

重庆市生态系统服务价值与区域经济增长的时空动态关系研究

曹跃群 赵世宽 杨玉玲 郭鹏飞¹

(重庆大学 公共管理学院, 重庆 400044)

【摘要】: 投资自然资本(NC)、提升生态系统服务价值(ESV)是协同推进经济增长和环境保护的重要举措,其关键之一在于测算生态系统服务价值。基于2009~2016年重庆市各类土地利用类型面积的调查数据,测算了全市ESV,并结合研究期间各区县经济水平,系统分析了ESV与经济增长时空动态关系的演变。研究表明:(1)全市ESV在2009、2012和2016年分别是4011.29、4000.63和4037.24亿元,呈先降后升的U型变动。(2)变动的主要原因在于林地面积的变化,建设用地对林地等的占用导致了前期的下降,而退耕还林、天然林资源保护、三峡后续植被恢复等生态工程的实施促进了后期的上升。(3)从空间自相关关系来看,全市人均GDP与地均ESV负相关关系减弱,表现为“低高组合为主,双低双高为辅”,低-高聚类分布在渝东北和渝东南地区,高-高聚类分布在渝西地区。最后,因地制宜地提出实现经济和生态双增长的对策与建议。

【关键词】: 生态系统价值(ESV) 经济增长 时空演变 空间自相关

【中图分类号】: F301.2;P96 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2020)11-2354-12

面对资源约束趋紧、生态系统退化与经济下行压力加大的严峻形势,必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念,走可持续发展道路。党的十八大从新的历史起点出发,做出“大力推进生态文明建设”的战略决策,坚持生态优先绿色发展,做到既要绿水青山也要金山银山。生态文明建设其实就是把可持续发展提升到绿色发展高度,也就是不给后人留下更多的遗憾,而是留下更多的生态资产。此后,2016年1月习近平总书记视察重庆时,强调要建设长江上游重要生态屏障,推动城乡自然资本加快增值。因此,在经济进入新常态、经济下行压力加大的背景下,摸清重庆自然资本(Natural Capital,以下简称“NC”)存量的多寡及其时空动态变化,并制定差异化的环境经济政策,从而促进经济社会环境全面协调高质量发展,就具有十分重要的实践意义和深远的战略意义^[1]。

综观已有研究文献,早期研究中,Pearce等^[2]在著作《自然资源与环境经济学》中首次提出了“自然资本”的概念,并将其定义为“任何能够产生有经济价值的生态系统服务的自然资产”。生态系统服务价值(Ecosystem Service Value,以下简称“ESV”)估算是自然资本核算的一个重要领域,具有综合考虑市场和非市场因素的特点。生态系统服务与自然资本既有区别又有联系。简而言之,如果把自然界比做一个生态加工厂,根据经济学中的产品加工原理和产业链机制,自然资本就属于上游产品,生态系统服务价值便是下游产品^[3]。自然资本存量是产生生态系统服务功能的基础,生态系统服务是自然资本带来的长期服务流,能够准确地反映出自然资本服务的多寡。因此,准确地测算生态系统服务的价值进而衡量自然资本水平至关重要^[4]。从实践角度看,国际上,Costanza等^[5,6]在《Nature》中首次提出生态系统的范围、服务功能及核算方法,将对生态系统服务的研究推向了一个崭新的

作者简介: 曹跃群(1978~),男,博士,教授,主要研究方向为区域经济、生态经济、资本测算等。E-mail:842875334@qq.com
赵世宽 E-mail:zskcqu0801@163.com

基金项目: 重庆市社会科学重大基金项目(2017ZD05);中央高校科研创新项目(2018CDYJSY0055);重庆市研究生科研创新项目(CYS17012)。

高度,此后生态系统服务价值在全球范围内得到了广泛的研究。在国内,谢高地等^[7,8]基于 Costanza 等的研究,在 2003、2008 分别对 200 名和 500 名生态学专家进行问卷调查,构建出一种专家知识的生态系统服务价值化的方法,提出了针对中国的生态系统服务当量因子表。2015 年,谢高地等^[9]结合各类文献资料和地区生物量对当量因子表进行了进一步的更新和完善,该表也是目前中国最科学和系统的当量因子表。相比 ESV 评估的其他方法,当量因子评估法能够更加有效地评估大尺度范围内的 ESV,因而在研究中被广泛使用。

关于经济增长和环境保护的关系,依据库兹涅茨倒 U 型曲线理论:经济的发展尤其是经济发展的早期阶段,往往会不自主地以牺牲自然资源为代价。如何使区域发展摆脱“资源诅咒”,同时实现“生态增值”与“经济增长”即 ESV 和 GDP 的双增长,一直以来都是一个热点和焦点议题^[10~12]。尽管国内外学者在 ESV 测算方面不断取得进步,但是鲜有研究针对某一具体区域,通过绘制 ESV 的时空动态图,直观地反映其动态分布及时空演变趋势,进而分析 ESV 和区域经济发展的相互作用关系。重视二者关系的研究,不仅可以揭示 ESV 和区域经济发展之间的相互影响,而且可以为地方生态环境保护决策和经济发展规划提供差异化的决策依据和决策参考^[13]。本文将以重庆市 38 个区县为样本,在精确测算和分析 ESV 的基础上,采用空间计量的方法实证检验全市“ESV”和“GDP”整体和局部空间自相关关系,将 38 个区县分为“低-低聚类”、“低-高聚类”、“高-低聚类”和“高-高聚类”4 种类型,并绘制 LISA 空间聚类图将分布特征进行展示。最后,针对不同类型区县提出差异化高、针对性强的环境经济发展对策与建议。

