

重庆市经济与环境耦合协调时空演变及影响因素^{*}

王莹, 林孝松

(重庆交通大学 建筑与城市规划学院, 重庆 400074)

摘要:【目的】经济与环境耦合协调发展是建设生态文明城市、促进经济转型发展的重要途径,对重庆市经济与环境耦合协调发展时空演变及影响因素开展研究为促进重庆市可持续发展提供参考建议。【方法】运用熵值法、耦合协调度模型、泰尔指数和空间自相关等方法分析重庆市2009—2018年38个区县经济与环境耦合协调时空格局变化特征,利用地理探测器分析耦合协调时空差异影响因素。【结果】1)重庆市经济发展与环境质量子系统综合得分整体均呈上升趋势,两个子系统得分时空变化不同步;2)各区县经济与环境耦合协调度整体呈上升趋势,各区县耦合协调度最大值由2009年的0.38增长至2018年的0.52,2018年各区县耦合协调度均值较2009年上升26.9%,经济发展较快和生态环境基础较好区县耦合协调度较高;3)“一区两群”各区域间经济与环境耦合协调度差异波动减小,区域间泰尔指数减小66.7%,主城区内部差异增大,渝东北、渝东南城镇群内部差异减小,各区域内部差异明显大于区域间差异;4)耦合协调度空间关联呈整体分散、局部集聚特征,耦合协调度全局Moran's I指数仅在2013年大于0且通过统计显著性检验;5)经济发展较快的区县发展类型逐渐趋于“经济先行”;6)经济与环境耦合协调发展影响因素作用强度不同,经济发展水平、固定资产投资强度和市场化水平持续具有较强影响力,对应指标Q值在研究期内一半以上年份大于0.5,产业结构优化度、气温和降水对经济与环境耦合协调发展的影响力逐渐增大,对应指标Q值分别从2009年的0.2159、0.1266、0.1916波动增长至2018年的0.5880、0.3617、0.5055。【结论】重庆市经济与环境耦合协调总体处于失调水平,但耦合协调等级整体呈现上升趋势,今后应在保护生态环境的基础上强化经济发展,提升市场化水平,注重产业结构优化与升级,进一步促进重庆市经济与环境耦合协调发展。

关键词:经济与环境;耦合协调;时空演变;影响因素;重庆市

中图分类号:X22;F129.9

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2021)05-0055-11

随着经济高速发展,城市化和工业化不断加剧,环境污染、生态破坏和资源短缺等大量问题逐渐凸显。在经济发展和生态环境保护之间找到一个恰当的平衡点,成为当下地理学研究重点之一。

长期以来,经济发展与环境质量的关系在学术界备受关注,其中最具代表性的是环境库兹涅茨曲线(EKC),它的应用集中在EKC理论、政策解释^[1]、不同国家或地区经济增长与环境质量间演进是否存在EKC假设实证研究等方面^[2]。20世纪90年代至今,大量研究表明经济与环境之间存在倒“U”型、正“U”型、倒“N”型或“~”线型等关系^[3]。针对经济与环境协调关系的定性研究主要包含经济与环境协调发展内涵及发生条件研究,定量研究除投入产出模型、非线性扩展生产函数和新古典经济模型等模型外^[4],学者们常采用灰色关联度^[5]、协调度^[6]、动态耦合^[7]、模糊分级评价^[8]等模型对经济与环境协调发展进行测度。对经济与环境系统状态的预测研究主要利用ARMA模型^[9]和灰色GM模型^[10]分析3E系统和AEE系统耦合协调动态演变。对经济与环境协调发展影响因素的研究大多采用地理探测器^[11]、面板数据分析法^[12]、固定效应回归模型^[13]等方法。基于地理学视角,现有研究尺度主要集中于全国^[14]、经济带^[15]、城市群^[16]、省域^[17]和单个地级市^[18],而关于县域等较小尺度的研究相对较少,且研究区主要集中在中国东部地区,对西部研究较少。

