸡和渭南 4 市 50 县作为研究对象进行生态服务价值计算和补偿关系分析。

本文采用的数据资料来源于 Golobeland(全球 30 m 地表覆盖数据集),共包括 2000, 2010 和 2020 年 3 期土地利用数据,其中土地资源数据在参考中国科学院土地分类系统的同时,进一步结合陕西省生态系统特点,对其进行了重新合并分类(图 1)。

## 2 研究方法

### 2.1 土地利用变化指标

(1) 单一土地利用动态度表示研究期内土地利用类型数量的转变情况,其计算公式<sup>[13]</sup>为:

$$K_i = \frac{A_{(i,t_2)} - A_{(i,t_1)}}{tA_{(i,t_1)}} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $K_i$  为第  $i$  类土地类型的单一土地利用动态度； $A_{(i,t_1)}$  为第  $i$  类土地类型初始面积； $A_{(i,t_2)}$  为第  $i$  类土地类型最终面积； $t$  为研究期。

(2) 空间动态度表示在空间发展过程中土地利用动态变化的强度,其计算表达式<sup>[14]</sup>为:

$$K'_i = \frac{\{[A_{(i,2)} - A_{1i}]\} + [A_{(i,t_1)} - A_{1i}]}{tA_{(i,t_1)}} \times 100\% \quad (2)$$

式中： $K'_i$  为第  $i$  类土地类型的空间动态度； $A_{1i}$  为第  $i$  类土地类型未转变的面积； $A_{(i,t_1)} - A_{1i}$  为转移的面积； $A_{(i,2)} - A_{1i}$  为新增的面积。

2.2 生态系统服务价值测算

2.2.1 确定生态系统服务价值当量因子 本文以 Costanza 等<sup>[15]</sup>对生态服务价值的研究为基础,将服务价值分为市场价值和非市场价值;参照谢高地<sup>[16]</sup>的研究,创建了生态系统服务价值当量因子表,其中当量因子指的是不同类型系统对生态服务价值的潜在贡献能力<sup>[17]</sup>。选取陕西省 2000—2020 年水稻、小麦和玉米作为主要农作物进行统计,由公式(3)可知渭河流域陕西段 ESV 当量因子的经济价值为 1 797 元/hm<sup>2</sup>。

$$E_a = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^n \frac{m_i p_i q_i}{M} \quad (3)$$

式中： $E_a$  为生产服务功能的经济价值； $m_i$  为第  $i$  种农作物的播种面积； $p_i$  为第  $i$  种农作物的平均价格； $q_i$  为第  $i$  种农作物平均产量； $M$  为所有农作物的总播种面积。

2.2.2 计算生态系统服务价值 根据生产服务功能的经济价值,计算获得各生态系统的基准价值(表 1),计算公式<sup>[18]</sup>为:

$$VC_{ij} = e_{ij} E_a \quad (4)$$

式中： $VC_{ij}$  为第  $i$  种生态系统中第  $j$  种生态服务功能的系数(元/hm<sup>2</sup>)； $e_{ij}$  为第  $i$  种生态系统中第  $j$  种生

