

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2019.12.011

重庆市三峡库区县域生态文明发展水平时空演化^①

张 贤¹, 祁鹏卫², 苏维词^{1,3}

1. 重庆师范大学 地理与旅游学院/三峡库区地表过程与环境遥感实验室, 重庆 401331;
2. 四川省林业和草原调查规划院, 成都 610081; 3. 贵州省山地资源研究所, 贵阳 550001

摘要: 以三峡工程主体所在的重庆市三峡库区 22 个区县为评价单元, 从生态环境、生态经济、生态生活、生态制度、生态文化 5 个方面选取 20 项指标建立生态文明评价指标体系, 通过熵权法和多因子加权法计算各区县生态文明指数, 并运用 ArcGIS 10.5 软件的自然断点分级法对各区县生态文明发展程度进行空间分级及可视化, 分析近 10 年来重庆市三峡库区生态文明发展水平的时空演化特征, 初步揭示库区各区县在生态保护与经济社会发展中的矛盾和短板。研究发现: ① 2006—2016 年, 重庆市三峡库区各区县生态文明发展水平整体提高, 但各区县增速差距较大, 生态文明指数均值由 2006 年的 0.135 增长到 2016 年的 0.413, 增幅为 205.93%, 其中增长幅度最大的江北增幅为 370.53%, 最小的武隆增幅为 150.49%。② 2006—2016 年, 重庆市三峡库区生态文明发展水平高低集聚格局基本稳定, 但以生态经济为主导优势的新型高值区正在形成。重庆市三峡库区生态文明发展水平高值区主要分布在以巫溪、巫山为集聚中心的库区东北部, 以石柱、武隆为集聚中心的库区东南部, 以及正在形成的以渝中为中心的主城区; 而低值区则主要分布在长江以北的大片区域。

关键词: 生态文明发展水平; 县域; 格局演化; 重庆市三峡库区

中图分类号: X826

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2019)12-0074-10

生态文明是以人与自然、人与人、人与社会和谐共生、良性循环、全面发展、持续繁荣为基本宗旨的文明形态, 其建设水平直接体现一个社会的文明程度^[1-3]。我国自首次提出生态文明建设到现在把生态文明建设提升到前所未有的战略高度, 凸显了我国新时期、新形势下生态文明建设的重要性、必要性和紧迫性^[4-7]。三峡库区作为我国重要的生态功能区和水源涵养区, 是世界最大水利枢纽工程所在地, 也是我国南水北调中线远景取水点, 其生态地位重要而特殊^[8]。同时, 三峡库区分布有我国内陆山水特大城市重庆市和广大的农村居民点, 人类活动频繁, 人地矛盾突出, 库区农村经济社会发展相对滞后, 扶贫攻坚奔小康任务繁重^[9], 因而如何在生态保护优先的基础上加快经济社会发展显得十分迫切。由于三峡库区主体位于重庆市, 因此开展重庆市三峡库区生态文明发展水平评价研究, 揭示库区生态保护与经济社会发展中的矛盾和短板, 对于加快推进库区经济社会发展、维护库区生态安全具有十分重要的意义^[10-12]。

近年来, 随着全球环境问题的日益严峻, 开展生态文明建设和实现可持续发展逐渐成为大多数国家的共识。国内外学者对“生态文明建设”这一课题进行了大量研究, 其中, 国外学者的研究主要集中在生态环境和社会经济的可持续发展问题上, Morrison 和 Gare 等^[13-14]学者主要研究了城市化对生态环境的影响,

① 收稿日期: 2018-10-13

基金项目: 国家“十三五”重点研发计划课题(2016YFC0400708)。

作者简介: 张 贤(1995—), 女, 硕士研究生, 主要从事资源环境遥感与 GIS 应用方面的研究。

通信作者: 苏维词, 研究员。

而 Mc 和 Prastacos 等^[15-16]学者则尝试通过构建数理模型来分析生态环境与社会经济发展的关系,目前应用较广的主要有“压力—状态—响应”模型和“驱动—状态—响应”模型。自 2007 年国家提出进行生态文明建设后,国内学者主要围绕生态文明建设的理念和内涵、生态文明建设评价指标体系构建及区域评价等方面开展了研究,其中,牛文元、谷树忠等^[17-18]学者分别探讨了生态文明建设的理念和科学内涵;高珊、Feng 等^[19-20]学者以江苏省为例研究了生态文明指标体系的构建问题;宓泽锋、张欢、刘凯等^[21-23]学者分别用不同的方法对中国省域生态文明建设进行了评价和分析。具体到三峡库区,目前的相关研究主要集中在生态安全评价^[24]、生态系统健康评价^[25]、生态与环境敏感性评价^[26-27]、生态脆弱性评价^[28]等方面。而对三峡库区生态文明发展水平的评价,目前还没有公开的成果发表,特别是以区县为单元的县域生态文明发展水平研究更是少见。基于此,本文以重庆市三峡库区 22 个区县为评价单元,在参考《国家生态文明建设示范县指标(2017 年修订)》^[29],并借鉴其他相关研究成果的基础上,选取 2006 年和 2016 年 2 个时间断面,科学构建重庆市三峡库区生态文明建设评价指标体系,分别计算各时间断面上库区各区县生态文明发展水平指数,并运用 ArcGIS 10.5 软件的自然断点分级法对评价结果进行空间可视化,进而分析近 10 年来重庆市三峡库区各区县生态文明发展状况及其时空格局演化,揭示库区生态保护与经济社会发展中的矛盾,以为三峡库区及西南山地区域生态文明建设、脱贫攻坚等发展政策的制定提供一定参考。

