

生态系统服务价值与社会经济相关性研究 ——以重庆市大都市区为例

陈婧祎¹, 罗红霞¹, 胡林利², 李秋红², 江汶静¹

(1. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715; 2. 重庆高南房地产信息服务有限公司, 重庆 401122)

摘要:以重庆市大都市区为研究区,以2003年和2013年的土地利用数据为基础,探讨不同地域单元生态系统服务价值时空变化,采用熵值法对社会经济综合发展水平进行衡量,并运用空间自相关模型分析其社会经济综合发展水平和生态系统服务价值之间关系。结果表明:研究期间,生态系统服务价值增长100.98亿元,空间分布表现为东南高西北低,区域中部主城区为低值聚集区的基本形态;社会经济综合发展水平整体提高,空间分布以主城核心区为中心逐渐向外降低;社会经济综合发展水平与生态系统服务价值呈现空间负相关关系,其中高一高聚集区和高一低聚集区分布在区域中部的主城区,低一低聚集区分布在区域西部,低一高区域分布在东南部。10 a间,高一高聚集区范围扩大,高一低聚集区和低一低聚集区范围缩小,低一高聚集区无明显变化。

关键词:生态系统服务价值; 社会经济; 空间相关性; 重庆大都市区

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)04-0330-07

Correlation Between Social Economic Development and Ecosystem Service Value —A Case of Chongqing Metropolitan Area

CHEN Jingyi¹, LUO Hongxia¹, HU Linli², LI Qiuhong², JIANG Wenjing¹

(1. School of Geographical Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Gold Land Real Estate Information Service Co., Ltd, Chongqing 401122, China)

Abstract: The ecosystem service values of different geographical units have been calculated using the land use data of Chongqing metropolitan in 2003, 2013, and entropy evaluation method has been used to measure the level of social economic development accordingly in this paper, and to analyze the spatial-temporal change. Furthermore, we tried to analyze the spatial correlation between social economic development level and ecosystem service value by utilizing bivariate spatial autocorrelation method. The conclusions can be obtained as follows. The increase of ecosystem service value was RMB 10.098 billion Yuan, in the spatial distribution presented high value in the southeast and the low value in northwest, and the middle part of research area, namely the main city of Chongqing with the feature of low value accumulation. The change of the value of Chongqing main city is most significant, yet the values of other districts and counties are most stable. The level of social economic development is reducing gradually from the core area of Chongqing, and the edge of the core area, especially the urban function development zone of Chongqing, is changing mostly. The spatial correlation between the level of social economic development and ecosystem service value is negative. The middle area of the main city is the high—high and high—low accumulation area, the western part of research area is the low—low accumulation area, and the southeastern part is low—high. The high—high accumulation area is sprawling, the high—low and low—low accumulation areas are shrinking, and the low—high accumulation area is shifting distinctly in these 10 years.

Keywords: ecosystem service value; social economy; spatial correlation; Chongqing metropolitan area

随着经济社会高速发展,诸如资源耗损、环境污染、生态恶化等经济发展与生态保护矛盾问题日益突显,对区域生态环境造成巨大压力。面对生态环境问题高度集中且激化这一现实,中国提出走“新型城镇化”道路,强调生态文明建设,协调社会、经济与环境可持续发展。因此,准确客观地评估区域生态环境情况,研究其与社会经济发展的关系和时空分异,对促进区域稳定、协调发展具有现实意义。国内外专家学者从灰色关联^[1]、生态足迹^[2]、系统动力学模型(SD)^[3]、生态环境—经济—城市化耦合协调^[4]等方面面对社会经济与生态环境进行深入探讨。

生态系统服务价值是生态系统服务功能效用的价值表现形式,是衡量区域生态环境质量的重要指标^[5],相关学者^[6-8]对生态系统服务价值量化及其变化进行了广泛讨论。研究社会经济与生态系统服务价值空间相关性,能丰富社会经济与生态环境关系研究,对优化区域土地利用结构及功能、生态功能保护以及区域可持续发展具有重要意义。近年来,生态系统服务价值与社会经济相关研究多集中在人口、经济、产业结构、城市化等方面,研究方法分为传统的回归分析和空间相关性模型。采用回归分析法的研究包括:叶延琼等^[9]分析生态系统服务价值与总人口、GDP、城市化水平、第一产业比重、社会固定资产投资等影响农用地变化的社会经济驱动因子相互关系;马骏等^[10]探讨生态系统服务价值与GDP、人口密度、城镇化率等社会经济指标的关系;吴沛瑶等^[11]分析生态系统服务价值与人口、GDP、城市化率、第三产业比与生态系统服务价值间的关系。而采用空间相关性模型探讨生态系统服务价值与社会、经济的相关性的研究相对较少,如姚小微等^[5]从城镇化的四个方面分析与生态系统服务价值的空间相关性;郜红娟等^[12]分析了城镇化率、人均GDP、人口密度与生态系统服务价值间的空间相关性。目前,研究者普遍选用几个单独社会经济因素与生态系统服务价值进行研究,缺少对区域社会经济发展水平综合测度与生态系统服务价值空间相关性分析。