态服务功能相对于农田给予生产的生态服务功能。本文的生态系统为耕地、林地、草地、水体、建设用地和其他用地 6 种。

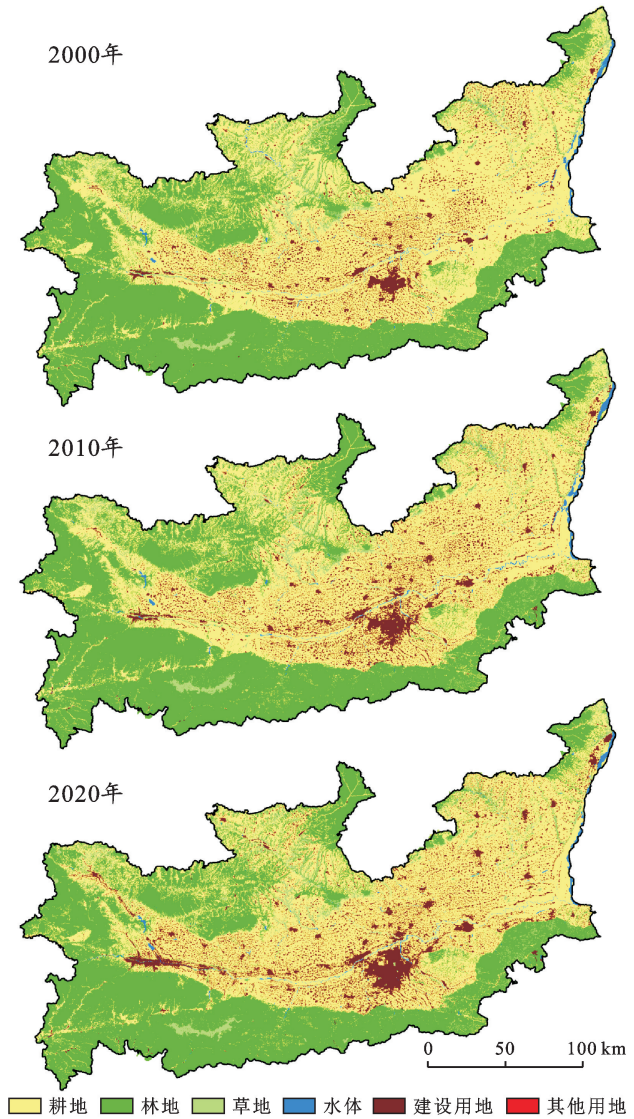


图 1 渭河流域陕西段各年份土地利用类型

表 1 渭河流域陕西段生态服务价值							元/hm <sup>2</sup>
生态系统服务		耕 地	林 地	草 地	水 体	其他用地	建设用地
市场 价值	食物生产	772.79	269.58	341.46	736.84	89.86	17.97
	供给服务						
	原料生产	359.44	611.04	521.18	215.66	125.80	0
非 市 场 价 值	水资源供给	17.97	305.52	287.55	7 602.07	71.89	—13 496.82
	气体调节	611.04	1 994.87	1 797.18	700.90	467.27	—4 349.18
	气候调节	323.49	5 966.64	4 780.50	2 102.70	1 222.08	0
	水文调节	251.61	4 349.18	3 504.50	93 704.97	898.59	0
	净化环境	89.86	1 761.24	1 581.52	5 086.02	395.38	—4 421.06
	土壤保持	952.51	2 426.19	2 192.56	844.67	575.10	35.94
	支持服务						
	维持循环	107.83	179.72	161.75	71.89	53.92	0
	生物多样性	125.80	2 210.53	1 994.87	2 336.33	521.18	611.04
	文化服务						
	美学景观	53.92	880.62	1 725.29	17.97		53.92
合 计		3 666.26	21 044.99	18 043.69	115 127.34	4 654.7	—21 584.14

根据各类生态系统面积和各生态服务价值表可得渭河流域陕西段 ESV,计算公式为:

$$ESV=A_j \cdot VC_{ij} \tag{5}$$

式中:ESV 表示生态系统服务功能总价值(元); $A_j$  为土地利用类型的面积( $\text{hm}^2$ )。

2.3 重心模型

区域内各研究要素在空间上呈现不同的分布特点,重心模型根据测算各要素的重心点与标准间距,通过标准差椭圆展现其聚集特征和运动规律。计算公式<sup>[19]</sup>分别为:

$$\bar{X}=\sum_{i=1}^n M_i X_i / \sum_{i=1}^n M_i \tag{6}$$

$$\bar{Y}=\sum_{i=1}^n M_i Y_i / \sum_{i=1}^n M_i \tag{7}$$

式中: $\bar{X}, \bar{Y}$  为初始阶段的重心坐标; $M_i$  为第  $i$  个空间单元的要素面积; $X_i, Y_i$  表示第  $i$  个空间单元的重心坐标。

$$X_{T+1}=\sum_{i=1}^n N_i X_{i,T} / \sum_{i=1}^n N_i \tag{8}$$

$$Y_{T+1}=\sum_{i=1}^n N_i Y_{i,T} / \sum_{i=1}^n N_i \tag{9}$$

式中: $X_{T+1}, Y_{T+1}$  表示结束阶段的重心坐标; $N_i$  为第  $i$  个空间单元新增的面积占初始面积的比例; $X_{i,T}, Y_{i,T}$  为第  $i$  个空间单元初始年份的重心坐标; $n$  为空间单元数量。