1 研究区概况

三峡库区地处我国第二、三级阶梯地貌过渡地带,跨越川东平行岭谷地带及鄂中山区峡谷,北靠大巴山、南依大娄山脉,是长江上游地区重要的水源涵养区和生态保护区,也是生物多样性富集区。三峡库区重庆段(图 1),地理范围在北纬 $28^{\circ}31' - 31^{\circ}44'$ 、东经 $105^{\circ}49' - 110^{\circ}12'$ 之间,主要包括奉节、石柱、江津等 22 个区、县,幅员面积约 4.62 万 km^2 。三峡库区重庆段地形、地貌复杂,以丘陵、山地为主;属于亚热带季风气候,四季分明、立体气候明显;境内江河纵横,地表水资源丰富,主要有长江、嘉陵江、乌江等;

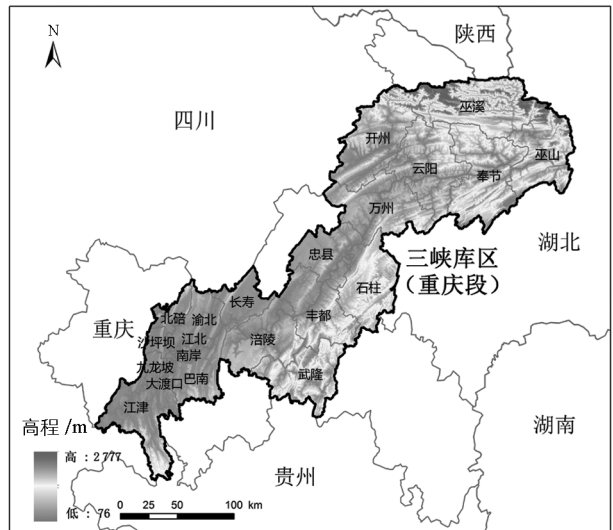
土壤类型多样,主要为冲积土、紫色土、水稻土等;植被种类丰富,垂直地带性明显,是我国重要的动植物资源宝库。截至 2016 年底,常住人口 1 331.01 万人,地区生产总值 6 901.40 亿元,经济发展水平和基础设施服务能力相对滞后,人口流出趋势明显,城镇化水平也比较低。

2 生态文明发展水平的影响因素分析与指标体系构建

2.1 影响因子分析

生态文明是贯穿于经济建设、政治建设、文化建设、社会建设全过程和各方面的系统工程,反映一个社会的文明进步状态,其基础层必须有稳定平衡的生态环境(含生态空间)和生态制度,保证层主要是生态经济、生态生活、生态文化,其中,良好的生态环境是生态文明建设的自然本底,完善的制度体系是生态文明建设的坚强保障,着力转变经济发展方式是生态文明建设的根本途径,实现绿色生活方式、形成生态文化是生态文明建设的重要内容^[19-22]。

生态文明是人与自然、人与社会环境和谐统一、可持续发展的文明成果的总和,是人与自然交流融通



底图来源于中国地图出版社,审图号:GS(2010)1540号。

图 1 重庆市三峡库区区位图

的状态^[1-2,9,17]. ① 自然的角度. 在生态环境层面, 选取森林覆盖率、全年优良天数比例、饮用水源地水质达标率、区域环境噪声、中度及以上水土流失面积占幅员面积比例等指标, 定量评价生态文明建设的自然基础因素; ② 社会的角度. 在生态制度层面, 选取教育经费占地方财政支出比例、人均可支配收入等指标, 在一定程度上定量评价生态文明建设的社会保障因素; ③ 个人的角度. 从生态经济、生态生活、生态文化 3 个层面, 选取人均地区生产总值、人均地方财政收入、人口自然增长率、人均林地面积、单位地区生产总值用水量、单位地区生产总值能耗、第三产业增加值占 GDP 比重、公众环境状况满意率等指标, 作为保证层较全面的定量评价因素.

2.2 指标体系构建

参考《国家生态文明建设示范县指标(2017 年修订)》^[29], 遵循全面性、导向性、综合性、可操作性、动态性、地域性原则, 从生态制度、生态环境、生态经济、生态生活、生态文化等 5 个层面(共 20 个评价指标)构建指标体系(表 1).

表 1 生态文明指标体系

类别	指标代号	指标	单位	指标属性
生态环境	R1	森林覆盖率	%	+
	R2	全年优良天数比例	%	+
	R3	饮用水源地水质达标率	%	+
	R4	人均水资源拥有量	立方米/人	+
	R5	区域环境噪声	分贝	-
	R6	SO ₂	μg/m ³	-
	R7	NO ₂	μg/m ³	-
	R8	PM10	μg/m ³	-
	R9	中度及以上水土流失面积占幅员面积比例	%	-
生态经济	R10	单位面积产业产出值	万元/km ²	+
	R11	单位地区生产总值用水量	m ³ /万元	-
	R12	单位地区生产总值能耗	吨标煤/万元	-
	R13	第三产业增加值占 GDP 比重	%	+
	R14	人均地区生产总值	元/人	+
	R15	人均地方财政收入	元/人	+
生态生活	R16	人口自然增长率	%	-
	R17	人均林地面积	km ² /万人	+
生态制度	R18	人均可支配收入	元/人	+
	R19	教育经费占地方财政支出比例	%	+
生态文化	R20	公众环境状况满意率	%	+

3 数据与方法

3.1 数据来源

本文以重庆市三峡库区 22 个区县为评价单元, 共选取 20 项评价指标, 数据主要来源于 2006 年和 2016 年《重庆市统计年鉴》《重庆市国民经济和社会发展统计公报》《重庆市水资源公报》《重庆市水土保持公报》《重庆市环境状况公报》《重庆市森林资源公报》, 以及重庆市各区县 2006 年和 2016 年《政府工作报告》等.