重庆市大都市区是重庆市社会经济活动最频繁的区域,但社会经济快速发展给生态环境造成巨大压力。本文以2003年、2013年为时间切入点,分析该地区生态系统服务价值与社会经济时空变化,运用空间计量学方法探讨两者空间相关性特征,以期为该区社会经济与生态环境协调发展提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

重庆市大都市区位于三峡水库库尾,四川盆地东

南缘,重庆市中西部,介于东经105°11'—106°56',北纬28°27'—30°26'。研究区以都市功能核心区和都市功能拓展区构成的主城九区(渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区、北碚区、渝北区、巴南区)为核心,与城市发展新区(綦江、潼南、铜梁、大足、荣昌、璧山、江津、合川、永川、南川、涪陵、长寿等12个区县)共同构成。土地总面积2.87万km²,约占重庆市国土面积的35%。地貌以丘陵、低山为主,长江自西南向东北横贯全区,嘉陵江自北流入于渝中区汇入长江。地势由东南向西北逐渐降低,东部属大娄山山脉,中部为平行岭谷,呈“一山一岭”或“一山二槽三岭”形貌,西部为红色方山丘陵。该区水热资源丰富,区位优势突出,主要土地利用类型为耕地,森林资源集中分布在中部和东南部山区。到研究期末,区域常住人口1840.57万人,地区生产总值9763.16亿元,分别占重庆市的61.97%和77.14%,是重庆市人口、产业集聚程度最高,城镇化水平最高,经济活动最频繁的地区,也是与生态环境矛盾最突出的地区。

1.2 数据来源与处理

本文以2003年、2013年土地利用变更调查数据为基础,利用粮食产量与价格(源于《中国物价年鉴》)及衡量社会经济发展的各项指标(源于《中国区域经济统计年鉴》、《中国民政统计年鉴》、《重庆统计年鉴》及各个区县《国民经济与社会发展统计公报》)构建指标体系进行研究。以2013年重庆市行政区划为基础对2003年的县域进行归并,共划分21个地域单元。将区域土地根据土地利用现状分类标准划分为耕地、园地、林地、草地、建设用地、水域和未利用地7类,并结合相关社会经济数据,在ArcGIS中建库分析。

1.3 研究方法

1.3.1 生态系统服务价值评估方法 本文以谢高地等^[13]借鉴Costanza等^[7]研究结果基础上制定的“中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表”为基础,结合研究区具体情况^[14-15]对重庆市生态系统服务价值相关研究进行修订。为消除物价变化影响,本文基于2003年粮食产量及价格的相关数据,计算得到研究区重庆市大都市区位不同土地利用类型单位面积生态系统服务价值(表1),其中单个生态当量价值为1074.10元/hm²。

1.3.2 社会经济综合发展水平评价指标体系确定 普遍认为社会经济发展在追求经济增长的同时,也应重视社会结构、人民生活、公共基础建设、社会保障等多方面平衡发展。为全面反映研究区社会经济发展水平,本文对相关研究资料^[16-18]进行梳理,在遵循指标选择的系统性、科学性、可得性、可比性等原则上,

设置 6 个一级指标,26 个二级指标(表 2)。并采用熵值法^[16]对评价指标进行量化得到衡量各地域单元经

济社会综合发展水平的评价得分。指标数据采用极值法进行标准化处理。

表 1 不同土地利用类型单位面积生态系统服务价值

元/hm²

项目	耕地	园地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地
粮食生产	1074.10	408.16	354.45	461.86	0	569.27	21.48
原材料生产	418.89	1793.75	3200.82	386.68	0	375.94	42.96
气体调节	773.35	3125.63	4640.11	1611.15	0	547.79	64.45
气候调节	1041.88	3023.59	4371.59	1675.60	0	2212.65	139.63
水文调节	827.06	3012.85	4393.07	1632.63	0	20160.86	75.19
废物处理	1493.00	1632.63	1847.45	1417.81	0	15950.39	279.27
保持土壤	1578.93	3361.93	4317.88	2405.98	0	440.38	182.60
维持生物多样性	1095.58	3426.38	4844.19	2008.57	0	3684.16	429.64
休闲娱乐与文化	182.60	1584.30	2234.13	934.47	0	4769.00	257.78