2.4 区域生态补偿优先级

提供补偿主体和接受补偿客体的确定是区域生

态补偿的关键,目前研究分析主要聚集在“补多少”,对“谁补谁”的问题讨论较少。考虑到不同地区经济发展存有较大差别,经济发展缓慢区域的生态补偿紧迫性要高于发展趋势良好的地区,因此本文通过测算不同区域的生态补偿优先级(ECPS)进行研究分析。由于生态系统服务的市场价值在市场机制中已经通过货币的形式为区域发展作出了贡献,所以在计算 ECPS 时应只取其非市场价值部分<sup>[20]</sup>,计算公式为:

$$ECPS=VAL_N / GDP_N \tag{10}$$

式中:ECPS 是生态补偿优先级; $GDP_N$  表示单位面积地区生产总值; $VAL_N$  表示单位面积生态系统非市场价值。

3 结果与分析

3.1 土地利用类型变化

由于城市化进程的快速推进,建设用地的需求急速增加,使得建设用地面积变化较为明显。通过图 1 可知,从规模变化的角度看,建设用地的增加主要集中在西安和宝鸡两地,尤其是西安,建设用地的面积呈现爆发式集中增长。将 3 个时期土地利用数据进行整理(表 2),发现随着城市规模的逐渐扩大,越来越多的耕地向建设用地上转移,与此同时,耕地、林地和草地 3 者之间的转化也相对更加频繁,可以看出退耕还林还草工程使土地利用类型发生了较大改变。

表 2 土地利用面积转移矩阵 hm<sup>2</sup>

土地利用		2020 年					合计	
		草地	耕地	建设用地	林地	水体		其他用地
2000年	草 地	142 770	45 456	8 160	66 360	2 454	411	265 611
	耕 地	38 195	2 153 873	220 289	55 707	11 199	1 557	2 480 820
	建设用地	1 189	67 146	203 832	349	152	30	272 698
	林 地	53 578	53 600	2 149	1 982 742	1 588	434	2 094 091
	水 体	1 658	13 564	1 298	1 317	17 143	32	35 012
	其他用地	360	587	5	339	14	322	1 627
	合 计	237 750	2 334 226	435 733	2 106 814	32 550	2 786	5 149 859

由表 3 可知,2000—2020 年林地的单一动态度值最小,说明非林地类型的土地向林地的转移比例很小,是相对稳定的土地类型;最活跃的土地类型为建设用地,单一动态度达到了 5.94%,表明越来越多的非建设用地向建设用地转移;耕地、草地和水体的单一动态度

为负值,说明这 3 种土地类型在逐渐转向非自身土地类型。通过空间动态度可以发现,除其他用地之外,草地、水体和建设用地的空间动态度值较大,表明这 4 种土地利用类型表现特别活跃,演变程度较剧烈,顺序依次为:其他用地>草地>水体>建设用地>耕地>林地。

表 3 渭河流域陕西段 2000—2020 年土地利用动态度 %

项 目	耕地	林地	草地	水体	建设用地	其他用地
单一土地利用动态度	−0.61	0.06	−1.07	−0.74	5.94	0.71
空间动态度	1.31	0.96	7.12	6.25	5.72	15.59



3.2 渭河流域陕西段 ESV 变化

从总体价值方面来说(表 4),渭河流域陕西段 2000,2010 和 2020 年 ESV 分别为 562.07,541.53 和 516.21 亿元,ESV 总体呈下降趋势,尤其是 2010—2020 年,ESV 下了 25.32 亿元,降幅达到了 4.68%。从土地类型方面来看,耕地、草地和建设用地的 ESV 呈明显下降趋势,除此之外,林地和水体的 ESV 则是先增后减,其他用地的 ESV 变化幅度不明显。从单项服务价值来看,结合表 1 和表 4 可以得知,由于水体的减少和建设用地的大量增加,水资源供给、水文调节和净化环境的生态服务价值都在下降,伴随着林地的增加,原料生产、气候调节和土壤保持的生态服务价值在稳步上升,表明退耕还林还草工程对生态环境起到了一定的调节效果。根据 2000—2020 年 3 个时期的 ESV,通过 ArcGIS 10.3 中自然间断点分级法将其划分,按照 $-0.49\sim-0.12$ , $-0.12\sim0.1$ , $0.1\sim0.26$ , $0.26\sim0.4$ , $0.4\sim0.95$ (单位为亿元)分为 5 个等级:低、较低、中等、较高和高;由图 2 可知,ESV 等级空间分布呈现“四周高,中间低”格局,总体以较低和高等级为主,其中低等级主要集中在西安市中部发达地区,高等级主要集中在宝鸡市和西安市南部;低和较低等级面积在 2000—2020 年期间持续扩大,高等级区域则明显减少。

