

中部地区生态经济系统协调度的时空演化

苏 慧¹, 张仲伍¹, 张兴毅², 王伯礼³

(1. 山西师范大学 地理科学学院, 山西 临汾 041000; 2. 山西省发改委宏观研究院,
山西 太原 030000; 3. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100020)

摘 要: [目的] 对中部地区生态经济系统协调度进行评估, 为该地区生态经济系统治理提供理论支持。
[方法] 基于 1992, 2000, 2008 和 2016 年中 6 省 GDP 数据和 Landsat TM 遥感影像土地利用数据, 计算生态系统服务价值(ESV)以及生态经济系统协调度(EEH), 评估其生态经济系统协调度及时空演化特征。
[结果] ①1992 年以来, 中部地区 GDP 呈现快速增长模式, 但增长速度具有明显的时空差异。安徽和江西 2 省快于其他地区, 湖南省增长最为缓慢; ②中部地区生态系统服务价值(ESV)波动上升, 呈现良性发展态势, 空间分布特征是南部高于北部, 西部高于东部; ③1992—2016 年中 6 省 EEH 值在各省变化较为明显, 安徽和湖北省 EEH 呈现改善趋势, 河南省 EEH 值最高, 其余省份改善不明显或有下降趋势。
[结论] 由于各地区自然条件和社会经济等方面的差异, 生态经济系统协调度(EEH)存在一定差异, 可持续发展水平也表现出一定的空间分异。

关键词: 生态经济系统协调度(EEH); 生态系统服务价值(ESV); 时空演化; 中部地区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)04-0288-06

中图分类号: F205

文献参数: 苏慧, 张仲伍, 张兴毅, 等. 中部地区生态经济系统协调度的时空演化[J]. 水土保持通报, 2019, 39(4): 288-293. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2019. 04. 045; Su Hui, Zhang Zhongwu, Zhang Xingyi, et al. Spatial-temporal evolution of coordination degree of eco-economic system in Central China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(4): 288-293.

Spatial-temporal Evolution of Coordination Degree of Eco-economic System in Central China

Su Hui¹, Zhang Zhongwu¹, Zhang Xingyi², Wang Boli³

(1. School of Geography, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi 041000, China;

2. Shanxi Provincial Development and Reform Commission Macro Research Institute, Taiyuan, Shanxi 030000, China;

3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100020, China)

Abstract: [Objective] The coordination degree of eco-economic system in the Central China were evaluated in order to provide theoretical advice for the eco-economic system governance in the region. [Methods] Based on the GDP data of the six central provinces in 1992, 2000, 2008 and 2016 and the land use data of Landsat TM remote sensing image, the ecosystem service value(ESV) and eco-economic system coordination(EEH) was caculated, and its eco-economic system coordination degree and spatial-temporal evolution characteristics were evaluated. [Results] ①Since 1992, the GDP of the Central China had shown a rapid growth pattern, but the growth rate had obvious spatial-temporal differences. Anhui and Jiangxi Province were faster than other provinces, Hu'nan Province had the slowest growth; ② The Central China ecosystem service value (ESV) fluctuated, it showed a benign development trend. The spatial distribution characteristics were higher in the south than in the north and higher in the west than in the east. ③ The coordination degree of the eco-economic system(EEH) in the central region was more obvious in 1992—2016, and the EEH in Anhui

收稿日期: 2019-04-26

修回日期: 2019-05-03

资助项目: 山西省研究生教育改革研究课题“普通高校毕业生协同创新培养模式研究”(2018JG58); 山西省软科学研究计划项目“基于 GIS 和生态足迹的山西省生态承载力动态分析研究”(2018041056-3); 山西省社科联重点课题研究项目(SSKLZDKT2018158)

第一作者: 苏慧(1994—), 女(汉族), 山西省晋中市人, 硕士研究生, 研究方向为区域经济与生态。E-mail: 694321038@qq.com。

通讯作者: 张仲伍(1969—), 男(汉族), 河南省安阳市人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事区域开发与城市规划研究。E-mail: zhangzhongwu69@163.com。

and Hubei Province showed an improvement trend. The EEH in He'nan Province was the highest, and the improvement in other provinces was not obvious or had a downward trend. [Conclusion] Due to the differences in natural conditions and social economy in various regions, the eco-economic system coordination degree(EEH) had certain differences, and the level of sustainable development also showed a certain spatial differentiation.