3.2 研究方法

在生态文明发展水平的评价中,本文采用熵权法来确定各评价指标的权重^[30].熵权法确定各指标的权重,既秉承了传统方法简便易操作的优点,又较大程度地克服了专家咨询打分易受个人主观因素影响的不足,使指标权重的确定更趋于科学、合理;采用定量的研究方法,可实现生态文明发展水平的评价结果可视化,有利于直观分析其时空格局演化.同时,由于生态文明建设内涵极其丰富,有些约束性指标无法实现量化,如生态文明建设规划、空间规划、自然资源资产负债表等的编制实施情况,生态保护红线、耕地红线等的划定遵守情况,这些生态文明制度性指标的缺失在一定程度上会影响生态制度层面评价的精确程度,但对生态文明建设整体评价结果影响不大,特别是这些制度性约束指标在整个评价区域具有一致性,对各区县生态文明建设水平横向间的影响微乎其微.

熵权法是一种客观赋值法,熵值反映指标信息的无序化程度.一般地,指标熵值越小,说明提供的有效信息量越多,指标权重也越大;反之,若指标熵值较大,说明提供的信息量越少,指标权重也就越小.其主要计算步骤如下:

1) 建立 m 个样本、 n 个评价指标的判断矩阵 \mathbf{X} :

$$\mathbf{X} = [x_{ij}]_{m \times n} (i = 1, 2, \dots, n); (j = 1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

2) 将判断矩阵 \mathbf{X} 按照如下的规则进行标准化处理,得到标准化的矩阵 \mathbf{X}' :

$$\mathbf{X}' = [x'_{ij}]_{m \times n} (i = 1, 2, \dots, n); (j = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (3)$$

$$x'_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (4)$$

式(2)中,对正向指标的标准化方法为式(3),对负向指标的标准化方法为式(4); x_{\min}, x_{\max} 分别为各指标的最小值和最大值.

3) 根据熵的定义,可以确定评价指标的熵为:

$$H_i = -k \left(\sum_{j=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \right) (i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

式(5)中, $f_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{j=1}^m x'_{ij}}$; $k = \frac{1}{\ln n}$, 当 $f_{ij} = 0$ 时, 令 $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$.

4) 根据上述熵值可得评价指标的权重值 W_i :

$$W_i = \frac{1 - H_i}{\sum_{i=1}^n (1 - H_i)} \quad (6)$$

通过以上计算,最终得到 20 项指标的信息熵和权重值(表 2).

表 2 生态文明各指标信息熵及权重

指标	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
信息熵	0.971	0.963	0.991	0.707	0.975	0.966	0.966	0.973	0.963	0.763
权重	0.017	0.021	0.005	0.171	0.014	0.020	0.020	0.016	0.022	0.138
指标	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20
信息熵	0.977	0.990	0.811	0.885	0.873	0.981	0.823	0.901	0.820	0.981
权重	0.013	0.006	0.110	0.067	0.074	0.011	0.103	0.057	0.105	0.011

4 生态文明发展水平比较

4.1 2006 年生态文明发展水平

2006 年重庆市三峡库区生态文明发展水平整体较低(表 3), 且区域间数值差距较小, 处于生态文明建设低水平状态. 2006 年重庆市三峡库区生态文明指数平均值为 0.135, 数值较高的巫溪和武隆分别为 0.213 和 0.206, 其他 20 个区县则都处于 0.095~0.184 之间, 数值最低的江北仅为 0.095. 本文运用 ArcGIS 10.5 软件的自然断点分级法将库区各区县数据分为 3 级, 其中生态文明指数相对较高的区县为武隆、石柱、巫溪、巫山, 占总区县数的 18.18%; 渝中、丰都、涪陵等 8 个区县生态文明指数中等, 占总区县数的 36.36%; 云阳、北碚、江北等 10 个区县生态文明指数相对较低, 占总区县数的 45.46%.