本文的结构安排如下,首先,在确定价值当量表、标准单位当量因子与各类土地利用面积的基础上,采用当量因子法,对重庆市生态系统服务价值进行测算,并分析其时空变动趋势。其次,根据全市土地使用类型的变化,剖析 ESV 变动的主要原因。再次,在全市 ESV 变动和经济增长统计分析的基础上,对全市整体和区县“人均 GDP”和“地均 ESV”的空间自相关关系进行实证检验。最后,根据全市 GDP 与 ESV 的时空动态关系提出相应对策,并为对下一步的研究工作作出相关讨论。

1 区域概况、研究方法数据来源

1.1 研究区域概况

重庆作为最年轻的直辖市,位于 28° 10' N~32° 13' N,105° 11' E~110° 11' E 之间(图 1),地处较为发达的东部地区和资源丰富的西部地区的结合部,东邻湖北、湖南,南靠贵州,西接四川,北连陕西,是西南工商业重镇和水陆交通枢纽,幅员面积 8.24 万 km²,南北长 450km,东西宽 470km。全市共辖 38 个区县,其中有 26 个区、8 个县、4 个自治县,地势由南北向长江河谷逐级降低,西北部和中部以丘陵、低山为主,东南部靠近武陵山、大巴山两座大山脉,主要河流有长江、嘉陵江、綦江、涪江等。全区属亚热带湿润性季风气候,具有夏热冬暖、无霜期长、雨热同期、雨量充沛、湿润多阴等特点。

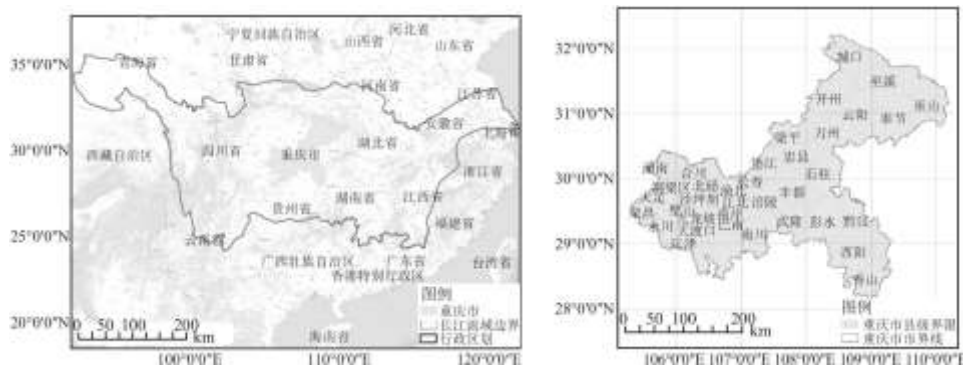


图 1 重庆市区位及其范围

1.2 研究方法

1.2.1 生态系统服务价值的测算

价值当量因子法的关键是确定 3 个重要指标:生态系统价值当量因子表、标准单位生态系统服务价值当量因子的价值量和各类土地利用类型面积^[14~17]。

一是价值当量表的确定及修正。谢高地等在 Costanza 价值当量表的基础上,对我国 500 位生态学者进行问卷调查,并制定出我国的生态系统服务价值当量因子表^[8]。但是,该价值当量表中各类生态系统并不能与土地利用类型一一对应,典型的如没有园地这一土地利用类型,故需要对该表进行调整。通过引入 Xue 等^[18]和 Li^[19]的做法,将园地生态系统的价值当量取草地与林地的平均值,调整后的价值当量表如表 1 所示。

表 1 中国生态系统单位面积生态服务价值当量表

类型	林地	园地	草地	耕地	湿地	水域	未利用地	建筑用地
食物生产	0.33	0.38	0.43	1.00	0.36	0.53	0.22	0.00
原材料生产	2.98	1.67	0.36	0.39	0.24	0.35	0.04	0.00
气体调节	4.32	2.91	1.50	0.72	2.41	0.51	0.06	0.00
气候调节	4.07	2.82	1.56	0.97	13.55	2.06	0.13	0.00
水文调节	4.09	2.81	1.52	0.77	13.44	18.77	0.07	0.00
废物处理	1.72	1.52	1.32	1.39	14.40	14.85	0.26	0.00
保持土壤	4.02	3.13	2.24	1.47	1.99	0.41	0.17	0.00
维持生物多样性	4.51	3.19	1.87	1.02	3.69	3.43	0.40	0.00
提供美学景观	2.08	1.48	0.87	0.17	4.69	4.44	0.24	0.00
合计	28.12	19.91	11.67	7.9	54.77	45.35	1.39	0.00

由于表 1 提供的是全国价值当量的平均水平,无法体现生态系统服务的地区差异,因此,针对特定区域修正价值当量表是十分必要的。概括起来,通常的修正方法主要包括如下 3 种:生物量调整法、生态区位指标法和农作物单位面积经济价值法^[20~24]。考虑到区域的差异性和可比性,本文参考谢高地修正不同区域生态系统服务价值的做法,根据生态系统功能强度与生物量的线性关系,使用生物量系数(重庆市为 1.21)对表 1 进行修正^[25]。