Keywords: eco-economic system coordination degree; ecosystem service value; spatial-temporal evolution; Central China

城镇化与工业化的迅速推进,为国家经济发展注入了源源不断的活力与生命力,然而这个过程必然伴随着资源匮乏、生态环境恶化等一系列后续问题,生态与经济相互制约日渐凸显,矛盾日渐严重。要解决这个矛盾,必须做好二者的协调发展,既要保障生态环境安全,又要推进经济发展。生态经济系统协调度(EEH)作为一种评估区域生态安全与经济发展协调状态的指标,可以为区域可持续发展提供科学依据^[1]。长期以来,该方法被国内外学者广泛应用于区域生态经济协调发展研究,国外对于 EEH 研究开始比较早,发展比较快,1997 年 Daily^[2] 和 Costanza^[3] 提出了生态系统服务理论和价值估算方法;Konarska 等^[4] 通过提取土地利用数据,计算生态系统服务价值,研究生态和经济之间影响关系;Sherrouse 等^[5] 应用 ArcGIS 软件分析生态经济系统协调状况。国内方面,关于 EEH 研究多通过计算生态系统服务价值(ESV)来评价生态经济系统协调度,主要有能值理论^[6-8]、生态足迹理论^[9-10] 以及价值估算理论等^[11]。生态系统服务价值是基于当量的相对生态服务功能评估^[12],我国学者谢高地等^[11,13] 基于前人研究成果,对 Costanza^[3] 提出的价值当量表进行修正,提出我国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量。国内许多学者^[14-17] 运用谢高地的生态系统服务价值当量表展开一系列研究,且成果显著。其中一些学者^[18-20] 基于土地利用数据,结合 RS 和 GIS 方法,对生态系统服务价值进行时空演化研究。本文基于 1992,2000,2008,2016 年中国中部 6 省 GDP 数据和 Landsat TM 遥感影像土地利用数据,应用 EEH 评价测度研究方法,评价该区域生态经济系统协调度及其时空演化格局,为促进中部地区生态系统安全,经济持续健康发展提供借鉴。

1 研究区概况

中国中部地区地处大陆腹地,东接沿海,西接内陆,含有山西、河南、安徽、湖北、江西、湖南省 6 个省份。中部地区历史悠久,文化底蕴深厚,资源丰富,交通便捷,工农业基础雄厚,第三产业发展迅速,人口集

中,在中国地域分工中扮演重要角色,是我国的交通枢纽和经济腹地。中部地区在中国整体经济发展战略中起着“承东启西”的作用,是我国的粮食种植基地、能源材料基地、高新产业基地。尤其是中部崛起战略实施以来,中部地区抓住发展机遇,经济发展速度进一步加快,经济总量比重逐步增高,综合实力大幅度提升;产业结构转型加快,城乡居民收入持续增加,群众生活水平显著提高,整个地区进入一个全面崛起的新时代。因此,中部地区的生态经济安全成为国家经济稳定的关键因素。

2 材料与方法

2.1 数据来源与处理

本文数据包含中部地区 4 个时期 GDP 总值和土地利用数据。其中各省 GDP 数据来源于全国、各省统计年鉴,参考前人研究经验,土地利用数据来源于中国科学院资源环境数据库 1:10 万土地利用图^[21],提取时间是 1992,2000,2008 和 2016 年,土地利用类型包括耕地、林地、园地、草地、城镇居民点用地、交通用地、未利用地等,提取各个时段土地利用比例及面积。