表 3 2006 年各区县指标标准化值及生态文明指数

区县	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	生态文明指数
渝中	0.261	0.190	0.887	0.000	0.443	0.200	0.088	0.113	1.000	0.247	1.000	1.000	0.007	0.198	0.188	1.000	0.000	0.171	0.000	0.387	0.155
渝北	0.390	0.303	0.982	0.003	0.633	0.588	0.579	0.299	0.289	0.022	0.893	0.971	0.002	0.107	0.115	0.854	0.051	0.150	0.001	0.712	0.129
江北	0.000	0.070	0.932	0.000	0.405	0.150	0.000	0.186	0.210	0.048	0.905	0.983	0.003	0.124	0.189	0.862	0.006	0.212	0.001	0.316	0.095
九龙坡	0.317	0.078	0.944	0.001	0.481	0.075	0.193	0.186	0.479	0.053	0.925	0.905	0.003	0.186	0.073	0.834	0.006	0.291	0.001	0.297	0.110
沙坪坝	0.195	0.000	0.896	0.001	0.734	0.388	0.579	0.052	0.403	0.038	0.870	0.981	0.003	0.118	0.153	0.857	0.011	0.193	0.000	0.406	0.115
南岸	0.363	0.211	1.000	0.001	0.873	0.063	0.439	0.371	0.405	0.036	0.890	0.954	0.002	0.099	0.099	0.819	0.008	0.160	0.001	0.467	0.114
大渡口	0.376	0.254	1.000	0.000	0.671	0.000	0.035	0.000	0.425	0.084	0.798	0.797	0.000	0.163	0.171	0.821	0.008	0.478	0.000	0.259	0.126
巴南	0.365	0.176	0.881	0.003	0.405	0.250	0.579	0.299	0.357	0.020	0.822	0.967	0.001	0.064	0.055	0.901	0.081	0.134	0.004	0.146	0.105
北碚	0.449	0.204	1.000	0.002	0.823	0.350	0.596	0.443	0.404	0.025	0.684	0.898	0.002	0.063	0.049	0.895	0.040	0.127	0.001	0.712	0.119
长寿	0.460	0.796	0.983	0.003	1.000	0.475	0.632	0.361	0.329	0.016	0.411	0.000	0.001	0.062	0.058	0.505	0.044	0.088	0.004	0.495	0.116
涪陵	0.449	0.929	0.887	0.012	0.405	0.150	0.596	0.464	0.292	0.026	0.592	0.808	0.002	0.074	0.065	0.613	0.130	0.074	0.001	0.491	0.124
江津	0.406	0.929	0.991	0.006	0.418	0.350	0.702	0.495	0.605	0.017	0.088	0.573	0.002	0.052	0.045	0.751	0.091	0.107	0.004	0.769	0.127
万州	0.305	0.958	0.915	0.008	0.608	0.663	0.895	0.371	0.161	0.016	0.709	0.910	0.003	0.041	0.030	0.684	0.086	0.060	0.003	0.491	0.128
开州	0.388	0.922	0.991	0.010	0.266	0.863	0.842	0.423	0.053	0.013	0.441	0.800	0.002	0.019	0.015	0.300	0.163	0.046	0.007	0.000	0.117
忠县	0.293	0.796	1.000	0.007	0.405	0.538	0.754	0.515	0.480	0.013	0.608	0.867	0.002	0.020	0.015	0.342	0.086	0.046	0.004	0.491	0.117
丰都	0.474	0.845	0.993	0.016	0.620	0.963	0.719	0.711	0.250	0.014	0.318	0.690	0.002	0.017	0.010	0.000	0.258	0.056	0.004	0.509	0.141
云阳	0.274	1.000	0.972	0.014	0.430	1.000	0.754	0.443	0.000	0.012	0.502	0.969	0.002	0.006	0.001	0.026	0.168	0.028	0.007	0.458	0.121
奉节	0.533	0.838	0.981	0.020	0.089	0.763	0.386	0.588	0.005	0.012	0.720	0.979	0.002	0.015	0.007	0.556	0.337	0.030	0.006	0.660	0.138
巫山	0.737	0.958	0.991	0.024	0.241	0.925	0.895	0.546	0.231	0.000	0.663	0.972	0.003	0.006	0.011	0.401	0.461	0.031	0.004	0.217	0.168
巫溪	0.692	1.000	0.000	0.054	0.215	0.913	1.000	0.959	0.428	0.011	0.539	0.958	0.002	0.000	0.000	0.466	0.745	0.000	0.007	0.684	0.213
武隆	0.637	0.922	0.209	0.049	0.418	0.650	0.860	1.000	0.396	0.018	0.473	0.935	0.002	0.039	0.041	0.432	0.668	0.061	0.002	0.755	0.206
石柱	0.626	0.894	1.000	0.031	0.468	0.513	0.825	0.577	0.602	0.014	0.625	0.915	0.002	0.020	0.015	0.405	0.537	0.030	0.005	0.755	0.184

在空间分布上, 2006 年重庆三峡库区生态文明发展水平(图 2-a)高低集聚空间特征明显, 且整体格局均衡. 高值区(0.156~0.213)主要在重庆三峡库区东北部的巫溪、巫山等大巴山边缘和库区西南部的武隆、石柱等武陵山边缘地区, 2006 年这些区域生态环境较好, 人口较少, 特别是森林覆盖率、人均水资源拥有量、人均林地面积等指标数值较高. 低值区(0.095~0.121)则主要分布在除渝中以外的主城区及周边区县, 这些区域经过大规模的城市化和工业化, 自然环境水平较低, 特别是 SO_2 , NO_2 等污染严重, 同时粗放式工业生产使单位面积产业产出值、人均地区生产总值等指标数值不高, 2006 年处于低值集聚状态.

4.2 2016 年生态文明发展水平

2016 年重庆市三峡库区生态文明发展水平整体较高(表 4), 生态文明指数大幅提升, 生态文明建设初见成效, 但区域间数值差距较大. 2016 年重庆市三峡库区生态文明指数平均值为 0.413, 数值较高的渝中达 0.603, 其他区县处于 0.338~0.582 之间, 数值最低的开州为 0.338. 采用自然断点分级法将 2016 年各区县数据分为 3 级, 其中生态文明指数较高的区县为渝中、武隆、石柱、巫溪, 占总区县数的 18.18%; 江北、巫山、九龙坡、沙坪坝、奉节等 5 个区县生态文明指数中等, 占总区县数的 22.73%; 南岸、大渡口、开州等 13 个区县生态文明指数相对较低, 占总区县数的 59.09%.