3.3 建设用地重心转移分析

通过表 4 可以发现建设用地对渭河流域陕西段生态系统服务价值有着极高的影响,为了更加深入地了解不同时期城市建设用地在空间上的演变规律,本文采用重心模型对建设用地进行分析,分别计算各时期的建设用地面积标准差椭圆和重心迁移方向,并绘制重心转移轨迹(图 3),通过对比不同时期建设用地重心的位置,可知建设用地重心变化主要分为两个阶段:2000—2010 年和 2010—2020 年,重心的移动轨

迹分别向东北方向和西北方向偏移,主要是在西安和咸阳交界处发生改变,这正与陕西省对西咸新区的建设方向相统一。

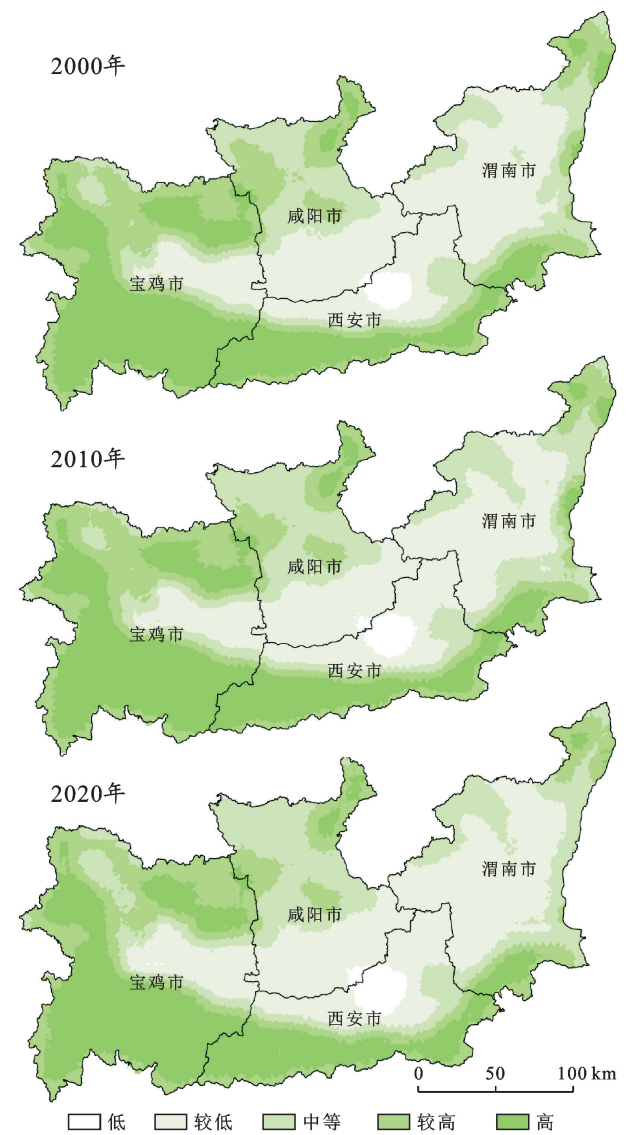


图 2 渭河流域陕西段 2000—2020 年生态系统服务价值等级空间分布

表 4 研究区 2000—2020 年各土地利用类型的生态系统服务价值						亿元
土地类型	2000 年	2010 年	2020 年	2000—2010 年变化量	2010—2020 年变化量	
耕 地	91.02	88.02	85.45	−3.00	−2.57	
林 地	441.19	445.75	444.02	4.57	−1.74	
草 地	48.01	43.46	42.86	−4.55	−0.60	
水 体	40.63	41.13	37.64	0.50	−3.49	
建设用地	−58.90	−76.97	−93.88	−18.07	−16.92	
其他用地	0.12	0.12	0.13	0.00	0.01	
总 计	562.07	541.53	516.21	−20.54	−25.33	