2.2 研究方法

2.2.1 生态系统服务价值(ESV)评估与计算 目前,关于生态系统服务价值的计算应用最多的是以谢高地^[11] 和 Costanza^[3] 确定的生态系统基准单价。因此本文运用 ArcGIS 软件,选取 1992,2000,2008,2016 年 4 个时段土地利用数据,按照谢高地等^[11] “中国陆地生态系统单位面积服务价值当量因子表”中确定的基准单价,结合中部地区实际情况进行微调^[13] (表 1),计算中部地区各时期 ESV,得出各省份 4 个时期的生态服务价值。Costanza 等提供的生态系统服务价值模型为:

$$ESV = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_j E_{ij} \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \quad (1)$$

式中:ESV——区域生态系统服务价值; A_j —— j 类土地利用类型面积; E_{ij} —— j 类土地利用类型单位面积生态系统服务价值基准单价^[3]。

表 1 中部地区单位面积生态服务价值 元/(hm ² ·a)					
项 目	耕地	林地	草地	水域	未利用地
食物生产	65.25	22.41	28.00	57.71	1.28
原材料	25.36	192.29	23.11	37.71	2.55
气体调节	47.25	276.12	96.14	187.28	3.86
气候调节	61.92	263.58	101.31	1 001.42	8.72
水文调节	50.02	263.58	97.42	2 066.29	4.42
废物处理	88.76	110.57	85.10	1 876.57	16.57
保持土壤	95.14	256.24	143.57	153.86	10.85
维持生物多样性	65.71	290.01	120.58	456.71	25.23
提供美学景观	11.21	132.42	56.13	585.71	15.28
合 计	510.62	1 807.22	751.36	6 423.26	88.76

表 2 生态经济系统协调度 (EEH) 单元分类			
序号	代码	协调类型	范 围
1	A	高度协调区	$0.8 \leqslant \text{EEH} < 1$
2	B	较高协调区	$0.6 \leqslant \text{EEH} < 0.8$
3	C	中度协调区	$0.4 \leqslant \text{EEH} < 0.6$
4	D	较低协调区	$0.2 \leqslant \text{EEH} < 0.4$
5	E	潜在危机区	$0 \leqslant \text{EEH} < 0.2$
6	F	冲突协调过渡区	$-0.2 \leqslant \text{EEH} < 0$
7	G	较低冲突区	$-0.4 \leqslant \text{EEH} < -0.2$
8	H	中度冲突区	$-0.6 \leqslant \text{EEH} < -0.4$
9	I	较高冲突区	$-0.8 \leqslant \text{EEH} < -0.6$
10	J	高度冲突区	$\text{EEH} < -0.8$

2.2.2 生态经济系统协调度 (EEH) 评估 生态经济系统协调度反映自然环境与社会经济两者相互影响的平衡状态。生态经济协调度具有相对性,基于前人经验^[1,9,22],利用 ESV 与 GDP 的比值构建生态经济系统协调度,这些学者将 EEH 定义为区域生态系统服务价值变化率 (ESV_{pr}) 与 GDP 变化率 (GDP_{pr}) 比值。用这个比值表示研究年份社会经济与自然环境的协调状况,可以反映两者间相互促进、影响和制约关系^[21]。EEH 计算公式为:

$$\text{EEH} = \frac{\text{ESV}_{\text{pr}}}{\text{GDP}_{\text{pr}}} \quad (2)$$

$$\text{ESV}_{\text{pr}} = \frac{\text{ESV}_{p_j} - \text{ESV}_{p_i}}{\text{ESV}_{p_i}} \quad (3)$$

$$\text{GDP}_{\text{pr}} = \frac{\text{GDP}_{p_j} - \text{GDP}_{p_i}}{\text{GDP}_{p_i}} \quad (4)$$

式中:EEH——生态经济系统协调度;ESV_{p_j},ESV_{p_i}——研究时段首、末年份研究区生态系统服务价值;GDP_{p_i},GDP_{p_j}——研究时段首、末年份研究区 GDP 总量。