表 2 社会经济综合发展水平评价指标体系

目标层	准则层	指标层
社会经济综合发展水平	经济规模(X_1)	人均 GDP(X_{11});人均地方财政预算收入(X_{12});人均地方财政预算支出(X_{13});人均全社会固定资产投资(X_{14});实际利用外资(X_{15})
	产业结构(X_2)	第一产业占 GDP 比重(X_{21});第二产业占 GDP 比重(X_{22});第三产业占 GDP 比重(X_{23})
	生活水平(X_3)	人均社会商品零售总额(X_{31});城镇人均可支配收入(X_{32});农村人均纯收入(X_{33});城乡居民年末存款余额(X_{34});城镇人均住房面积(X_{35});农村人均住房面积(X_{36})
	人口与就业(X_4)	人口城镇化率(X_{41});城镇就业率(X_{42});乡村从业人员(X_{43});非农产业就业率(X_{44});劳动力数量(X_{45})
	公共设施(X_5)	万人拥有医生数(X_{51});中小學生人均拥有公共图书册数(X_{52});人均交通用地面积(X_{53});城镇社区服务设施数(X_{54});社会福利收养单位数量(X_{55})
	社会保障(X_6)	社会保障补助支出(X_{61});养老保险总额(X_{62})

1.3.3 空间自相关分析 空间自相关用于量度一个区域内地理事物某一空间特征变量与其邻域事物的同一变量之间的关联关系,包括全局和局部两种度量指标。全局空间自相关用于判定某种现象在空间上是否聚集^[19],其主要指标为 Moran's I 指数。局部空间自相关反映空间局部的不平稳性,更准确地把握局部空间要素的聚集性位置和分异特征,多采用 Local Moran's I。Anselin^[20]在此基础上提出双变量空间自相关,揭示空间单元属性值与邻近或邻居空间上其他属性值的相关性。

全局双变量 Moran's I 指数定义如下:

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j W_{ij} Q_i Q_j}{(n-1) \sum_i \sum_j W_{ij}} \tag{1}$$

局部双变量 Local Moran's I 定义如下:

$$I_s = Q_k \sum_{j=1}^n W_{ij} Q_l \tag{2}$$

式中: $Q_k = \frac{X_k - \bar{X}_k}{\sigma_k}$, $Q_l = \frac{X_l - \bar{X}_l}{\sigma_l}$; n 为空间单元数量; X_k 是空间单元 i 属性 k 的值; X_l 是空间单元 j 属性 l 的值; \bar{X}_k , \bar{X}_l 是属性 k,l 的平均值; σ_k , σ_l 是属性 k,l 的方差; W_{ij} 是衡量空间单元间邻接关系的权重矩阵。

2 结果与分析

2.1 生态系统服务价值时空格局分析

根据生态系统服务价值评估法^[15],得到研究区 2003 年、2013 年生态系统服务总价值分别为 326.28 亿元、427.25 亿元,增长 100.98 亿元。期间,研究区土地利用除建设用地外,林地面积增加最大(1 028 km²),水域次之(468 km²),草地、园地有一定增长,耕地增加量最小(87 km²),未利用地减少(1 274 km²)。研究区生态系统服务总价值的提高主要来源于区域林地、水域、园地面积增加带来的对应用地类型生态系统服务价值增加。

从空间角度看(图 1),生态系统服务价值大致以长江为界,东南部价值高于西北部。以东南部大娄山脉范围内的涪陵、南川、江津等区县最高,而都市核心区及周边辐射区域形成低价值组团。结合不同区县土地利用特点,东南部以中山、低山为主,林地占比普遍达 35%以上,良好的生态资源是该区域生态系统服务价值较高的主要原因;西北部地区地势相对平坦,林地占比普遍低于 20%,客观上降低了区域生态系统服务价值;而中部主城区特别是都市核心区城市

发展较早,建设用地占比大,森林覆盖率低且无明显水域覆盖优势,成为生态系统服务价值最低的区域。从图中看出区域生态系统服务价值存在一定路径依赖,即高、低价值组团在两个时点无明显位移,这是由于生态系统服务价值受地理区位、自然条件、土地利用结构等一系列制约,国土资源在一定时间内相对固定,因此短时间内很难突破。

为进一步分析不同地域单元生态系统服务价值变化,利用 ArcGIS 10.1 统计了两个研究时点区县单元生态服务价值变化情况。结果表明,10 a 间,21 个县域单元生态系统服务价值均有增长。其中涪陵、江津、合川等 3 个区县生态系统服务价值增长均超过 10 亿元,南山山系附近的巴南、长寿、綦江以及中梁山、缙云山山系附近的潼南、永川、铜梁等 6 个区县生态系统服务价值增加均超过 5 亿元,主城区中渝中区、大渡口区、沙坪坝