表 4 2016 年各区县指标标准化值及生态文明指数

区县	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	生态文明指数
渝中	0.363	0.408	1.000	0.001	0.228	0.938	0.035	0.433	1.000	1.000	0.963	0.999	1.000	1.000	0.866	0.845	0.000	1.000	0.590	0.558	0.603
渝北	0.456	0.535	1.000	0.036	0.747	0.938	0.351	0.598	0.508	0.065	0.838	0.980	0.417	0.494	0.412	0.683	0.042	0.860	0.714	0.699	0.366
江北	0.039	0.514	1.000	0.011	0.696	0.925	0.509	0.567	0.602	0.221	0.828	0.987	0.748	0.555	1.000	0.726	0.005	0.958	0.558	0.549	0.447
九龙坡	0.317	0.563	1.000	0.016	0.557	0.938	0.456	0.588	0.768	0.109	0.851	0.967	0.567	0.557	0.546	0.714	0.007	0.932	0.936	0.558	0.425
沙坪坝	0.195	0.415	1.000	0.012	0.759	0.938	0.368	0.608	0.728	0.085	0.789	0.976	0.582	0.421	0.667	0.715	0.009	0.929	0.754	0.548	0.398
南岸	0.524	0.528	1.000	0.013	0.671	0.900	0.456	0.567	0.717	0.113	0.804	0.967	0.423	0.523	0.901	0.688	0.008	0.935	0.510	0.591	0.390
大渡口	0.485	0.507	1.000	0.011	0.671	0.938	0.140	0.505	0.659	0.067	0.665	0.891	0.626	0.310	0.605	0.740	0.007	0.918	0.725	0.555	0.380
巴南	0.565	0.500	1.000	0.078	0.759	0.913	0.404	0.577	0.623	0.057	0.725	0.968	0.479	0.364	0.351	0.808	0.083	0.840	0.792	0.585	0.379
北碚	0.676	0.493	1.000	0.043	0.949	0.925	0.526	0.619	0.630	0.056	0.579	0.906	0.325	0.359	0.389	0.813	0.037	0.848	0.800	0.760	0.363
长寿	0.599	0.507	1.000	0.047	0.835	0.838	0.754	0.577	0.640	0.039	0.323	0.223	0.378	0.329	0.499	0.836	0.044	0.666	0.706	0.544	0.344
涪陵	0.596	0.655	1.000	0.107	0.506	0.813	0.421	0.670	0.535	0.067	0.530	0.795	0.342	0.477	0.592	0.807	0.135	0.685	0.634	0.587	0.371
江津	0.626	0.225	1.000	0.123	0.759	0.850	0.474	0.577	0.732	0.039	0.000	0.748	0.293	0.296	0.531	0.809	0.096	0.710	0.804	0.595	0.355
万州	0.683	0.746	1.000	0.097	0.747	0.913	0.596	0.742	0.493	0.054	0.624	0.874	0.459	0.331	0.451	0.805	0.108	0.680	0.662	0.750	0.376
开州	0.592	0.704	1.000	0.161	0.595	0.925	0.649	0.588	0.190	0.036	0.311	0.902	0.347	0.173	0.174	0.758	0.215	0.487	0.818	0.523	0.338
忠县	0.705	0.697	1.000	0.109	0.570	0.938	0.561	0.670	0.584	0.033	0.499	0.866	0.352	0.192	0.376	0.858	0.109	0.525	0.942	1.000	0.368
丰都	0.610	0.676	1.000	0.255	0.367	0.913	0.474	0.835	0.502	0.028	0.350	0.684	0.345	0.163	0.271	0.783	0.316	0.472	0.689	0.658	0.360
云阳	0.728	0.852	1.000	0.189	0.873	0.963	0.596	0.742	0.193	0.031	0.362	0.979	0.359	0.126	0.172	0.800	0.246	0.412	0.907	0.739	0.364
奉节	0.741	0.753	1.000	0.339	0.000	0.963	0.509	0.588	0.456	0.031	0.594	0.984	0.438	0.169	0.242	0.783	0.426	0.398	0.906	0.572	0.412
巫山	0.841	0.838	1.000	0.422	0.506	0.950	0.421	0.742	0.545	0.023	0.485	0.989	0.477	0.120	0.243	0.813	0.504	0.395	0.784	0.508	0.433
巫溪	1.000	0.739	1.000	1.000	0.557	0.963	0.649	0.794	0.721	0.023	0.363	0.975	0.429	0.113	0.203	0.793	1.000	0.315	0.781	0.859	0.582
武隆	0.955	0.796	1.000	0.489	0.658	0.850	0.684	0.619	0.588	0.033	0.375	0.970	0.470	0.246	0.543	0.876	0.707	0.502	0.841	0.777	0.516
石柱	0.859	0.810	1.000	0.507	0.671	0.925	0.947	0.866	0.769	0.030	0.503	0.816	0.342	0.220	0.386	0.817	0.609	0.474	1.000	0.776	0.510

在空间分布上, 2016 年重庆市三峡库区生态文明发展水平(图 2-b)集聚现象同样突出, 且数值整体较高, 但由于高低值间数值相对差距拉大, 使低值区域面积不断扩大, 而高值区面积相对缩小. 高值区(0.448~0.603)除了巫溪、武隆、石柱等传统生态优势区域外, 出现了以渝中为集聚中心的主城高值集聚区; 低值区(0.338~0.390)则主要分布在主城外围区县及重庆市三峡库区长江以北的大片区域. 这主要是由于主城等区域近年来大力开展生态文明建设, 并进行产业升级转型, 生态环境指标数值有所提高, 同时单位地区生产总值能耗、单位地区生产总值用水量等负向指标大幅降低, 单位面积产业产出值等正向生态经济指标出现了大幅提升.