目前,李辉等人^[19]基于脱钩模型对三峡库区重庆段2006—2018年经济与生态环境脱钩状态进行判定,结合ESDA法对脱钩状态相关数据进行空间差异及格局演化特征分析,认为三峡库区经济发展与生态环境耦合特征波动较大,需进一步深入研究并制定相关整治措施。重庆市作为长江经济带的西部中心枢纽,是承接东部地区

^{*} 收稿日期:2021-05-17 修回日期:2021-07-08 网络出版时间:2021-09-23 15:02

资助项目:国家自然科学基金(No. 41601564);重庆市基础研究与前沿探索项目(No. cstc2018jcyjAX0156)

第一作者简介:王莹,女,研究方向为区域发展与城乡规划;通信作者:林孝松,男,博士,教授,E-mail:linxiaosong@cqjtu.edu.cn

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20210923.0459.002.html

产业结构调整、保障上游生态环境质量的战略支点,对该区域经济发展与环境保护问题的研究在中国具有典型意义。为此,本研究通过构建重庆市经济发展与环境质量两个子系统指标体系,利用熵值法和耦合协调度模型测度重庆市 2009—2018 年 38 个区县经济与环境耦合协调度,运用泰尔指数和空间自相关等方法对耦合协调度时空特征进行动态剖析,利用地理探测器探究耦合协调程度差异影响因素,以期对经济与环境耦合协调发展特征和社会经济特征间的共性和差异进行阐释,为重庆市经济发展政策与环境保护措施的制定提供借鉴。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况

2019 年,重庆市 38 个区县全年共完成地区生产总值 23 605.77 亿元,比上年增长 6.3%,其中第三产业增加值 12 557.51 亿元,增长 6.4%,三次产业结构比为 6.6 : 40.2 : 53.2,产业结构趋于合理化、高级化,优化升级成效明显。自“美丽中国”建设方针提出以来,重庆市生态环境保护投入和政策力度均有所提高。2019 年,重庆市生态环境保护共投入 797.25 亿元,占全市 GDP 比重 3.38%,新增绿地面积 2 688 hm²,完成历史遗留和关闭矿山地质环境治理与土地复垦 915 hm²,湿地自然恢复 23 333.3 hm²,全市湿地保有量保持在 206 666.7 hm² 以上,湿地保护率提高到 60.2%。

1.2 指标体系与数据来源

基于已有研究^[20-21],并考虑数据可得性,遵循科学性、代表性、可操作性等原则,从经济发展和环境质量两方面遴选发展水平、经济结构、经济活力、环境压力和环境状态 5 个准则层的 15 个相关指标,构建得到重庆市经济与环境耦合协调度评价指标体系(表 1)。

表 1 重庆市经济与环境耦合协调度评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system of Chongqing's economic and environmental coupling coordination degree

系统层	准则层	指标层	指标含义	指标效应
经济发展(X)	发展水平(X ₁)	地区生产总值(X ₁₁)/万元	反映地区发展水平	+
		从业人员人均 GDP(X ₁₂)/元	反映全员劳动生产率	+
		固定资产投资额(X ₁₃)/万元	反映固定资产投资规模	+
	经济结构(X ₂)	第二产业产值占比(X ₂₁)/%	反映产业结构高级化程度	+
		第三产业产值占比(X ₂₂)/%	反映产业结构高级化程度	+
	经济活力(X ₃)	GDP 增长指数(X ₃₁)/%	反映经济增长速度	+
		进出口贸易总额(X ₃₂)/万美元	反映外资依存度	+
		社会消费品零售总额(X ₃₃)/万元	反映贸易活力	+
环境质量(Y)	环境压力(Y ₁)	人口密度(Y ₁₁)/(人·km ⁻²)	反映区县人口压力	-
		工业废水排放量(Y ₁₂)/万吨	反映企业向外环境排放废水总和	-
		工业二氧化硫排放量(Y ₁₃)/吨	反映企业排入到大气中二氧化硫的总量	-
		工业烟(粉)尘排放量(Y ₁₄)/吨	反映企业排放颗粒物总重量	-
	环境状态(Y ₂)	人均生活用水量(Y ₁₅)/吨	反映区域用水压力	-
		建成区绿化覆盖率(Y ₂₁)/%	反映生态环境保育水平	+
		水资源总量(Y ₂₂)/亿立方米	反映水资源丰富程度	+
		人均水资源拥有量(Y ₂₃)/立方米	反映区域水资源供给水平	+