区生态系统服务价值增加均不足 0.6 亿元。

采用各区县单元生态系统服务价值增长值与研究期始值之比衡量其生态系价值变化程度,结果显示,主城区中的渝中区、江北区、南岸区、大渡口区、九龙坡区等区县变化程度最高,其原因是前期生态系统服务总价值较低,10 a 间水域面积有所扩大,同时城市发展开展注重生态环境保护,林地、园地及建成区中绿地增加,使得其价值变化高于其他区域;此外,研究区域北部的潼南、合川、长寿未利用地开发程度较低而草地、林地、园地等面积增加,使得其价值变化较高;研究区中等价值变化程度出现在西部的铜梁、大足、永川、荣昌等区县。而区域价值最稳定的区县分布在中部缙云山、中梁山地区及东南部山地区,具有森林覆盖度高、10 a 间用地结构较稳定的特点。

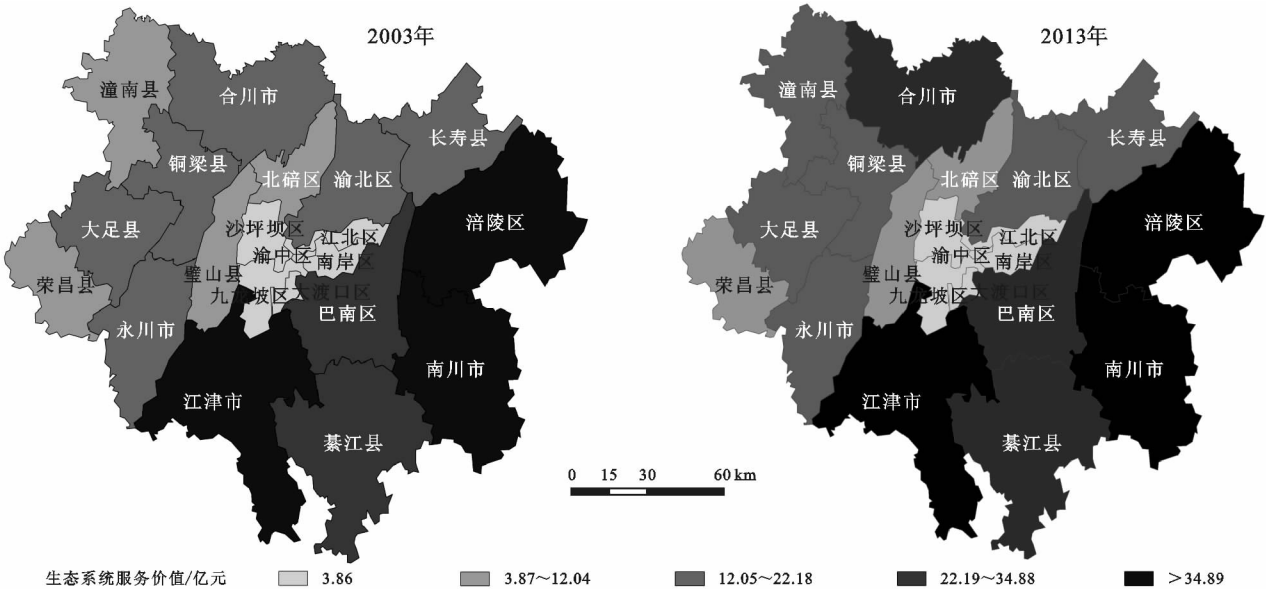


图 1 重庆市大都市区生态系统服务价值

2.2 社会经济综合发展水平时空格局分析

运用熵值法分别计算 2003 年、2013 年研究区 21 个地域单元的社会经济综合发展水平得分(表 3),分值介于 0~1,越接近 1,表示社会经济综合发展水平越高。同时采用 NICH 指数^[22]衡量各地域单元间的社会经济综合发展得分相对增长率,当 NICH 值大于 1 时,表示该地域单元增长速度大于整个研究区水平。结果表明,10 a 间研究区社会经济综合发展水平均有提升,但发展水平不平衡,地域单元间差距逐渐加大。除巴南区、大渡口区外,主城区社会经济发展明显高于整个研究区,此外西部的璧山、永川、江津及东部的涪陵区社会发展水平也较高。