借鉴前人研究经验^[21],EEH 的划分标准为:①ESV_{pr}>0,且 GDP_{pr}>0,则 EEH>0;表示生态环境与经济发展处于协调状态,说明两者呈现良性发展趋势;②ESV_{pr}>0,且 GDP_{pr}<0,则 EEH<0;表示生态经济系统属于不协调状态,说明某些区域由于生态禀赋良好,或为了保护生态环境,降低环境开发力度,从而制约了经济发展;③ESV_{pr}<0,且 GDP_{pr}>0,则 EEH<0;表示生态经济系统状态不协调,说明某些区域单纯追求经济发展速度,忽略环境承载能力,造成生态安全滞后于经济增长;④ESV_{pr}<0,且 GDP_{pr}<0,则 EEH>0;表示初始阶段生态环境已经恶化严重,社会经济发展明显受制于自然环境。由于所有研究阶段 GDP 都呈现增长状态,所以第四种情况在本文中不予考虑。根据王振波等^[1]的研究结论对 EEH 进行分类(表 2)。

3 结果分析

3.1 中部地区 GDP 时空特征分析

3.1.1 时序演化特征 1992—2016 年间,中部 6 省 GDP 总体都呈现持续上升趋势,且发展速度快,但是时间发展不平衡。1992—2000 年,中部 6 省 GDP 总量年均增长率是 21.67%;而 2000—2008 年,增长率达到 28.56%;2008—2016 年,年均增长率有所下降,为 17.82%。因此,3 个时段中,研究区域 GDP 增长速度具有明显差别,其中 2000—2008 年增长速度最快,2008—2016 年增长速度有所下降,但总体上,中部 6 省经济呈高速发展状态。

3.1.2 空间演化特征 从空间分布来看(图 1),4 个研究时段,中部 6 省 GDP 都表现出快速增长态势,但是空间发展不均衡,且增长速度也存在较大差别。总体来看,中部地区 GDP 值从高到低分别为:河南、湖北、安徽、江西、湖南和山西省。本文以 ArcGIS 自然断点法为分类标准,将中部 6 省 GDP 等级分为 3 个级别,由高到低分为第一、第二、第三等级。1992 年,河南省属于第一等级,湖南、湖北与安徽省属于第二等级,山西与江西省属于第三等级;2000 年,湖南省从第二等级降为第三等级,其余省份等级属性与 1992 年一样;2008 年,各省份等级属性与前一个研究时段相比没有发生变化;2016 年,河南与湖北省属于第一等级,安徽与江西省属于第二等级,山西与湖南省属于第三等级。从 GDP 增长率来看,中部地区,江西省最高,经济发展速度最快,湖南省最低,发展速度最慢。

3.2 中部地区生态系统服务价值 (ESV) 时空特征分析

3.2.1 时序演化特征 1992—2016 年,中部地区生态系统服务价值 (ESV) 整体表现为上升状态,且增长速度较为稳定,没有太大波动。其中,1992—2000 年,2000—2008 年,2008—2016 年中部 6 省 ESV 年均增长速度分别为 0.63%,0.40% 和 0.41%,中部 6 省生态系统服务价值发展方向良好,增长速度平稳。