二是标准单位生态系统服务价值当量因子价值量的确定。1 标准单位生态系统服务价值当量因子定义为 1hm² 全国平均产量的农田每年粮食的经济价值的 1/7。经过实地调研与考察,确定重庆市主要粮食作物以稻谷和玉米为主。因此,本文以全国稻谷和玉米两大主要粮食产值的加权平均数为标准,确定标准当量因子经济价值。

此外,考虑到粮食种植面积和价格受自然和市场因素的影响而产生波动,取 2009~2016 年粮食产值的平均值为本文的标准当量因子价值。并将 2010 年设为基年,达到每年 ESV 可比的效果。具体标准当量因子计算方法如式(1)所示:D 指 1 单位标准当量因子的生态系统服务经济价值(元/hm²)。Srnnr 和 Scnnc 分别指稻谷和玉米的播种面积占两种作物总面积的比例,Frmmr 和 Fcnnc 分别指稻谷和玉米的单位面积产值;n 指年份;农产品价格指数 r 将本文价格转为 2010 年不变价格。经计算,确定重庆市一标准单位

ESV 当量因子价值为 2130.55 元/hm²。

$$D = \frac{1}{8} \sum_{n=2009}^{2016} (S_n^r \times F_n^r + S_n^c \times F_n^c) / r_n \quad (1)$$

三是各类土地利用类型面积的确定。根据生态系统价值当量表的需要,将重庆市土地利用类型分为林地、草地、园地、耕地、湿地、水域、未利用地和建筑用地八大类^[26,27]。其中,林地、园地、耕地、未利用地可以一一对应,牧草地对应草地,水域及水利设施用地对应水域,城镇及工矿用地与交通运输用地之和对应建筑用地,湿地平均分布在耕地、水域及水利设施用地和未利用地之中^[28~30]。

最后是生态系统服务价值及其变动的测算。

$$ESV = \sum_{i=1}^n (LUC_i \times VC_i) \quad (2)$$

$$AESV = \frac{\sum_{i=1}^n (LUC_i \times VC_i)}{\sum_{i=1}^n LUC_i} \quad (3)$$

式中:ESV 表示生态系统服务价值(元);LUC_i 表示土地利用类型 i 的面积(hm²);VC_i 是土地利用类型 i 的生态系统服务价值系数(元/hm²);n 是区域土地利用类型数量。由于重庆有“山城”的特点,大多数区县都是“山多人稀”,所以考虑使用单位面积 ESV(即 AESV)来反映某一地区自然资本的丰裕程度。

$$C = \frac{AESV_{t2} - AESV_{t1}}{AESV_{t1}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:AESV_{t1} 和 AESV_{t2} 是 t1 和 t2 时地均生态系统服务价值(元/hm²);C 是地均生态系统服务价值变化率(%)。

1.2.2 空间自相关分析

通常情况下,采用 Moran' sI 和局部 Moran' sI 来描述全局自相关和局部自相关性^[31]。全局空间自相关用来描述整个研究区域上所有对象之间的平均关联程度、空间分布模式及其显著性;局部空间自相关统计变量可以识别不同空间位置上可能存在的空间关联模式,从而发现空间局部不平稳性,更为准确地把握局部空间要素的聚集性和分异特征,为分类和决策提供依据^[32]。其中全局 Moran' sI 的计算公式为:

$$Moran' s I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij} (Y_i - \bar{Y}) (Y_j - \bar{Y})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij}} \quad (5)$$

对于单个单元 i , 其中局部 Moran' sI 指数为:

$$\text{Moran' s } I_i = \frac{Y_i - \bar{Y}}{S_i^2} \cdot \sum_{j=1, j \neq i}^n W_{ij} (Y_j - \bar{Y}) \quad (6)$$

式中: $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$, $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$; Y_i 和 Y_j 分别表示单元 i 和单元 j 的属性值; n 是空间单元数量(本文含有 38 个评价单元); W_{ij} 是基于空间邻接关系建立的权重矩阵。

双变量自相关分析可以揭示两个变量之间的空间相关性, 相关学者在 Moran' sI 指数的基础上进一步拓展了双变量全局自相关和局部自相关, 其定义为:

$$I_{lm}^p = z_l^p \cdot \sum_{q=1}^n W_{pq} z_m^q \quad (7)$$

式中: $z_l^p = \frac{X_l^p - \bar{X}_l}{\sigma_l}$; $z_m^q = \frac{X_m^q - \bar{X}_m}{\sigma_m}$; X_l^p 是空间单元 p 的属性 l 的值; X_m^q 是空间单元 q 的属性 m 的值; \bar{X}_l 和 \bar{X}_m 分别是属性 l 和 m 的平均值; σ_l 和 σ_m 分别是属性 l 和 m 的方差。

1.3 数据来源

本研究中采用的农业经济方面数据来源于《中国统计年鉴》、《中国农业年鉴》、《重庆农业年鉴》、《中国农村统计年鉴》和《全国农产品成本收益资料汇编》等。土地利用类型数据来源于《重庆统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国国土资源年鉴》、《重庆市国土资源和房屋管理公报》和《重庆市土地利用变更调查公报》等。通过引入谢高地等(2003、2008)编制的价值当量表, 并根据重庆市生物量系数对价值当量表进行修正, 编制出重庆市生态系统价值系数表。