为更直观反映研究区社会经济综合发展水平,采用自然断点法将社会经济综合发展水平得分划分为高、较高、中等、较低、低五个等级(图 2)。结合图表

发现:研究区社会经济综合发展水平具有从区域中部向外逐渐降低的态势,都市功能核心区如渝中、江北、渝北等由于地理优势明显、开发历史悠久,金融商贸频繁,一直是研究区社会经济发展的核心地带;东部涪陵区设区早,矿产资源、劳动力丰富,社会经济发展较好;而西北部、东南部地区地理位置较偏僻,受地形影响,交通运输条件相对落后,限制了经济流通效率,成为研究区社会经济发展的“洼地”;研究区中部、西部社会经济综合发展水平变化幅度较大,其中南岸区大力发展物流、会展行业,沙坪坝区着力发展第二产业并建立保税港,社会经济发展速度相对领先,由较高水平区转变为高水平区;北碚区加强高等学校与区域经济的互动,社会经济发展加快,到 2013 年,已进入较高水平等级;受政策影响,永川、璧山等区县社会

经济得到发展,而合川、长寿等区县发展速度相对较缓,造成区域中等水平区向西南方向转移。

2.3 空间自相关性分析

2.3.1 双变量全局空间自相关 本文采用 GeaDa 空间分析工具,以空间距离法建立权重矩阵,得到 2003 年、2013 年研究区社会经济综合发展水平与生态系统服务价值间的双变量全局 Moran's I 分别为 -0.293 425,-0.354 318 指数,其双变量 Moran's I 均小于 0,通过显著性检验,说明研究区社会经济综

合发展水平与生态系统服务价值之间空间集聚模式呈现显著的空间负相关。且 2013 年空间负相关程度较 2003 年强,表明 2013 年空间集聚特征较 2003 年有所增加。

2.3.2 双变量局部空间自相关 根据双变量局部空间自相关分析,得到 2003 年、2013 年社会经济综合发展水平与生态系统服务价值双变量 LISA 聚集图(图 3),表征社会经济综合发展水平高低与生态系统服务价值高低的不同局部空间异质性,具体类型包括如下:

表 3 重庆市大都市区社会经济综合发展水平分值

地域单元	2003 年	2013 年	NICH 指数	地域单元	2003 年	2013 年	NICH 指数	地域单元	2003 年	2013 年	NICH 指数
渝中	0.35	0.65	1.33	渝北	0.33	0.66	1.24	璧山	0.18	0.49	1.16
大渡口	0.26	0.48	0.85	巴南	0.23	0.48	0.98	江津	0.22	0.49	1.03
江北	0.30	0.62	1.19	綦江	0.18	0.42	0.91	合川	0.20	0.44	0.88
沙坪坝	0.29	0.60	1.17	潼南	0.15	0.36	0.79	永川	0.18	0.48	1.17
九龙坡	0.31	0.59	1.06	铜梁	0.18	0.37	0.75	南川	0.16	0.36	0.77
南岸	0.29	0.61	1.21	大足	0.17	0.41	0.88	涪陵	0.27	0.55	1.05
北碚	0.22	0.52	1.12	荣昌	0.15	0.38	0.85	长寿	0.20	0.41	0.81