根据绘制的标准差椭圆,得到参数变化过程(表 5)。其中长轴展示出建设用地标准差椭圆的分布方向,短轴表示建设用地的主要分布范围。长轴越长说明建设

用地的分布具有明显的方向性,2000—2020 年长轴由 94.58 km 缩小到 94.16 km 再增长到 105.18 km,表明扩张强度在明显加强;短轴越短说明建设用地的分布具

有聚合力,2000—2020 年短轴持续变大,说明建设用地扩张的分布范围逐渐扩大。沿  $x$  和  $y$  轴标准差为

先增后减,但椭圆面积一直持续增大,表明建设用地分布呈现较强的移动趋势且范围在进一步扩大。

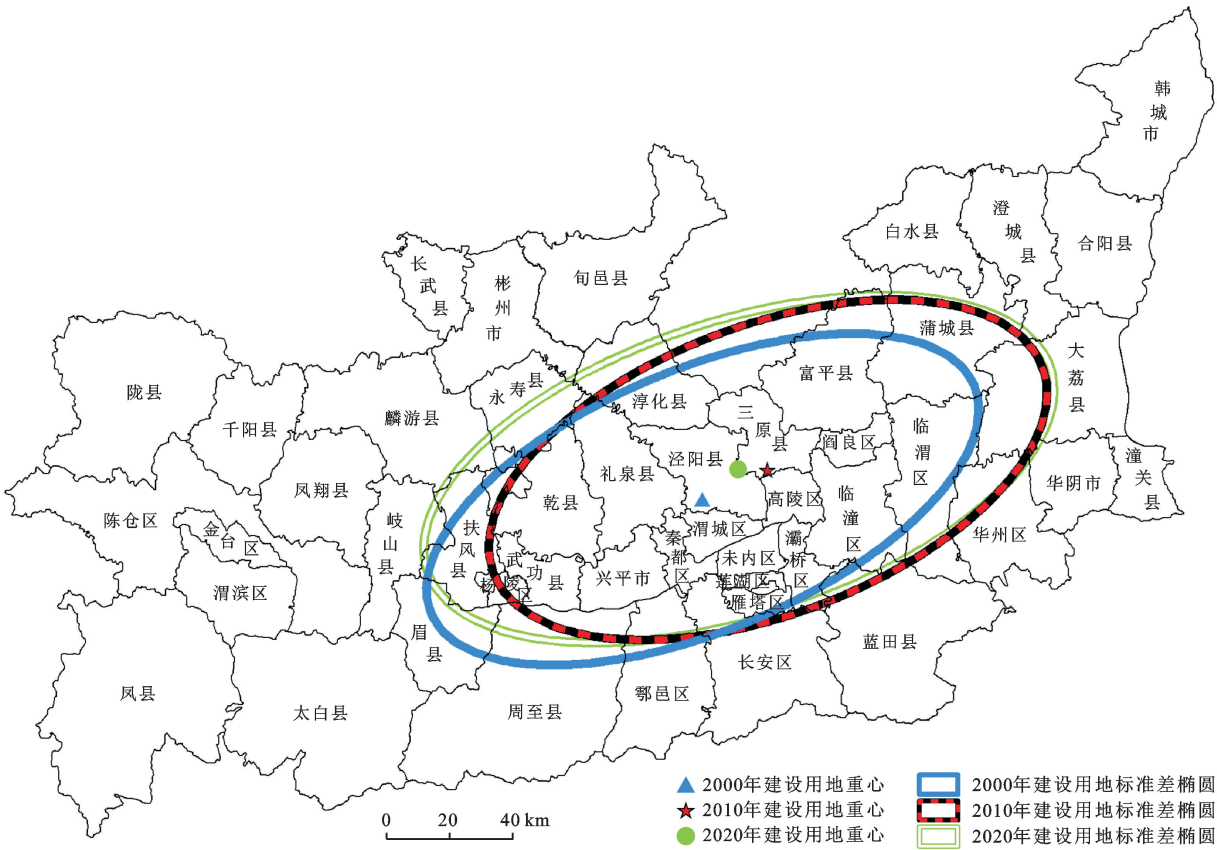


图 3 渭河流域陕西段 2000、2010 和 2020 年建设用地标准差椭圆和重心分布

表 5 渭河流域陕西段 2000—2020 年建设用地标准差椭圆参数变化

年份	椭圆面积/ km <sup>2</sup>	沿 $x$ 轴 标准差/km	沿 $y$ 轴 标准差/km	短轴/ km	长轴/ km
2000	12 461.93	844.02	3 825.44	41.95	94.58
2010	13 729.82	865.03	3 834.92	46.42	94.16
2020	15 762.34	805.30	3 830.32	47.71	105.18