2 研究结果及分析

2.1 2009~2016 年生态系统服务价值的时空动态变化

根据式(2)和式(3)的测算结果, 可以发现重庆市生态系统服务价值呈先降后升的 U 型发展, 整体上在优化, 且存在西部低、东部高的特点(图 2)。从时间维度上来看, 2009、2012、2016 年全市地均 ESV 分别是 48837.79, 48708.06 和 49076.02 元/hm², 2012 年以后生态系统服务价值逐渐改善, 一个可能的原因是实施长江中上游防护林体系建设工程、长江上游生态修复工程等绿化项目。从空间尺度上来看, 全市 ESV 呈现西部低、东部高的特点。具体而言, 高值区主要分布在渝东北和渝东南地区, 2016 年两地区地均 ESV 分别为 53222.92 和 55095.63 元/hm²。该类地区地处自然资源丰裕的大巴山脉、巫山山地、武陵山脉、大娄山脉等, 具有经济欠发达、交通相对落后、城镇化水平低的特点, 人类活动对生态系统的扰动较弱, 代表区县有城口、巫溪、石柱和酉阳等。低值区主要分布主城区和渝西地区, 2016 年两地区地均 ESV 分别为 37887.28 和 40697.81 元/hm²。该类地区地处重庆西部的低山丘陵区域, 是全市社会经济发展和人口的聚集地区, 高密度的人类活动扰动了区域生态系统服务, 大大削弱了地方生态系统服务功能, 代表的区县有渝中、沙坪坝等。

根据式(4)的计算结果, 从地均 ESV 的动态变化来看(图 3), 全市表现为西部上升、主城下降、东部稳定”的特点。2009~2016

年样本区间内的地均 ESV 有显著提高的区县主要分布在渝西地区,代表性的有潼南、垫江和大足等,其地均 ESV 提高了 5%左右,这与渝西地区实行退耕还林等生态工程密切相关。地均 ESV 显著降低的区县主要分布在主城区,代表性的有江北、沙坪坝等城区,其地均 ESV 降低了 10%左右。渝东北和渝东南地均 ESV 变动不大,总体变化率在-0.63%~0.21%之间,表明研究期间两地区在发展经济的同时,很好地处理好了自然资源开发和保护之间的关系。

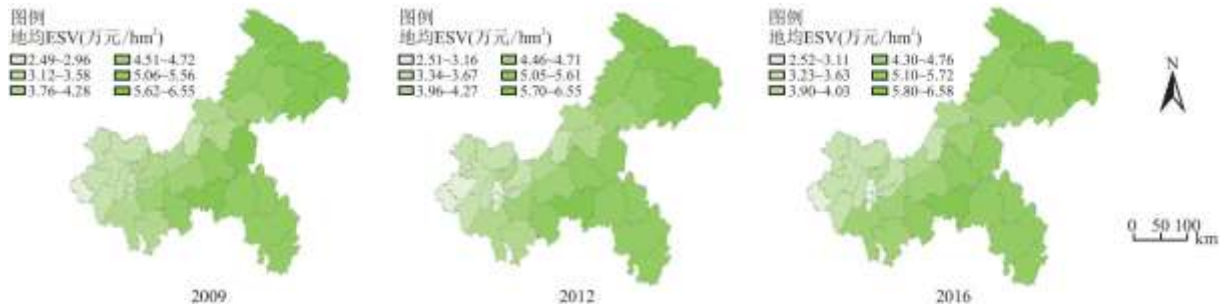


图 2 2009~2016 年重庆地均生态系统服务价值空间分布

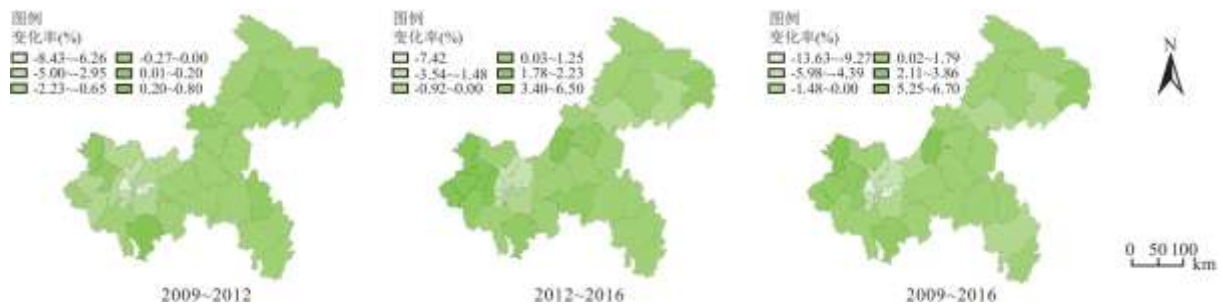


图 3 2009~2016 年重庆地均生态系统服务价值变化情况

2.2 生态系统服务价值动态变化的原因分析

表 2 展示了 2009~2016 年重庆市生态系统服务价值变化情况,2009、2012、2016 年全市 ESV 分别为 4011.29、4000.63 和 4037.24 亿元,整体呈现先降低后上升的 U 型。2009~2012 年全市 ESV 降低了 10.66 亿元,主要原因是林地、草地和园地面积的减少及其向耕地和建筑用地的转化,其中林地面积减少了 0.9 万 hm^2 ,损失价值共计 5.56 亿元,占总损失的 52.14%,这与砍伐森林、过度放牧和破坏农业用地等人类经济密切相关。2012~2016 年全市 ESV 增加了 36.61 亿元,其主要原因是林地面积的提高,4 年间林地面积上升了 7.19 万公顷,增加价值共计 51.13 亿元,这与严格执行退耕还林、天然林资源保护、石漠化综合治理、三峡后续植被恢复工程等重点工程密切相关。重庆市 ESV 总体上维持略微上升趋势,不是意味着各地类的 ESV 都在增长,而是增加和降低这两种趋势在一定区域内相互抵消的结果。考察各类土地利用类型的变动,首先,林地对于全市 ESV 贡献度最高,达到 68%以上,呈先略降后大幅上升的态势;其次,耕地对全市 ESV 的贡献度在 11%以上,呈现逐渐下降的趋势。此外,未利用地对全市 ESV 的贡献度最低,仅为 0.35%左右且逐年骤降。