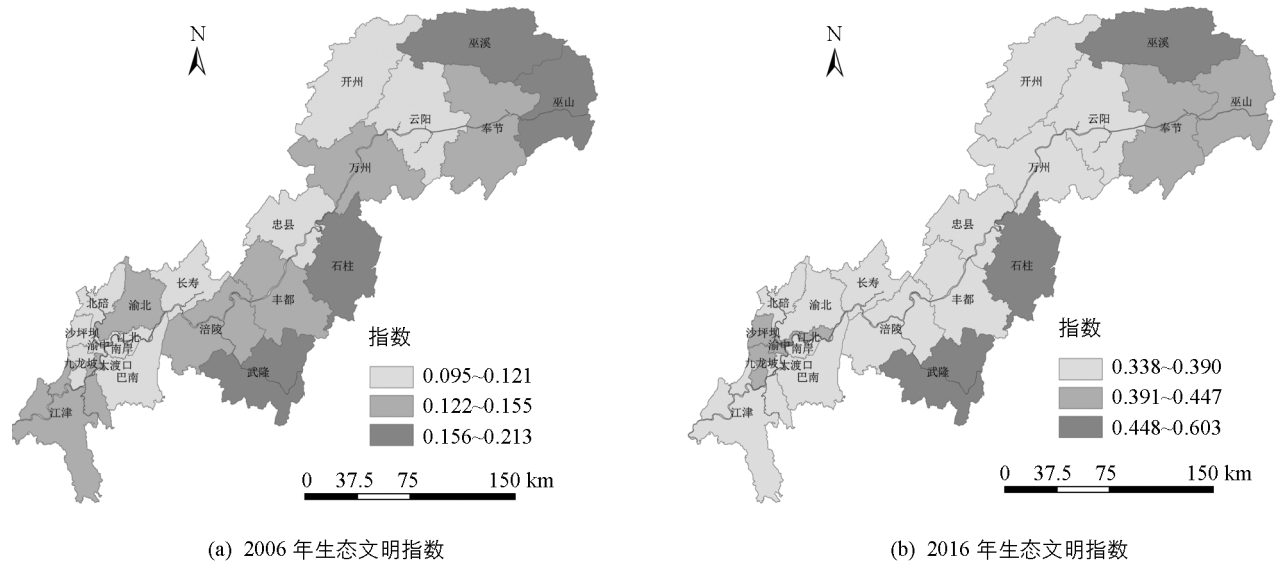


图 2 重庆三峡库区生态文明发展水平评价结果

4.3 生态文明发展水平时空格局演化

从数量演化角度来看(表 3, 表 4), 2006—2016 年, 重庆市三峡库区各区县生态文明发展水平整体出现大幅提高, 但主城区提升幅度大于其他区域, 区域差距相对增大. 生态文明指数平均值由 2006 年的 0.135 增长到了 2016 年的 0.413, 增长量为 0.278, 增幅高达 205.93%. 其中, 增长量最大的为渝中, 增长了 0.449; 最小的为丰都, 增长了 0.219. 增幅最高的为江北, 相对增长率高达 370.53%; 增幅最低的为武隆, 相对增长率为 150.49%. 这主要是由于近几年重庆市稳步推进生态文明建设, 加强生态保护和修复, 优化产业结构, 发展循环经济, 使重庆市三峡库区生态文明建设整体水平显著提高. 由于主城区在解决突出环境问题的同时生态经济发展迅速, 从而生态文明指数增幅最大, 而其他区域, 特别是重庆三峡库区东北部和东南部的山地区域, 除了自然本底条件较好外, 其他方面增幅相对较缓, 生态文化建设落后, 当地居民的生产和生活水平还有待提高.

从空间演化格局角度来看(图 2), 重庆市三峡库区生态文明发展水平高低集聚格局基本稳定, 但以生态经济为主导优势的新型高值集聚区正在形成. 近 10 年重庆市三峡库区生态文明建设基本形成了以巫溪、巫山为集聚中心的库区东北部集聚区, 以石柱、武隆为集聚中心的库区东南部集聚区, 以及正在不断形成的以渝中为集聚中心的主城高值区. 其他区域生态文明指数也取得了大幅提升, 但由于生态文明指数数值相对差距较大, 同时本文采用 ArcGIS 10.5 软件的自然断点分级法, 使得其他广大区域, 特别是长江以北生态文明建设速度较缓的大片区域成为低值集聚区, 这些区域主要存在生态文明制度体系建设相对落后、外部资金投入较少、人口大量外流、当地经济发展水平较低、居民生活环境品质较低等问题.