其中,耕地 ESV 出现增长,这与人口增多,大量开垦土地相吻合;草地和林地 ESV 下降较多,这是由于建筑用地大量占用土地而导致的;另外,水域 ESV 出现

上升,表明水域面积提高有利于维护生态系统的稳定性,同时草地、林地转化为建筑用地不利于生态系统安全与维护。

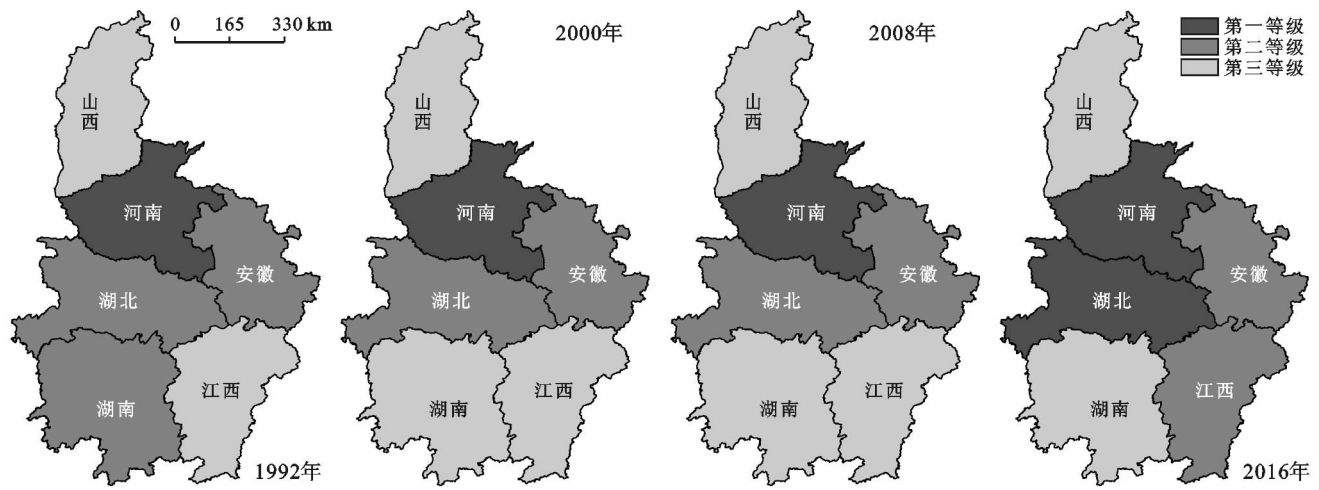


图 1 中部地区 GDP 空间分布

3.2.2 空间演化特征 空间演化特征方面,中部 6 省 ESV 存在明显空间分异。基于 ArcGIS 自然断点分类法,将 6 省 ESV 值由高到低分为第一、二、三等级,1992 年湖南和江西省为第一等级,山西、河南与湖北省属于第二等级,安徽省属于第三等级;2000 年,河南省由第二等级降为第三等级,其余省份没有发生变化;2008 年,6 省等级属性没有发生变化,与 2000 年一样;2016 年,湖南省属于第一等级,湖北、江

西省属于第二等级,山西、河南与安徽省属于第三等级。从各省增长率来看,安徽和湖北省增长率最高,山西省增长率最低,且有降低趋势。其中,江西、山西和湖南三省在 2008—2016 年间出现负增长,这是由于土地开垦造成了生态系统恶化与破碎。总体来看,六省 ESV 值从高到低依次为:湖南、江西、湖北、山西、河南和安徽省,总的分布特征是南部高于北部,西部高于东部(图 2)。