注:NICH 指数通过计算 2013 年、2003 年各地域单元得分差比上整个研究区得分差(本文中取值为 0.26)得到。

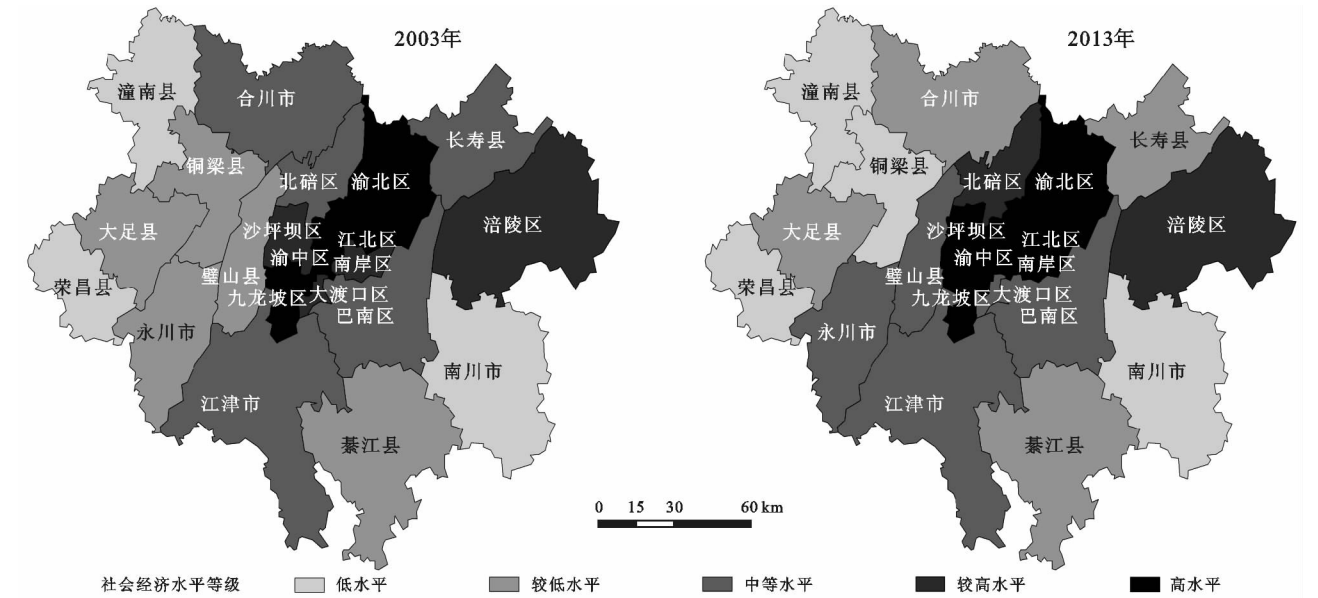


图 2 重庆市大都市区社会经济综合发展水平等级

高一高聚集区主要分布在区域中部的巴南区、2013 年新增渝北区,范围向北扩大。该聚集区紧邻社会经济发展程度最好的都市核心区,得益于邻近溢出效应,社会经济发展较好。与此同时,巴南区范围内的南山具有丰富的森林资源,区域林地占比超过 28%,生态系统服务价值处于区域较高水平,到 2013 年,巴南区林地、园地明显增加,生态系统服务价值增加近 18 万元;此外,由于退耕还林还草政策影响,渝北区范围内铜锣山、明月山等森林资源得到保护,区域林地占比达到 26%,园地、草地也有所增加,弥补了建设用地增加带来的价值损失,生态系统服务价值提高 11 万元,成为新的高一高区域。

低—低聚集区 2003 年分布在荣昌、大足、永川等区县,该区位于研究区西部边缘地带,与主城区联系紧密度较低,发展相对独立且开发强度不足,客观上造成社会经济发展水平较低;同时该区土地利用类型以耕地为主,林地资源较缺乏,生态系统服务价值相对较低。但到 2013 年,低—低聚集区范围缩小,仅有荣昌县表现这一聚集性质。其原因是随着“成渝经济圈”“五大功能区”等规划制定,永川、大足区优势逐渐显现,对内连接都市功能核心区和拓展区,承接主城区“退二进三”向外的产业转移,对外位于“成渝经济圈”的腹地地带,加强与四川等毗邻地区合作,一定程度上促进工业化、城镇化发展,社会经济得到较快发展,低—低聚集性质消失;

而荣昌区位于西部边缘地带,与主城区联系紧密度较低,发展相对独立,自身优势不明显区域边缘,社会经济发展水平提高较小,仍保持低—低聚集性质。

高一低聚集区主要集中在高一高聚集区以西、区域中部的主城区。该区中心的都市核心区是研究区社会经济发展的主要增长极,辐射带动周边区县社会经济发展,同时随着社会经济发展,区域人口高度聚集、建设需求剧增,生态环境破坏加重,导致该区社会经济发展与生态环境保护失衡,可持续发展受到限

制。到 2013 年,渝北区生态系统服务价值提高,聚集性质转变,导致高一—低聚集区面积收缩。

低—高聚集区分布在东南部的南川市。该区属大娄山山脉区,森林覆盖率超过 50%,具有良好的生态资源。同时该区山地面积比为 98.78%,地势崎岖,交通受限,在一定程度上制约了区域人口、产业聚集和城镇发展,经济发展以农业经济为主,限制该区社会经济综合发展水平。因此表现出较明显的低社会经济发展水平—高生态系统服务价值的空间聚集形态。