5 总结与讨论

1) 重庆市三峡库区生态文明发展水平数量演化既呈整体性, 又呈区域差异性. 近 10 年来随着重庆市三峡库区生态文明建设的不断推进, 各区县生态文明指数整体出现大幅提高, 但由于各区县自身资源条件和政策措施的差异, 生态文明发展水平增长速度呈现明显的区域差异性. 2006—2016 年, 重庆市三峡库区生态文明指数均值由 0.135 增长到了 0.413, 相对增长率达 205.93%. 其中, 渝中、江北、大渡口等主城区

增幅较大,而长寿、开州、武隆等区县增幅相对较小。近 10 年来,渝中、大渡口等主城各区县基本完成了产业的转型升级,经济发展质量和水平提高,全年优良天数增多,水资源污染和空气污染也得到大幅改善,同时生态文明教育和宣传体系进一步完善,生态文明发展优势明显;长寿、开州、武隆等区县生态环境基础相对较好,但由于水土流失和土地石漠化严重,生态环境修复任务依然艰巨,同时产业相对落后,特别是长寿重工业的发展使区域 SO_2 , NO_2 , PM_{10} 等污染物浓度相对较高,单位地区生产总值能耗和水耗较高,因此生态文明建设水平增长速度相对较慢。

2) 重庆市三峡库区生态文明发展水平空间格局演化既有继承性,又有分异性。从 2006 年到 2016 年,重庆市三峡库区生态文明发展水平高低集聚分异格局在继承库区东北部和东南部传统高值集聚区的同时,开始出现以渝中为中心的主城新型高值集聚区。其中,以巫溪、巫山为中心的库区东北部和以武隆、石柱为中心的库区东南部各区县自然本底条件优势明显,但环境监管和生态文明制度建设滞后,资源利用效率较低,产业生态化和生态产业化还有很大提升空间,特别是发展生态旅游和山地特色产业潜力巨大,同时生态文化和生态生活亟待丰富;以渝中为中心的主城新型高值区,在保持生态产业优势的同时,还需进一步加强污染物排放管理,积极实施财税和市场激励政策,搭建第三方污染治理平台,继续完善公众参与和监督机制;而处于长江以北的长寿、忠县、万州、开州、云阳等大片低值区生态环境脆弱,污染治理和生态修复较慢,近年来又引进了一些工业企业,循环经济发展尚未形成,绿色转型面临诸多困难,生态环境安全保障压力大,生态环境质量继续改善的难度增大,再加上生态环境治理是一项长期的、复杂的工作,近年来的各项努力虽然使生态环境质量有所改善,但与重庆市三峡库区其他区县相比,生态文明发展水平仍然较低。

本文从生态环境、生态经济、生态生活、生态制度、生态文化 5 个方面选取 20 项指标建立了重庆市三峡库区县域生态文明评价指标体系,运用熵权法和多因子加权法计算各区县生态文明指数,并进一步分析了近 10 年来重庆市三峡库区生态文明发展水平的时空演化特征,初步揭示了库区各区县在生态保护与经济社会发展中的矛盾和短板,对于采取有针对性的措施加快推进三峡库区县域生态文明建设有一定的参考指导价值,对于西南山区类似区域生态文明建设也有借鉴作用。但与此同时,依然还存在一些问题值得改进,例如指标体系的构建还不够完善,特别是生态生活、生态文化、生态制度方面的指标涵盖面太窄,指标数据的获取和量化还存在困难;在评价的时间尺度上,如果进一步增加时间断面,可以更加准确地反映重庆市三峡库区生态文明发展水平的时空演化特征。这些问题有待今后进一步深入研究,但对整体评价结果不会有重大颠覆。

参考文献:

- [1] 王毅. 推进生态文明建设的顶层设计 [J]. 中国科学院院刊, 2013, 28(2): 150-156.
- [2] LEISS W. The Domination of Nature [M]. New York: Mc Gill Queen University Press, 1994.
- [3] GARE A. Toward an Ecological Civilization [J]. Process Studies, 2010, 39(1): 5-38.
- [4] 解振华. 深入学习贯彻党的“十八大”精神 加快落实生态文明建设战略部署 [J]. 中国科学院院刊, 2013, 28(2): 132-138.
- [5] 李巍, 郗永勤. 效率视角下的省域生态文明建设评价研究 [J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7354-7363.
- [6] 樊杰, 周侃, 陈东. 生态文明建设中优化国土空间开发格局的经济地理学研究创新与应用实践 [J]. 经济地理, 2013, 33(1): 1-8.