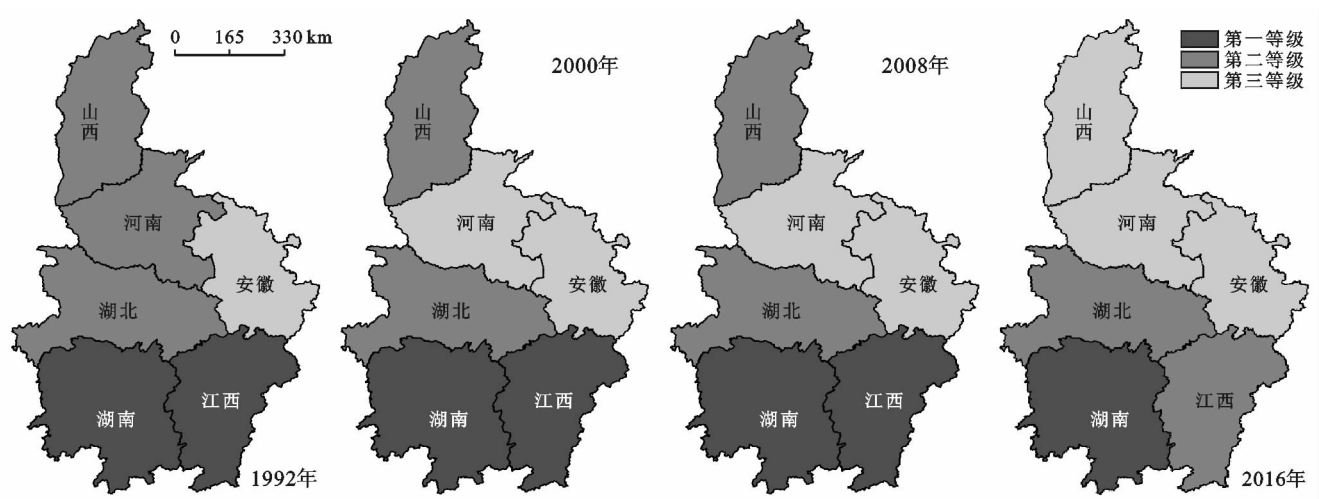


图 2 中部地区生态系统服务价值(ESV)空间分布

3.3 中部地区生态经济系统协调度(EEH)时空特征分析

3.3.1 时序演化特征 本文将中部地区 EEH 研究划分为 4 个时段:1992—2000 年,2000—2008 年,

2008—2016 年,1992—2016 年。第一时段,中部地区有 3 种 EEH 类型,较低协调区最多;第二时段,有 2 种 EEH 类型,分别是潜在危机区和较低协调区;第三时段,有 5 种 EEH 类型,说明中部地区生态经济系统

协调状况有明显的时间变化,且情况复杂。总体来看,中部地区在 4 个研究时段中 EEH 状态主要处于较低协调区和潜在危机区,且处于协调区的数量多于冲突区,但是中部地区 EEH 有降低趋势,EEH 度整体偏低,说明其生态经济系统协调状况不容乐观,需要改善两者协调关系,提高经济可持续能力。

3.3.2 空间演化特征 按照 EEH 分类标准(表 2),1992—2000 年,湖北和安徽省属于中度协调区,山西和河南省为较低协调区,湖南和江西省为潜在危机区;说明该时段 6 省中湖南和江西省生态系统较为脆弱,生态经济关系协调较差。2000—2008 年,安徽、湖北和湖南省为较低协调区,山西、江西和河南省为潜在危机区,说明该时段,山西和河南省生态经济系统协调状况下降明显,生态环境恶化速度较快,湖南省生态经济系统协调状况改善明显。2008—2016 年,安徽省属于较高协调区,湖北省属于中度协调区,

河南省属于潜在危机区,江西和湖南省为冲突协调过渡区,山西省为较高冲突区;说明该时段各省生态经济协调状况都发生了较大改变,安徽省生态经济系统协调度大幅度提升,生态经济矛盾缓和趋势明显;湖北省生态经济协调状况也有较好的提升与改善;江西、湖南和山西省生态经济协调度都有明显下降,说明生态环境有恶化趋势,生态经济关系趋于紧张。尤其是山西省,生态经济矛盾最为突出,环境形势最为严峻。从 1992—2016 年整体来看,河南省属于较高协调区,湖北、湖南和安徽省为较低协调区,江西和山西省为潜在危机区。中部 6 省中河南省生态经济系统协调性发展趋势最好,山西省最差,这与该省资源型产业居多,能源开采力度较大有关。其余省份生态经济系统协调度有所上升,二者矛盾有缓和趋势(图 3)。