注:有关数据来源于《重庆市统计年鉴》、重庆市生态环境局、重庆市城市管理局以及《重庆市水资源统计公报》

1.3 研究方法

1.3.1 熵值法 熵值法是具有较高可信度和精确度的客观赋权方法,它可以有效克服指标信息重叠,被广泛应用于各领域的综合研究,具体步骤如下。

1) 原始数据标准化:为消除数据量纲和正负不同带来的影响,使用极值法对数据进行标准化处理:对正向指

标用 $y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}$, 对负向指标用 $y_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}$ 。式中: y_{ij} 表示标准化后的指标数值, x_{ij} 表示第 i 个区县第 j 项指标的数值, $\max(x_{ij})$ 和 $\min(x_{ij})$ 分别为第 j 项指标的最大值和最小值。

2) 计算指标熵 $e_j = \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}$, 式中: $0 \leq e_j \leq 1$, m 为评价对象数量, $p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}}$ 。

3) 确定指标权重 $w_{ij} = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^n (1 - e_j)}$, 式中: e_j 表示指标熵值, n 表示指标个数。再根据熵值法赋权结果, 利用

$S_i = \sum (w_{ij} y_{ij})$ 计算系统得分。

1.3.2 耦合协调度模型 建立在耦合度模型基础上的协调度模型可以弥补简单的耦合度模型不能判断系统绝对水平的缺点, 将系统的绝对水平纳入研究, 表达式如下:

$$C = 2 \frac{\sqrt{U_1 U_2}}{U_1 + U_2}, T = (\alpha U_1 + \beta U_2), D = \sqrt{CT},$$

其中: C 为耦合度, 取值范围为 $[0, 1]$, 数值越大表示耦合度越高; U_1 和 U_2 分别代表经济和环境子系统得分; T 为经济发展与环境质量的综合协调指数; α, β 为相应权重, 分别取值为 0.5 ; D 为耦合协调度, 取值范围为 $[0, 1]$, 数值越大表示耦合协调度越高。

借鉴已有研究^[22], 结合研究区实际情况, 将耦合协调度划分为重度失调 ($D \leq 0.2$)、中度失调 ($0.2 < D \leq 0.3$)、微度失调 ($0.3 < D \leq 0.4$)、初级协调 ($0.4 < D \leq 0.5$) 及高级协调 ($D > 0.5$) 共 5 个协调等级。

1.3.3 泰尔指数 泰尔指数是利用信息熵来度量总体差异程度的指标, 可用于衡量差异的绝对水平及组间差距和组内差距对总差距的贡献。采用泰尔指数测度重庆市经济与环境耦合协调度的不均衡程度, 组间差距为:

$$T_b = \sum_{k=1}^K y_k \ln \frac{y_k}{\frac{n_k}{n}}, \quad (1)$$

组内差距为:

$$T_w = \sum_{k=1}^K y_k \left(\sum_{i \in g_k} \frac{y_i}{y_k} \ln \frac{y_i}{\frac{1}{n_k}} \right). \quad (2)$$

以上两式中: n 为样本个数, k 为分组个数, g_k ($k=1, 2, \dots, K$) 为第 k 组, n_k 为第 k 组 g_k 中的区县数目, y_i 和 y_k 分别表示区县 i 的耦合协调度与组 k 的耦合协调度。

1.3.4 空间自相关 空间自相关分为全局和局部空间自相关, 可用于测度要素的空间关联程度。全局空间自相关采用 Global Moran's I 测度, 反映要素在研究范围内的总体空间关联情况, 计算公式为