3.4 区间补偿关系研究

本文通过 ArcGIS 分别对各县区 2020 年的生态系统非市场价值(VAL)、人均 GDP 和生态补偿优先等级(ECPS)3 个指标分别从高到低分为 5 级,以市行政单元进行汇总(图 4)。为了更加准确地分析生态补偿中“谁补谁”的关键问题,本文在考虑生态补偿优先级的同时结合了 VAL 和人均 GDP 等级进行研究,并划分了以下 5 类(1,2 属于补偿客体,3,4 属于补偿主体,5 为既不提供补偿也不接受补偿)进行探讨。①优先受偿区。太白县 ECPS 和 VAL 等级最高(1 级),应优先考虑被补偿;周至县的 ECPS 等级为中等(3 级),但 VAL 等级最高,表明生态环境价值大,应继续提升其自然环境质量和建设保护,同时该

地人均 GDP 等级为最低(5 级),为优先受偿区域,应及时获取资金来保证区域生态经济可持续发展。②次级受偿区。蓝田县和陇县 ECPS 或 VAL 等级较高(2 或 3 级)且人均 GDP 等级低,凤县 ECPS 等级较高且 VAL 等级高,应为次级受偿区域,要加大补偿区给予的资金进行补偿,以提升当地生态环境建设。③重点补偿区。雁塔区、碑林区、新城区、莲湖区、未央区、阎良区、高陵区和渭城区 ECPS 和 VAL 等级最低,但人均 GDP 等级较高,表明该区域虽然经济发展水平高,可生态服务价值小,应重点为受偿区提供补偿资金,在维持本地自然环境质量的同时,创造出整体良好生态环境。④一般补偿区。杨陵区、秦都区和三原县 ECPS 等级较低,VAL 等级为中等且人均 GDP 相对较高,说明该地生态服务价值较低但经济环境较好,因此在提高当地环境建设的同时,要向受偿区给予补偿资金,以维持整体的生态建设。⑤过渡区。凤翔县、千阳县、眉县、永寿县、长武县、淳化县和彬州市 ECPS、人均 GDP 和 VAL 等级均处于中等,应充分利用当地资源,在促进经济发展的同时加强生态环境建设。麟游县 ECPS、人均 GDP 和 VAL 均处于较高等级,表明