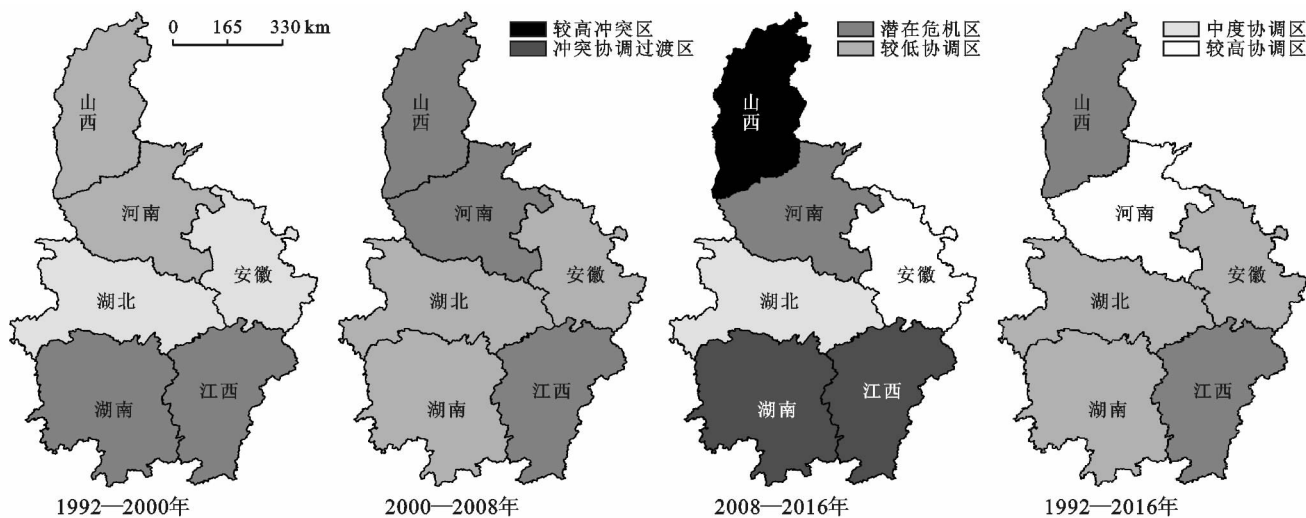


图 3 中部地区生态经济系统协调度(EEH)空间分布

4 讨论与结论

(1) 1992 年以来,中部 6 省经济保持快速增长状态。其中,安徽和江西省增长速度最快,湖南省最慢。从地区生产总值 GDP 来看,河南省 GDP 最高,山西省最低。且在 4 个研究时段中,每个时段的增长速度也存在较大差别,2008 年以来,各省经济增长速度有所放缓。

(2) 中部地区生态系统服务价值(ESV)在 1992—2016 年呈现持续上升态势,增长率为 11.97%。从空间分布来看,湖南省 ESV 值高,其次是江西省,山西和安徽省最低,总的空间分布特征是南部高于北部,西部高于东部。主要原因是南方林地、水域面积高于北方,西部草地面积多于东部,说明水域和林地对生态环境的调节和保护能力最强,而耕地开垦会影响自

然环境维护和可持续能力,从而降低生态经济系统协调性。

(3) 中部地区生态经济系统协调度(EEH)在 1992—2016 年变化幅度较大,整体呈下降趋势,且各地区 EEH 偏低,中部地区生态经济系统协调性较差。从空间分布来看,各省 EEH 值分布不均衡,河南省最高,生态经济系统协调性最高,山西省最差,生态经济矛盾最为突出。由于山西省经济增长对资源能源依赖过大,使得生态系统退化,且对地区可持续发展能力造成影响。

综合中部地区 1992—2016 年生态经济系统协调度时空演化特征,说明 EEH 受到自然资源禀赋、人口增长、产业结构以及城市化进程等因素的影响。河南省 EEH 改善明显,说明其产业结构转型取得快速进展,第三产业和高新技术产业比重上升,经济和城市

化进程对资源环境的依赖性降低;湖南、湖北和安徽三省 EEH 处于同一水平,这三个省份都属于南方地区,林地资源较为丰富,对生态经济系统的协调稳定起到了推动作用,但是如果城市用地占用林地资源,会导致其 EEH 值的下降,所以在以后的规划中应该努力做到两者兼顾;江西省虽然也处于南方,且其 ESV 值在中部地区属于较高一类,但是重工业为主的产业结构对资源环境的破坏较为严重,导致其 EEH 值长期处于低水平状态;山西省作为国家煤炭能源基地,长期的资源型经济模式和重化工业结构导致其生态环境恶化严重,虽然近年来有一定改善,但是生态修复周期长,难度大,所以其 EEH 值低于其他地区,且改善速度慢。