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}},$$

式中: $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$, n 为研究区县个数, x_i 和 x_j 为区县 i 和区县 j 的协调度, \bar{x} 为 x_i 的平均值, w_{ij} 构成空间权重矩阵, I 的取值范围为 $[-1, 1]$, 大于 0 时表示空间正相关, 要素呈聚合分布; 小于 0 时表示空间负相关, 要素呈离散分布; 等于 0 时表示要素随机分布。局部空间自相关用 Local Moran's I 测度反映区县与邻近区县的要素关联情况, 用 $I_i = \sum w'_{ij} Z_i Z_j$ 表示 i 区县的 Local Moran's I 值, Z_i 和 Z_j 分别为区县 i 和区县 j 的协调度标准化值, w'_{ij} 为空间权重矩阵 w_{ij} 的行标准化。

1.3.5 地理探测器 地理探测器可以有效探测地理现象空间分异性及它的驱动因素, 被广泛应用于生态环境变化以及社会经济发展等方面^[23]。其中因子探测可通过比较每个子区域的累计方差与整个研究区域的方差, 寻找

可能影响事件发生的风险因子,计算公式为 $q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2 \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}$, 式中: q 为协调度影响因素探测力指标,取值范

围为 $[0, 1]$, q 值越大,说明该因子对区县经济与环境耦合协调度差异的影响越大; N_h 为次一级区域样本数; N 为整个区域样本数; L 为次级区域个数; σ^2 为整个区域的方差; σ_h^2 为次一级区域的方差。

2 经济与环境协调时空特征

2.1 经济与环境子系统综合得分整体均呈上升趋势,两个子系统得分时空变化不同步

根据熵值法计算得到重庆市 2009—2018 年经济发展和环境质量两个子系统的综合得分,利用 GIS 对 2009, 2012, 2015 和 2018 年的综合得分进行空间可视化(图 1)。

由计算结果可知,2009—2018 年,重庆市经济发展和环境质量两个子系统的综合得分整体均呈波动上升趋势。其中,经济发展子系统得分在 0.023 8~0.678 6 之间,2018 年各区县均值比 2009 年增长 166.3%;环境质量子系统得分在 0.057 8~0.673 6 之间,2018 年各区县均值比 2009 年增长 9.1%。相较而言,经济发展子系统得分高值(>0.45)主要集中在研究后期,且纵观整个研究期,递增趋势明显;环境质量子系统得分高值(>0.4)则出现在研究初期,2009—2018 年数值变化相对较小。各区县各年经济子系统得分均值较环境子系统得分更大,经济子系统分值增长速度明显快于环境子系统。

从空间分布来看,经济发展子系统得分高值(>0.45)主要集中在主城区都市区的沙坪坝和渝北,而环境质量子系统得分高值(>0.4)主要分布在渝东北和渝东南的城口、巫溪、酉阳和彭水。由此可见,重庆市经济发展和环境质量子系统发展的时空变化不同步,存在较明显时空差异。

2012—2015 年期间,酉阳县环境质量子系统得分下降,主要原因在于研究期内酉阳县受降水和地形地貌因素影响,水资源总量大幅减少,由 2012 年的 52.6 亿立方米减少至 2015 年的 28.1 亿立方米,在此背景下,对水土流失防治和合理利用水土资源产生了负面作用,同时导致区县植被覆盖率下降,使得环境质量相对降低。

2.2 经济与环境耦合协调度整体上升,经济发展较快和生态环境基础较好区县耦合协调度较高

根据耦合协调度模型计算结果,对应于耦合协调度等级划分标准,利用 GIS 将 2009, 2012, 2015 和 2018 年重庆市各区县的耦合协调度进行空间可视化(图 2)。