表 2 2009~2016 年重庆市生态系统服务价值变化

生态系统服务价值	林地	草地	园地	耕地	湿地	水体	未利用地	建筑用地	合计
----------	----	----	----	----	----	----	------	------	----

ESV (亿元)	2009	2748.72	100.44	142.48	482.86	286.20	234.56	16.02	0.00	4011.29
	2012	2743.16	98.44	140.06	485.48	286.20	232.46	14.84	0.00	4000.63
	2016	2794.29	98.00	138.86	471.17	286.20	229.08	13.25	0.00	4037.24
贡献率 (%)	2009	68.52	2.50	3.55	12.04	7.13	5.85	0.40	0.00	100.00
	2012	68.57	2.46	3.50	12.13	7.15	5.81	0.37	0.00	100.00
	2016	69.32	2.43	3.44	11.69	7.10	5.68	0.33	0.00	100.00
变化量 (亿元)	2009~2012	-5.56	-2.01	-2.43	2.62	0.00	-2.10	-1.18	0.00	-10.66
	2012~2016	51.13	-0.44	-1.20	-14.30	0.00	-3.37	-1.59	0.00	30.23
	2009~2016	45.57	-2.45	-3.63	-11.68	0.00	-5.48	-2.77	0.00	19.57
变化率 (%)	2009~2012	-0.2	-2.00	-1.71	0.54	0.00	-0.90	-7.38	0.00	-0.27
	2012~2016	1.86	-0.45	-0.86	-2.95	0.00	-1.45	-10.70	0.00	0.76
	2009~2016	1.66	-2.44	-2.55	-2.42	0.00	-2.34	-17.29	0.00	0.49

值得注意的是,除了生态工程导致的地类变化对生态系统服务价值产生影响以外,农村的经济发展模式和产业结构也可以影响ESV的积累和利用^[33,34]。典型的比如武隆、綦江、巫溪3个区县近年来大力发展生态旅游业和乡村旅游业,以生态保护和生态建设为其主要的生产活动方式,2009~2016年ESV分别上升了2.77、2.85和1.72亿元。从全市来看,生态增值的同时,旅游业及相关行业的收入也大幅提高,研究期间全市旅游业收入从703.23增长到2645.21亿元,住宿和餐饮业收入从160.37增加到391.19亿元,外汇收入从5.37增加到16.87亿美元。从传导路径来看,经济发展模式和产业结构对ESV的影响表现在两个方面,一是乡村居民通过产业结构调整提高生态系统服务价值的市场化利用效率,借助外来消费者的驱动将非市场化的环境调节服务价值转化为生态旅游商品,从而提高生态系统服务的总价值。二是乡村居民通过优化经济发展模式,影响土地利用的类型和强度,以土地利用为中介影响生态系统服务价值的涵养量。因此,通过优化经济发展模式,增加生态系统服务价值涵养量高的土地利用类型的面积,减轻土地利用的强度,也是提高乡村生态系统服务价值,促进环境经济协调发展的重要途径。

2.3 生态系统服务价值变动与地方经济增长关系的基本统计分析

人均GDP反映一个地区经济发展水平,从人均GDP来看,全市呈现“西高东低”的态势(图4)。依据附表1,从全市4个区域来看,生态系统服务价值从大到小排序依次是渝东北地区、渝东南地区、渝西地区、主城九区,而GDP总量从大到小排序依次是主城九区、渝西地区、渝东北地区、渝东南地区。