目前关于生态系统服务价值计算模型还存在不足之处,ESV 受到整个系统结构、种类以及生物群落等因素共同影响,因此仅以土地利用类型面积计算生态系统服务价值,缺乏对其他因素的思考,以后应细化其影响因子,将各种因素都纳入 ESV 计算体系,增强计算模型科学性与真实性。生态经济系统是生态环境与社会经济形成的双重复杂系统,受到自然资源、社会环境诸多因素的影响,本文仅以 GDP 和 ESV 来考察生态经济系统整体协调度,存在一定局限性。因此在以后的研究中应注重对生态经济系统各种影响因素的评价与考量,更深层次地揭示系统发展规律。

[参 考 文 献]

- [1] 王振波,方创琳,王婧. 1991 年以来长三角快速城市化地区生态经济系统协调度评价及其空间演化模式[J]. 地理学报,2011,66(12):1657-1668.
- [2] Daily G C. Nature's Services: Societal Development on Natural Ecosystems [M]. Wasington, US: Island Press,1997.
- [3] 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.
- [4] Konarska K M, Sutton P C, Castellon M. Evaluating scale dependence of ecosystem service evaluation: A comparison of NOAA-AVHRR and Landsat TM datasets[J]. Ecological Economics, 2002,41(3):491-507.
- [5] Sherrouse B C, Clement J M, Semmens D J. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services[J]. Applied Geography, 2011,31(2):748-760.
- [6] 方创琳,鲍超. 黑河流域水—生态—经济发展耦合模型及应用[J]. 地理学报,2004,59(5):781-790.
- [7] 李海涛,廖迎春,严茂超,等. 新疆生态经济系统的能值分析及其可持续性评估[J]. 地理学报,2003,58(5):765-772.
- [8] 谢花林,邹金浪,彭小琳. 基于能值的鄱阳湖生态经济区耕地利用集约度时空差异分析[J]. 地理学报,2012,67(6):889-902.
- [9] 苏飞,张平宇. 基于生态系统服务价值变化的环境与经济协调度发展评价:以大庆市为例[J]. 地理科学进展,2009,28(3):471-477.
- [10] 卢小丽. 基于生态系统服务功能理论的生态足迹模型研究[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(12):115-120.
- [11] 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):9111-919.
- [12] 刘海龙,石培基,李生梅,等. 河西走廊生态经济系统协调度评价及其空间演化[J]. 应用生态学报,2014,25(12):3645-3654.
- [13] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报,2003,18(2):189-196.
- [14] 陈端吕,陈哲夫,彭保发. 土地利用生态服务价值与经济协调的协调及空间分异:以西洞庭湖区为例[J]. 地理研究,2018,37(9):1692-1703.
- [15] 姜翠红,李广泳,程滔,等. 青海湖流域生态服务价值时空格局变化及其影响因子研究[J]. 资源科学,2016,38(8):1572-1584.
- [16] 吴健生,岳新欣,秦维. 基于生态系统服务价值重构的生态安全格局构建:以重庆两江新区为例[J]. 地理研究,2017,36(3):429-440.
- [17] 胡和兵,刘红玉,郝敬峰,等. 城市化流域生态系统服务价值时空分异特征及其对土地利用程度的响应[J]. 生态学报,2013,33(8):2565-2576.
- [18] 熊鹰,张方明,龚长安,等. LUCC 影响下湖南省生态系统服务价值时空演变[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(6):1397-1408.
- [19] 王鹏,王亚娟,刘小鹏,等. 基于 RS 与 GIS 的沙坡头区生态系统服务价值研究[J]. 水土保持研究,2018,25(4):250-256.
- [20] 马依拉·热合曼,买买提·沙吾提,尼格拉·塔什甫拉提,依克丽曼·阿布都米提,等. 基于遥感与 GIS 的渭库绿洲生态系统服务价值时空变化研究[J]. 生态学报,2018,38(16):5938-5951.
- [21] 魏晓旭,赵军,魏伟,等. 基于县域单元的中国生态经济系统协调度及空间演化[J]. 地理科学进展,2014,33(11):1535-1545.
- [22] 乔标,方创琳. 城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J]. 生态学报,2005,25(11):211-217.