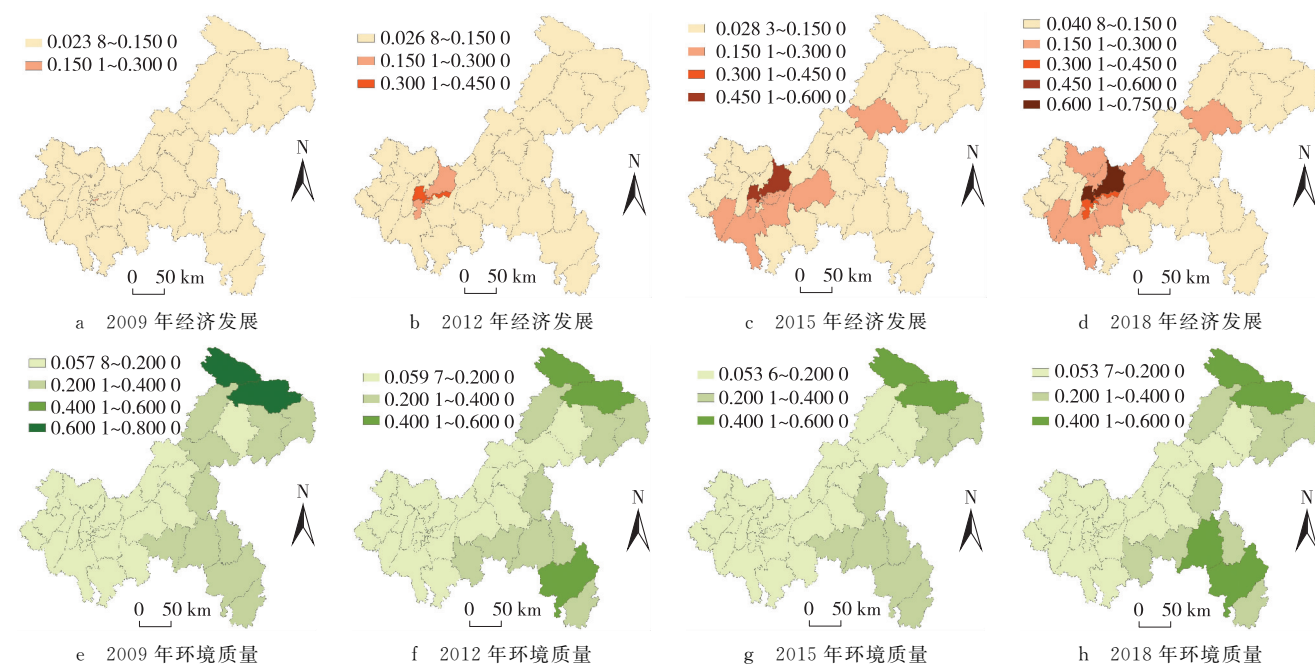
2009—2018 年,重庆市 38 个区县经济与环境耦合协调度等级表现为中度失调、微度失调、初级协调和高级协调 4 种,研究期内各区县耦合协调度等级整体呈上升改善趋势。

2009 年,各区县耦合协调度有中度失调和微度失调 2 种,其中中度失调的区县共 18 个,主要位于研究区中部和主城区都市区西部;2012 年,耦合协调等级演变为中度失调、微度失调和初级协调 3 种,以微度失调为主,占比为 84.2%,其中 2009 年耦合协调度等级为中度失调的区县除潼南、荣昌、大渡口、梁平、忠县和垫江外均转为微度失调,沙坪坝、江北和渝北由微度失调转为初级协调;2015 年各区县耦合协调度等级在前期基础上开始出现高级协调,中度失调的区县仅剩潼南和大渡口,微度失调区县个数达 31 个,江津、涪陵和万州由微度失调转为初级协调,渝北由初级协调改善为高级协调;2018 年,中度、微度失调和初级、高级协调 4 种态势不变,以微度失调为主,区县共 27 个,但初级协调区县增加至 9 个,数量占比 23.7%,分别为主城区都市区的江津、九龙坡、沙坪坝、巴南以及渝东北的万州、开州、巫溪和渝东南的酉阳、彭水,中度失调区县减少至 1 个。

综合来看,重庆市各区县经济与环境耦合协调度呈现以高值为中心连片发展特征,具有明显空间差异性。耦合协调度等级较高的区域主要集中在经济发展较快的主城都市区和个别环境质量水平较高的区县。经济发展较快的区县通常具备较强的财政和行政能力从而能有效提升环境保护力度,在经济发展的同时保证了与区域环境质量之间的耦合协调性,而自身生态环境质量基础较好的区县,经济与环境耦合协调度通常也更易达到较高水平,但今后需要强化经济和环境的协调发展。