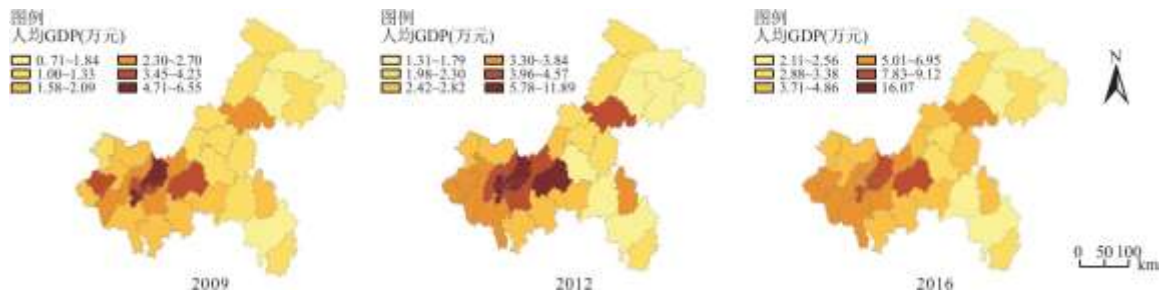


图 4 2009~2016 年重庆市区县人均 GDP 空间分布

从 2016 年数据来看,主城九区总面积占全市的 6.64%左右,但是其 GDP 贡献度高达 42.70%,ESV 的贡献度却仅为 5.04%,并且仍有下降趋势,这与主城区建筑物覆盖率增高,林地、水体等地类减少有直接的关系。渝西地区包括 12 个区县,土地总面积占全市的 28.16%左右,ESV 的贡献度为 23.10%并保持上升趋势,且 GDP 贡献度为 34.37%,上升趋势仍然明显,这说明渝西地区在保持经济快速发展的同时,又很好地保护了自然环境,实现了 GDP 与 ESV 双增长。渝东北地区包括 11 个区县,土地面积占全市的 41.15%,是全市面积最大的区域,ESV 贡献度达到 44.78%,GDP 贡献度却仅为 17.36%;渝东南地区包括 6 个区县,土地面积占 24.04%,ESV 贡献度为 27.08%且仍具有上升趋势,而 GDP 总量却仅占全市的 5.57%。渝东北和渝东南两地区生态资源丰富,但经济发展水平相对较低。针对全市自然资本与经济不平衡性,有必要通过空间计量的方法来分析各区县 GDP 和 ESV 的相关关系,从而提出针对性强、差异化高的对策建议。

2.4 生态系统服务价值变动与地方经济增长关系的实证检验

本文采用 GeoDa1.12 软件进行空间自相关分析,通过建立空间权重矩阵,计算出 2009、2012 和 2016 年 38 个区县人均 GDP 和地均 ESV 之间的全局空间自相关指数 Moran' sI 值(图 5),并绘制出双变量 LISA 聚类图(图 6)。值得注意的是,由于统计年鉴中公布的人均 GDP 为当年价,因此在对人均 GDP 和地均 ESV 进行自相关分析时,将地均 ESV 通过当年 CPI 调整为当年价,以便于与人均 GDP 对比分析^[35]。

从 2009 年重庆市 38 个区县回归结果来看,全局 Moran' sI=-0.5011,在 $\alpha=0.05$ 的显著性水平下,Z 检验值为-10.1012<-1.96;从 2012 年全市 38 个区县回归结果来看,全局 Moran' sI=-0.192,在 $\alpha=0.05$ 的显著性水平下,Z 检验值为-7.897<-1.96;从 2016 年全市 38 个区县回归结果来看,全局 Moran' sI=-0.1609,在 $\alpha=0.05$ 的显著性水平下,Z 检验值为-6.9116<-1.96。以上三次回归使用采用蒙特卡罗模拟的方法检验 p 值等于 0.001,即在 99.9%的置信度下存在空间负相关关系,但研究期间内这种负相关关系逐渐减弱。即随着人均 GDP 的提高,地均 ESV 的基本状况在各个区县并没有显著的改善。一个可能的解释是,地方经济的发展必然会驱动区域土地利用类型面积发生变化,甚至使得具有高服务价值的生态系统面积减小。

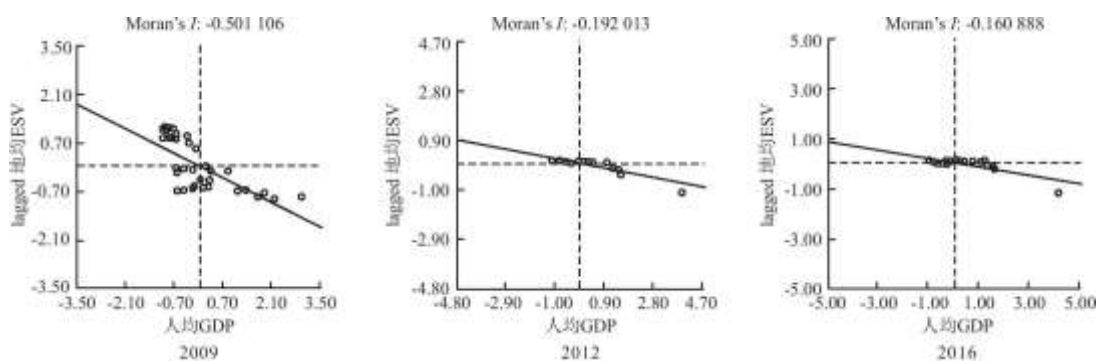


图 5 地均 ESV、人均 GDP Moran' sI 指数散点图



图 6 地均 ESV、人均 GDP 双变量局部 LISA 聚类图

根据双变量 LISA 聚类图,在 95%的置信度水平下可以清晰地将重庆市各区县分为四种局部自相关类型:高-高区域、低-低区域、高-低区域、低-高区域,具体见表 4。综合考察样本区间内人均 GDP 和地均 ESV 的相关关系容易发现,全市总体发展的均衡性协调性有待提高,表现为“高低组合为主,双低双高为辅”。

表 4 2009~2016 年重庆市各区县类型变动

	高-高地区	低-低地区	高-低地区	低-高地区	不显著地区
2009 年	0 个	6 个	10 个	14 个	8 个
2012 年	9 个	0 个	4 个	23 个	2 个
2016 年	12 个	0 个	2 个	23 个	1 个
代表区县	万州区、涪陵区、长寿区等	垫江区、潼南区、荣昌区等	江北区、沙坪坝区等	渝东北、渝东南大部分区县	-