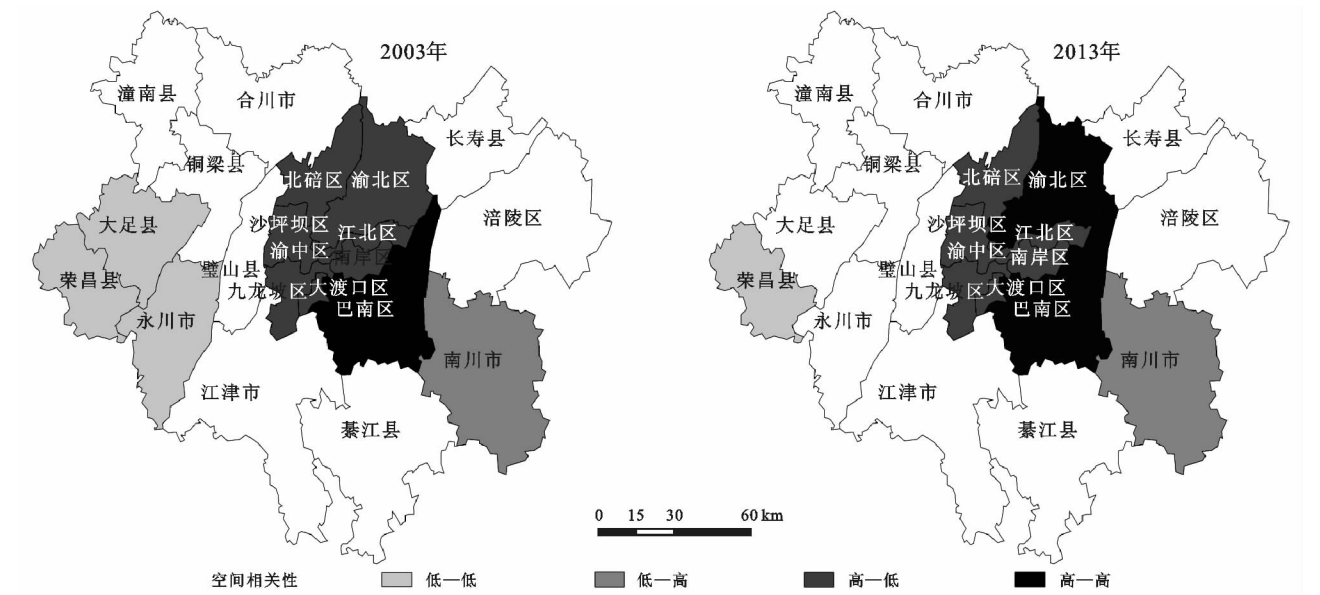


图 3 社会经济综合发展水平与生态系统服务价值双变量 LISA 聚集图

3 讨论

研究区社会经济综合发展水平与生态系统服务价值存在空间负相关,需要防止社会经济快速发展可能导致的环境衰退恶化,从而促进区域社会经济与生态协调发展。基于社会经济综合发展水平和生态系统服务价值的空间局部异质性,区域中部主城区应对城市发展规模、速度有所控制,适当疏解人口,加大生态环境保护力度,提高环境质量,完善生态环境保护规划,尤其注重保护城市发展过渡带的生态环境,力求社会经济与生态系统的可持续发展;区域西部应完善交通体系,加强与主城区联系,充分利用政策优势,重点发展工业经济,统筹城乡发展,同时更加注重生态环境保护,充分利用山脉、河流、农田等自然界线合理规划布局城镇发展,坚守耕地红线、生态安全格局,以改善区域生态环境水平,建立现代山水田园新城市;区域东部、东南部山地丘陵地区是研究区生态环境最好的地区,应将保生态文明建设放在突出位置,在保持现有生态优势基础上开展社会经济发展,最大限度减少社会经济发展对生态环境的影响和破坏。

4 结论

- (1) 重庆市大都市区生态系统服务价值呈现东南高西北低,区域中部主城区出现低生态系统服务价值组团的基本形态,都市核心区价值变化最为明显,中梁山、缙云山以及大娄山山系的南川、綦江等变化相对稳定。社会经济综合发展水平方面,整体上形成区域中部以都市功能核心区逐渐向外降低的趋势,研究区中部、西部社会经济综合发展水平变化较为明显。10 a 间高水平、较高水平区域范围增加但无明显位移,中等水平向西南转移,较低水平更加分散,低水平范围扩大。
- (2) 社会经济综合发展水平与生态系统服务价值间存在负的空间相关性,2013 年负相关性高于 2003 年。高一高、高一低聚集区分布在区域中部社会经济水平较为发达的主城区,低—低聚集区主要分布在社会经济发展相对落后的西部地区,低—高聚集区分布区域东南部大娄山区的南川市。到研究期末,高一高聚集区增加,高一低聚集区和低—低聚集区范围缩小,低—高聚集区无明显变化。
- (3) 本文采用学术界普遍认可的 Costanza 和谢高地等提出的生态系统服务价值估算方法,并根据重

庆市相关研究进行修正,其结果基本符合研究区实际情况,但生态系统服务价值估算方法需进一步完善,并考虑空间尺度转换、自然因素如气候、海拔等对生态系统服务价值的影响;本文从6个层面构建综合测度指标体系,较为全面地反映研究区社会经济综合发展水平高低,但随着区域发展要求日益多样化,社会各界更加关注不同尺度的区域发展,因此有必要针对微观区域的具体情况,选取可以测度评估小尺度单元如乡镇、街道、社区等^[18]的社会经济发展指标;本文采用双变量空间自相关分析社会经济发展和生态系统服务价值的空间相关性特征,是实施差异化社会经济与生态环境协调发展的重要依据,今后需从空间规划和管控方面进一步研究空间相关性对重庆市开展区县层面“多规合一”工作的作用。