2.3 各区域间经济与环境耦合协调度差异波动减小,主城区都市区内部差异增大,渝东北城镇群内部差异减小幅度较大

依照“一区两群”城镇空间格局把重庆市 38 个区县划分为主城区都市区、渝东北三峡库区城镇群和渝东南武陵山区城镇群 3 组,根据(1)式和(2)式,利用 2009—2018 年相关数据计算得到研究区经济与环境耦合协调度泰尔指数及分解结果(表 2)。



注:底图来源于重庆市标准地图服务网站(<http://www.cqmap.com/bzdt/foot.html>),审图号:渝S(2019)055号,下同

图 1 重庆市经济发展与环境质量综合评价指数空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of comprehensive evaluation index of economic development and environmental quality in Chongqing

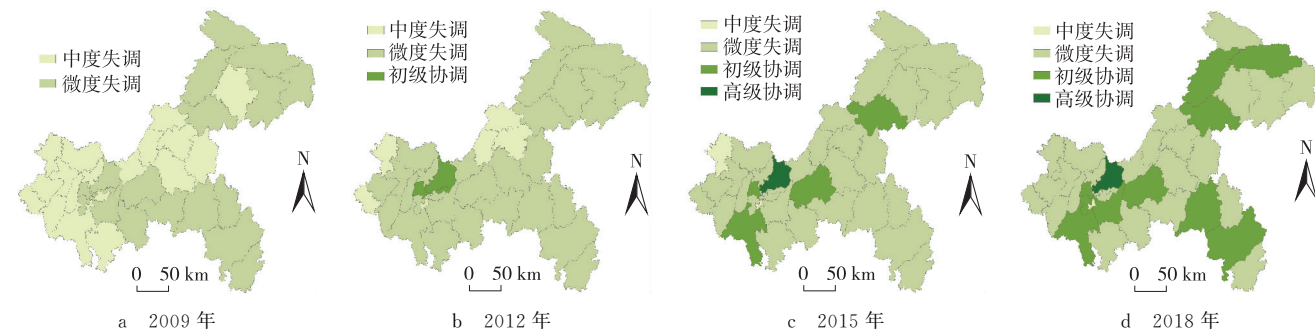


图 2 重庆市经济与环境耦合协调度空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of coupling coordination degree between economy and environment in Chongqing

表 2 2009—2018 年重庆市经济与环境协调度泰尔指数及分解

Tab. 2 Theil index of economic and environmental coordination in Chongqing from 2009 to 2018 and its decomposition

年份	区域间泰尔指数	区域间差异贡献率/%	主城都市区		渝东北城镇群		渝东南城镇群	
			泰尔指数	贡献率/%	泰尔指数	贡献率/%	泰尔指数	贡献率/%
2009	0.000 3	6.67	0.002 6	30.19	0.008 5	55.85	0.002 0	7.27
2010	0.000 2	6.65	0.001 8	38.81	0.004 1	45.67	0.001 4	8.85
2011	0.000 6	10.93	0.003 4	34.72	0.008 9	53.70	0.000 2	0.64
2012	0.000 2	3.70	0.003 7	48.64	0.006 5	42.34	0.001 4	5.30
2013	0.000 0	0.64	0.004 2	53.92	0.006 7	43.86	0.000 4	1.55
2014	0.000 0	0.60	0.006 8	65.59	0.006 3	31.95	0.000 7	1.84
2015	0.000 1	3.54	0.004 3	59.48	0.005 1	35.17	0.000 5	1.80
2016	0.000 1	2.49	0.003 7	52.99	0.005 3	38.89	0.001 3	5.61
2017	0.001 6	9.32	0.003 9	11.93	0.040 6	78.48	0.000 3	0.25
2018	0.000 1	2.03	0.004 1	56.24	0.005 1	35.57	0.001 5	6.14