其中,高-高区域代表着自身经济增长与邻域生态系统服务价值处在双高的区间,典型的如万州区、涪陵区和长寿区经济总量和邻域生态系统价值达到协调发展且都处于比较高的水平,这与该类区县拥有较好的资源禀赋并高度重视生态保护相关,该类区县在研究期间由 0 个增长到 12 个。低-低区域代表着自身区域经济增长与邻域生态系统服务价值均处在双低的区间,典型的如垫江、潼南等,但该类区县在研究期间由 6 个减少到 0 个,双低的状况有明显改善。高-低、低-高区域代表着区域经济增长与生态系统服务价值二者处在失调区间。其中,高-低区域往往是自身较高的经济发展水平伴随着邻域较低的生态系统服务价值,典型的如江北区、沙坪坝区等,该类区县 8 年间由 10 个减少到 2 个,并且都转变为高-高类型区县,说明在研究期间该类型区域周边生态环境的保护得到了较为明显的改善。低-高区域代表着自身较低的经济水平伴随着邻域较高的生态系统服务价值,典型的如巫山、巫溪、石柱等渝东北、渝东南大部分区县,该类区县拥有丰裕的自然资源但经济发展水平相对落后,研究期间该类区县由 14 个增长到 23 个,且都来自于低-低类型区县和不显著区县的转换。

3 结论和讨论

在经济进入新常态背景下,本文基于 2009~2016 年重庆各类生态系统面积调查数据,采用生物量系数对生态系统服务价值当量表进行调整,测算出 2009~2016 年重庆生态系统服务的价值,分析了生态系统服务价值的时空动态变动的原因,并对生态系统服务价值变动与地方经济增长的关系进行实证检验,主要研究结论及建议如下:

(1)从时间维度上来看,全市生态系统服务价值整体上呈略微上涨趋势,尤其是 2012 年以后明显改善。从空间维度上来看,全市 ESV 呈现西部低、东部高的特点,主城区和渝西地区地均 ESV 低于全市平均水平,渝东北和渝东南地均 ESV 高于全市平均水平。从局部 ESV 的变动来看,全市表现为“西部上升、主城下降、东部稳定”的特点。渝西地区 ESV 在 2009~2016 年间增长了 5%左右,主城区 ESV 则降低了 10%左右,渝东北和渝东南地区 ESV 基本保持稳定。针对各区县经济发展水平和生态系统服务价值的差异性、各区县流域上下游关系等,应统筹和完善生态补偿机制,在市内外推进横向纵向两个维度的生态补偿机制,建立市内横向森林覆盖率、水域质量的交易补偿机制。在重庆碳排放权交易中心的基础上,继续完善碳交易平台。

(2)土地利用类型面积的变化是重庆市 ESV 变动的直接原因,而土地利用面积的变化可以通过生态工程实施、农村经济发展模式转变、产业结构调整等传导路径实现。2009~2016 年全市 ESV 实现了 25.95 亿元的增长,林地发挥着不可替代的作用。在各

土地利用类型中,除林地 ESV 增长外,其余地类 ESV 均有不同程度的下降。因此,应继续实施退耕还林、天然林资源保护、石漠化综合治理、三峡后续植被恢复工程等重点工程。再次,应严守耕地红线,加强对市内重要河流、湿地和滩涂等高质量生态系统的保护,严格控制和规划建筑用地,构建城市与自然相结合的土地利用格局。最后,应优化经济发展模式,对优质生态资源做到“在保护中开发,在开发中保护”,增加生态系统服务价值涵养量高的土地利用类型的面积,减轻土地利用的强度。

(3)从 GDP-ESV 双变量空间自相关分析结果可以看出,生态系统服务价值水平与经济发展水平在空间上整体呈负相关关系,研究期间负相关关系逐渐减弱,生态保护和经济发展协调性增强。根据双变量 LISA 聚类图,重庆市各区县局部自相关表现为“高低组合为主,双低双高为辅”,其中高-高型区县主要是经济较为发达、生态服务功能高、区县面积较大的万州区、涪陵区、渝北区等区县,目前有 12 个;低-高型区县是生态资源丰富但经济发展水平较为落后的渝东北、渝东南地区,目前有 23 个。对于高-高聚类型区县,这类模式已较好地实现了 GDP 与 ESV 的协同发展,应以保护自然资本、保持经济增速为主,进一步优化升级实现更高效的经济收益和自然资本效应,积极谋划发展森林康养产业。对于低-高聚类型区县,此类区县自然环境优越但经济发展落后,需要对自然资本进行适度的开发与投资,利用自然资本创造生态产品与服务,最大化带动 GDP 发展。对于低-低聚类型区县,自然资本要以休养恢复为主,不宜进行大规模开发。对于高-低聚类型区县可借助 GDP 的优势加大对自然资本投资,促使 GDP 与 ESV 资本互为驱动实现双增长。积极激活水、林、地等关键性资源要素,将各区县的生态优势转为经济优势,充分发挥自然资本的乘数效应,使绿水青山可以源源不断地转化为金山银山,培育和形成经济增长的新动能。

此外,准确构建当量因子表是当量因子法的核心,本文采用当量因子法对重庆市 ESV 进行测算,使用了重庆市生物量系数对当量表进行调整,由于未考虑到不同生态系统类型修正系数的差异性,因此在一定程度上降低了地区 ESV 测算的精确度。但本文的研究结果仍然可以在目前生态系统服务价值研究可比体系中体现重庆市 ESV 绝对值的大小、相对增减的变化、各类生态系统贡献度及空间分布等特征,并在此基础上与区域经济增长进行协同分析,并可以为全市环境经济政策的修订、土地规划、区域可持续发展提供有价值的参考。