- [7] 张 莽. 当前我国生态文明建设的核心问题研究 [J]. 生态经济, 2017, 33(4): 182-185, 200.
- [8] 郭晓娜, 苏维词, 李 强, 等. 三峡库区(重庆段)地表起伏度及其对生态系统服务价值的影响 [J]. 生态与农村环境学报, 2016, 32(6): 887-894.
- [9] 张凤太, 苏维词, 梁玉华. 重庆三峡库区生态功能区划研究 [J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2008, 25(4): 22-26, 123.
- [10] 汪 洋, 王力力, 祁鹏卫, 等. 近 30 a 三峡库区(重庆段)城镇化发展的气温响应图谱诊断 [J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(9): 1397-1405.
- [11] 邵 田, 张 浩, 邹锦明, 等. 三峡库区(重庆段)生态系统健康评价 [J]. 环境科学研究, 2008, 21(2): 99-104.
- [12] 孙 凡, 冯沈萍, 肖 强. 科学发展观视野下城乡生态文明建设研究——以重庆市彭水县为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(12): 101-106.
- [13] MORRISON R S. Building an Ecological Civilization [J]. Social Anarchism: A Journal of Theory & Practice, 2007, 38(5): 1-18.
- [14] GARE A. Toward an Ecological Civilization [J]. Process Studies, 2010, 39(1): 5-38.
- [15] MCGILLIVRAY M. The Human Development Index: Yet another Redundant Composite Development Indicator? [J]. World Development, 1991, 19(10): 1461-1468.
- [16] PRASTACOS P, FARSARI Y. Sustainable Development Indicators: an Overview [J]. Foundation for the Research and Technology Hel-Las, 2002, 24(2): 197-208.
- [17] 牛文元. 生态文明的理论内涵与计量模型 [J]. 中国科学院院刊, 2013, 28(2): 163-172.
- [18] 谷树忠, 胡咏君, 周 洪. 生态文明建设的科学内涵与基本路径 [J]. 资源科学, 2013, 35(1): 2-13.
- [19] 高 珊, 黄贤金. 基于绩效评价的区域生态文明指标体系构建——以江苏省为例 [J]. 经济地理, 2010, 30(5): 823-828.
- [20] FENG Z M, YANG Y Z, JIANG D, et al. The Compilation of Natural Resources Balance Sheets (NRBS) and the Evaluation of Resources and Environment Carrying Capacity (RECC) [J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(22): 7140-7145.
- [21] 宓泽锋, 曾 刚, 尚勇敏, 等. 中国省域生态文明建设评价方法及空间格局演变 [J]. 经济地理, 2016, 36(4): 15-21.
- [22] 张 欢, 成金华, 陈 军, 等. 中国省域生态文明建设差异分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(6): 22-29.
- [23] 刘 凯, 吴 怡, 陶雅萌, 等. 中国省域生态文明建设对碳排放强度的影响 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(7): 50-56.
- [24] 魏兴萍. 基于 PSR 模型的三峡库区重庆段生态安全动态评价 [J]. 地理科学进展, 2010, 29(9): 1095-1099.
- [25] 李建国, 刘金萍, 刘丽丽, 等. 基于灰色极大熵原理的三峡库区(重庆段)生态系统健康评价 [J]. 环境科学学报, 2010, 30(11): 2344-2352.
- [26] CHILDERS D L, PICKETT S T A, GROVE J M, et al. Advancing Urban Sustainability Theory and Action: Challenges and Opportunities [J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 125: 320-328.
- [27] 刘春霞, 李月臣, 杨 华, 等. 三峡库区重庆段生态与环境敏感性综合评价 [J]. 地理学报, 2011, 66(5): 631-642.
- [28] 马 骏, 李昌晓, 魏 虹, 等. 三峡库区生态脆弱性评价 [J]. 生态学报, 2015, 35(21): 7117-7129.
- [29] 中华人民共和国生态环境部. 国家生态文明建设示范县指标(修订) [EB/OL]. (2018-05-23) [2018-09-02]. <https://wenku.baidu.com/view/2ca385b8f71fb7360b4c2e3f5727a5e9856a27e3.html>.
- [30] 刘 婷, 赵 伟, 黄 婧, 等. 三峡库区重庆段生态承载力时空演变研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(1): 115-125.

Spatial and Temporal Evolution of Ecological Civilization Development in the Districts/Counties of Chongqing Three Gorges Reservoir Area

ZHANG Xian¹, QI Peng-wei², SU Wei-ci^{1,3}

1. Key Laboratory of Surface Process and Environment Remote Sensing in the Three Gorges Reservoir Area / College of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China;
2. Sichuan Forestry and Grassland Inventory and Planning Institute, Chengdu 610081, China;
3. Institute of Mountain Resources in Guizhou, Guiyang 550001, China

Abstract: The Three Gorges Reservoir Area is an important ecological functional area and a typical ecologically fragile area in China. It integrates large cities, large countryside and large reservoir areas. It occupies a special and important position in the regional development pattern of China. The level of ecological civilization construction in the Three Gorges Reservoir Area is not only directly related to the ecological security and follow-up development of the reservoir area, but also to the sustainable development of the middle and lower reaches of the Yangtze River. Taking 22 districts and counties in Chongqing Three Gorges Reservoir area where the main body of the Three Gorges Project is located as the evaluation unit, this paper selects 20 indicators from five aspects of ecological environment, ecological economy, ecological life, ecological system and ecological culture to establish an evaluation index system of ecological civilization. The entropy weight method and the multi-factor weight method are employed to calculate the index of ecological civilization of each district and county, and Jenks natural breaks optimization of ArcGIS 10.5 software is used to realize classification and visualization of the development of ecological civilization in different districts and counties for the analysis of the spatial and temporal evolution characteristics of the development level of ecological civilization in Chongqing Three Gorges Reservoir in the 10 years from 2006 to 2016. Preliminary results are achieved for revealing the contradictions and shortcomings of ecological protection and economic and social development in different districts and counties in the reservoir area. The development level of ecological civilization in all districts and counties in the Three Gorges Reservoir Area of Chongqing in the 10 years improved as a whole, increasing from 0.135 in 2006 to 0.413 in 2016, with an average increase of 205.93%; but there was a big gap in the growth rate among various districts/counties. The increase was the biggest in Jangbei District 370.53% and the smallest in Wulong 150.49%. From 2006 to 2016, the pattern of high and low concentration of ecological civilization development level in Chongqing Three Gorges Reservoir Area was basically stable, but a new type of high-value area with ecological economy as the dominant advantage was taking shape. The high-value areas of ecological civilization development in the Three Gorges Reservoir Area of Chongqing were found to be distributed mainly in the northeast of the Wuxi and Wushan reservoir areas, the southeast of the reservoir area with Shizhu and Wulong as the gathering centers, and the forming main urban area with Yuzhong as the center, while the low-value areas in the vast area north of the Yangtze River.

Key words: ecological civilization development level; county level; pattern evolution; Chongqing Three Gorges Reservoir Area