区域生态建设和经济发展均取得较好成绩,应在维持生态保护建设的基础上继续保持高质量发展。其余

地区各指标相对平均,应继续提高环境建设以充分发挥其生态功能价值,推动生态经济可持续发展。

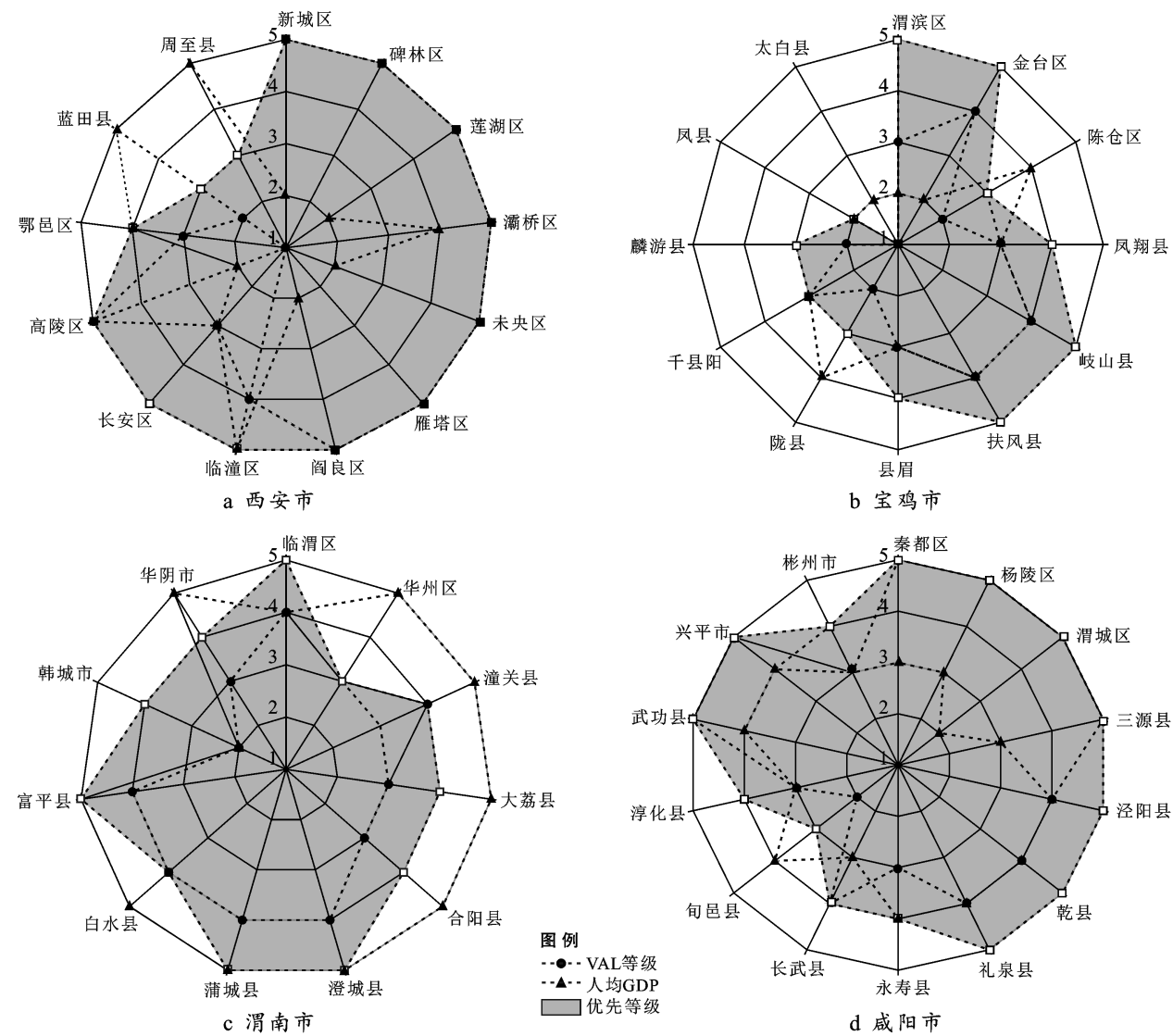


图 4 各行政单元 VAL、人均 GDP 和 ECPS 等级图

## 4 讨论与结论

(1) 在退耕还林还草工程和城市化快速推进等多重因素的影响下,从面积转移矩阵、单一土地利用动态度和空间动态度 3 个方面综合分析,发现耕地、林地和草地的转换频率明显增加,同时耕地的面积在逐渐减少,建设用地是最活跃的土地类型且面积在不断攀升,表明建设用地大量占用耕地的问题仍然严峻;各土地利用类型演变剧烈程度从高到低依次为其他用地、草地、水体、建设用地、耕地和林地。

(2) 2000—2020 年渭河流域陕西段 ESV 下降幅度超过了 8%,其中耕地和草地的 ESV 在此期间明显降低,从而造成了水资源供给和水文调节等功能服务

价值减少,随着林地的 ESV 较 2000 年有所增加,气候调节和土壤保持等功能服务价值逐渐上升,在一定程度上缓解了生态环境系统的压力;建设用地重心呈现向东北方向运动的趋势并且覆盖范围在不断扩大,符合当前城市建设发展规律,也与西咸新区的发展政策相统一。

(3) 周至县和太白县为优先受偿区,蓝田县、陇县和凤县为次级受偿区,应及时接受补偿以提高当地生态环境建设;雁塔区等 8 个地区为重点补偿区,杨凌区、秦都区和三原县为一般补偿区,应给予补偿资金,以维持整体生态建设。其余地区为过渡区,应继续加强生态或经济建设,提高生态服务功能价值。