参考文献:

- [1]曹跃群,赵世宽.推动城乡自然资本加快增值.重庆日报(思想周刊)[N].2018,11(26).
- [2]PEARCE D W,TURNER R K,PEARCE D W,et al.Economics of natural resources and the environment[J].International Journal of Clinical & Experimental Hypnosis,1990,40(1):21-43.
- [3]NELSON E,MENDOZA G,REGETZ J,et al.Modeling multiple ecosystem services,biodiversity conservation,commodity production,and tradeoffs at landscape scales[J].Frontiers in Ecology and the Environment,2009,7(1):4-11.
- [4]VAN RIPER C J,KYLE G T.Capturing multiple values of ecosystem services shaped by environmental worldviews:A spatial analysis[J].Journal of Environmental Management,2014,145:374-384.
- [5]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.
- [6]BOUMANS R,COSTANZA R,FARLEY J,et al.Modeling the dynamics of the integrated earth system and the value of global ecosystem services using the GUMBO model[J].Ecological Economics,2002,41(3):529-560.
- [7]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.

-
- [8]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.
- [9]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.
- [10]陈万旭,李江风,朱丽君.长江中游地区生态系统服务价值空间分异及敏感性分析[J].自然资源学报,2019,34(2):325-337.
- [11]王军,顿耀龙.土地利用变化对生态系统服务的影响研究综述[J].长江流域资源与环境,2015,24(5):798-808.
- [12]PLEXIDA S, SOLOMOU A, POIRAZIDIS K, et al. Factors affecting biodiversity in agrosylvopastoral ecosystems with in the Mediterranean Basin:A systematic review[J]. Journal of Arid Environments, 2018, 151:125-133.
- [13]王原,陆林,赵丽侠.1976~2007年纳木错流域生态系统服务价值动态变化[J].中国人口资源与环境,2014,24(S3):154-159.
- [14]王红,刘康,李婷,等.基于3S的陕南三市生态服务价值时空变化[J].中国人口资源与环境,2015,25(S1):523-525.
- [15]高奇,师学义,黄勤,等.区域土地利用变化的生态系统服务价值响应[J].中国人口·资源环境,2012,23(S2):308-312.
- [16]姜翠红,李广泳,程滔,等.青海湖流域生态系统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.
- [17]LONGCORE T, LI C, WILSON J P. Applicability of citygreen urban ecosystem analysis software to a densely built urban neighborhood[J]. Urban Geography, 2004, 25(2):173-186.
- [18]XUE M G, LUO Y M. Dynamic variations in ecosystem service value and sustainability of urban system:A case study for Tianjin City, China[J]. Cities, 2015, 46:85-93.
- [19]LI J. C. Value assessment is the key of environmental assessment. China Population, Resources and Environment, 2002, 12(3), 11-17.
- [20]罗海平,宋焱,彭津琳.基于Costanza模型的我国粮食主产区生态服务价值评估研究[J].长江流域资源与环境,2017,26(4):585-590.
- [21]朱顺顺,章锦河,胡欢,等.旅游发展的生态系统服务价值增值效应研究[J].长江流域资源与环境,2019,28(3):603-613.
- [22]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.
- [23]CHEN W X, CHI G Q, LI J F. The spatial association of ecosystem services with land use and land cover change at the County level in China, 1995-2015[J]. Science of the Total Environment, 2019, 669:459-470.
- [24]SONG W, DENG X Z. Land-use/land-cover change and ecosystem service provision in China[J]. Science of the Total

Environment, 2017, 576:705-719.

[25]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.

[26]唐秀美, 郝星耀, 刘玉, 等. 生态系统服务价值驱动因素与空间异质性分析[J]. 农业机械学报, 2016, 47(5):336-342.

[27]BERGENGREN J C, WALISER D E, YUNG Y L. Ecological sensitivity: A biospheric view of climate change[J]. Climatic Change, 2011, 107(3-4):433-457.

[28]DE GROOT R, BRANDER L, VAN DER 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.

[29]QIAN D W, YAN C Z, XIU L N, et al. The impact of mining changes on surrounding lands and ecosystem service value in the Southern Slope of Qilian Mountains[J]. Ecological Complexity, 2018, 36:138-148.

[30]陈万旭, 李江凤, 曾杰, 等. 中国土地利用变化生态环境效应的空间分异性与形成机理[J]. 地理研究, 2019, 38(9):2173-2187.

[31]姚小薇, 曾杰, 李旺君. 武汉城市圈城镇化与土地生态系统服务价值空间相关特征[J]. 农业工程学报, 2015, 31(9):249-256.

[32]赵鸿雁, 陈英, 杨洁, 等. 基于改进当量的甘肃省耕地生态系统服务价值及其与区域经济发展的空间关系研究[J]. 干旱区地理, 2018, 41(4):851-858.

[33]胡云锋, 刘纪远, 齐永青, 等. 内蒙古农牧交错带生态工程成效实证调查和分析[J]. 地理研究, 2010, 29(8):1452-1460.

[34]丁彬, 李学明, 孙学晖, 等. 经济发展模式对乡村生态系统服务价值保育和利用的影响——以鲁中山区三个村庄为例[J]. 生态学报, 2016, 36(10):3042-3052.

[35]薛明皋, 邢路, 王晓艳. 中国土地生态系统服务当量因子空间修正及价值评估[J]. 中国土地科学, 2018, 32(9):81-88.