参考文献:

- [1] 刘耀彬,李仁东,宋雪锋.中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析[J].地理学报,2005,60(2):237-247.
- [2] 杨振,牛叔文,常慧丽,等.基于生态足迹模型的区域生态经济发展持续性评估[J].经济地理,2005,25(4):542-546.
- [3] 左其亭,陈嘻.社会经济—生态环境耦合系统动力学模型[J].上海环境科学,2001,20(12):592-595.
- [4] 方创琳,杨玉梅.城市化与生态环境交互耦合系统的基本定律[J].干旱区地理,2006,29(1):1-8.
- [5] 姚小微,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.
- [6] 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.
- [7] Bolund P, Hunhammar S. Ecosystem services in urban areas[J]. Ecological Economics, 1999,29(2):293-301.
- [8] 石晓丽,王卫.生态系统功能价值综合评估方法与应用:以河北省康保县为例[J].生态学报,2008,28(8):3998-4006.
- [9] 叶延琼,章家恩,李韵,等.基于农用地变化的社会经济驱动因子对广东省农业生态系统服务价值的影响[J].农业现代化研究,2011,32(6):740-741.
- [10] 马骏,马朋,李昌晓,等.基于土地利用的三峡库区(重庆段)生态系统服务价值时空变化[J].林业科学,2014,50(5):17-26.
- [11] 吴沛瑶,陈龙乾,张宇,等.社会经济发展对土地生态服务价值的影响:以江苏省徐州市为例[J].江苏农业科学,2015,43(4):435-438.
- [12] 郜红娟,韩会庆,罗绪强.贵州省生态系统服务价值与社会经济空间相关性分析[J].水土保持研究,2016,23(2):262-266.
- [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] 汪小平,周宝同,王小玉,等.重庆市土地利用变化及其生态系统服务价值响应[J].西南师范大学学报:自然科学版,2009,34(5):225-229.
- [15] 王刚,谢世友.基于土地利用变化的重庆市生态系统服务功能价值评估[J].西南师范大学学报:自然科学版,2011,36(5):177-181.
- [16] 丛海彬,邹德玲,吴福象.中国社会经济综合发展水平时空格局演化及驱动因素[J].经济地理,2015,35(7):21-29.
- [17] 陈明星,陆大道,张华.中国城市化水平的综合测度及其动力因子分析[J].地理学报,2009,64(4):387-398.
- [18] 徐勇,樊杰.区域发展差距测度指标体系探讨[J].地理科学进展,2014,33(9):1159-1166.
- [19] 张松林,张昆,全局空间自相关 Moran 指数和 G 系数对比研究[J].中山大学学报:自然科学版,2007,46(4):93-97.
- [20] Anselin L. The Local Indicators of Spatial Association: LISA[J]. Geographical Analysis, 1995,27(2):93-115.
- [13] 郑德凤,臧正,孙才志.改进的生态系统服务价值模型及其在生态经济评价中的应用[J].资源科学,2014,36(3):584-593.
- [14] 欧阳志云,朱春全,杨广斌,等.生态系统生产总值核算:概念核算方法与案例研究[J].生态学报,2013,33(21):6747-6761.
- [15] 蓝盛芳,钦佩袁,陆宏芳.生态经济系统能值分析[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [16] 金丹.矿山生态系统物能流核算[D].徐州:中国矿业大学出版社,2012.
- [17] 金丹,卞正富.基于能值和 CEP 的徐州市生态文明核算方法研究[J].中国土地科学,2013,27(10):88-94.
- [18] Odum H T. Handbook Engineering Sciences, of Emergy Evaluation Folio2: Emergy of Global Processes. Gainesville: Center for Environmental Policy[J]. Environmental University of Florida, 2000, 34(9):9-13.
- [19] 喻锋,李晓波,张丽君,等.中国生态用地研究:内涵、分类与时空格局[J].生态学报,2015,35(14):1-15.
- [20] 喻锋,李晓波,王宏,等.基于能值分析和生态用地分类的中国生态系统生产总值核算研究[J].生态学报,2016,36(6):5-10.
- [21] 郭年冬,李恒哲,李超,等.基于生态系统服务价值的环京津地区生态补偿研究[J].中国生态农业学报,2015,23(11):1473-1480.

(上接第 329 页)