林地和草地的增加,表明区域内土壤侵蚀和水土

流失情况有所缓解,生态功能得到了提升。建设用地的增加和耕地的减少,意味着人们在基本生产生活得到满足的情况下,对生活质量要求也逐渐增加,从而推动了城市居民用地的建设。考虑到区域生态经济协调发展,结合陕西省“十四五”期间土地规划要求,应在确保耕地持有量情况下,加强林草地和水体的保护,优化生态空间格局;控制城市开发边界,将建设用地规划和生态文明发展相结合,推进新型城镇化和城乡融合发展。

考虑到渭河流域涉及省区广,生态补偿跨度较大,造成上下游主体之间的利益协调困难,再加上地方保护掺杂其中,使得利益相关方的责任难以界定,补偿实施难度很大,因此本文尝试将研究范围缩小至渭河流域陕西段,以小观大,因地制宜地构建出具有特色且适用的补偿模式,为渭河流域陕西地区补偿标准的制定提供重要依据。此外,本研究未深度考虑生态补偿的现实有效性,今后还应结合生态环境具体需求,制定出与经济相适应的补偿方案,对具体的补偿标准、补偿措施和补偿机制进行全面探讨。

[ 参 考 文 献 ]

- [1] 孟雅丽,苏志珠,马杰,等.基于生态系统服务价值的汾河流域生态补偿研究[J].干旱区资源与环境,2017,31(8): 76-81.
- [2] Tilman D, Fargione J, Wolff B, et al. Forecasting agriculturally driven global environmental change [J]. Science, 2001,292(5515):281-284.
- [3] Trimble S W, Crosson P. Land use: US soil erosion rates: Myth and reality [J].Science, 2000,289(5477): 248-250.
- [4] Sliva L, Dudley Williams D. Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality [J].Water Research, 2001,35(14): 3462-3472.
- [5] Dobbs C, Kendal D, Nitschke C R. Multiple ecosystem services and disservices of the urban forest establishing their connections with landscape structure and sociodemographics [J]. Ecological Indicators, 2014,43:44-55.
- [6] 高振斌,王小莉,苏婧,等.基于生态系统服务价值评估的东江流域生态补偿研究[J].生态与农村环境学报,2018, 34(6):563-570.
- [7] 郭荣中,申海建,杨敏华.澧水流域生态系统服务价值与生态补偿策略[J].环境科学研究,2016,29(5):774-782.
- [8] 刘焕才,崔敏华,李园园,等.汾河流域中游地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J].安徽农业大学学报,2021,48(4):635-640.
- [9] 王可心,刘欣,张云路.国土空间用地变化与生态系统服务价值时空演变关系[J].中国城市林业,2021,19(5): 28-33.
- [10] 王女杰,刘建,吴大千,等.基于生态系统服务价值的区域生态补偿:以山东省为例[J].生态学报,2010,30 (23):6646-6653.
- [11] 徐省超,赵雪雁,宋晓谕.退耕还林(草)工程对渭河流域生态系统服务的影响[J].应用生态学报,2021,32(11): 3893-3904.
- [12] 杨小刚,宋进喜,程丹东,等.渭河陕西段河道生态服务价值评估[J].干旱区地理,2014,37(5):958-965.
- [13] 刘纪远,布和敖斯尔.中国土地利用变化现代过程时空特征的研究:基于卫星遥感数据[J].第四纪研究,2000, 20(3):229-239.
- [14] 余新晓,张晓明,牛丽丽,等.黄土高原流域土地利用/覆被动态演变及驱动力分析[J].农业工程学报,2009,25 (7):219-225.
- [15] Costanza R, d’Arge R, de Groot R, et al. The value of the world’s ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997,387(6630):253-260.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 王飞,高建恩,邵辉,等.基于 GIS 的黄土高原生态系统服务价值对土地利用变化的响应及生态补偿[J].中国水土保持科学,2013,11(1):25-31.
- [19] 朱磊,杨爱民,夏鑫鑫,等.基于空间自相关的 1975—2015 年玛纳斯河流域耕地时空特征变化分析[J].中国生态农业学报(中英文),2020,28(6):887-899.
- [20] 仲俊涛,米文宝.基于生态系统服务价值的宁夏区域生态补偿研究[J].干旱区资源与环境,2013,27(10): 19-24.