由表 3 可以看出,重庆市耦合协调度的区域间泰尔指数 2009—2018 年波动减小,说明三大区域间经济与环境耦合协调度差异正在不断减小。从各个区域看,主城都市区泰尔指数波动最大,总体呈增长趋势,从 2009 年至 2018 年增加了 0.001 5,表明主城都市区各区县经济与环境耦合协调度的差异逐渐扩大。渝东北和渝东南城镇群各区县泰尔指数从 2009 年到 2018 年分别减小了 40%和 25%,说明这两个区域内部各区县耦合协调度差异逐渐减小,相对而言,渝东北城镇群区县泰尔指数整体数值较高,减小幅度较大,说明该区域内部各区县耦合协调度差异较大,随时间变化其内部差异减小幅度最大,速度最快。

从贡献率看,2009—2018 年三大区域间差异贡献率持续低于 11%,三大区域内部贡献率之和高达 89%,说明各区域内部差异显著大于区域间差异;区域间差异对总差异的贡献率则波动下降,由 2009 年的 6.67%下降至 2008 年的 2.03%。2009 年,主城都市区、渝东北和渝东南城镇群内部差异对总差异的贡献率分别为 30.19%, 55.85%和 7.27%,研究期内,主城都市区内部差异对总差异的贡献率波动上升,2018 年占总差异的 56.24%,渝东北城镇群和渝东南城镇群贡献率波动下降,2018 年贡献率分别为 35.57%和 6.14%。

2.4 耦合协调度空间关联呈现整体分散、局部集聚特征

“一区两群”三大区域内各区县经济与环境耦合协调度差异变化只能体现其空间异质性,不能反映空间相互作用特征。利用 Global Moran's I 指数可表示重庆市各区县经济与环境耦合协调度的整体空间关联特征。计算结果表明,重庆市 2009—2011 年和 2017 年经济与环境耦合协调度的 Global Moran's I 指数均大于 0,但只有 2013 年的 p 值通过 0.10 的统计显著性检验,其余年份未能通过统计显著性检验,说明 2009—2018 年重庆市经济与环境耦合协调度总体呈现分散分布特征。

利用局部空间自相关识别得到重庆市各区县与临近区县的经济与环境耦合协调度的空间关联类型(图 3)。从图 3 可看出,2009—2018 年重庆市各区县经济与环境耦合协调度由高高、低低集聚逐渐演变为高低、低高集聚,集聚特征逐渐减弱。

2009 年,重庆市各区县耦合协调度差异较小,城口空间关联类型为高高集聚,主城都市区西部各区县经济与环境耦合协调度均处于低值,空间关联类型为低低集聚;2012 年耦合协调度空间格局趋于均衡,但垫江和大渡口仍处于严重失调,垫江空间关联类型为低低集聚,大渡口空间关联类型为低高集聚;2015 年,随着主城都市区经济与环境耦合协调度的持续增大和渝东北三峡库区城镇群内部差异的逐渐缩小,渝北空间关联类型呈现高高集聚,万州空间关联类型为高低集聚;2018 年重庆市耦合协调度高值区县对周边区县辐射带动作用较弱,表现为高值和低值区县相邻分布空间格局,沙坪坝空间关联类型为高低集聚,大渡口由于耦合协调度持续处于低值,长期与周边高值形成低高集聚区。

2.5 经济发展较快的区县发展类型逐渐趋于“经济先行”

借鉴相关的研究成果^[22],将 2009—2018 年各区县经济发展和环境量子系统得分按位序进行比较,对各区县经济与环境耦合协调发展类型进行划分。若经济位序比环境靠前 2 位以上,视为“经济先行”;若环境位序比经济靠前 2 位以上,视为“环境先行”;若经济与环境位序的差距小于等于 2,视为“同步发展”(图 4)。

2009 年重庆市各区县发展类型只有“环境先行”和“同步发展”两种,其中“环境先行”的区县共 8 个,主要分布在渝东北、渝东南等人口密度较低且生态环境相对较好的区县。随着经济发展的不断加快,2012 年重庆市开始出现“经济先行”发展类型,分别为沙坪坝、渝中和江北;2015 年,江北呈现“同步发展”,但渝北从“同步发展”转变为“经济先行”;到 2018 年,重庆市有 6 个区县发展类型为“经济先行”,并集中在经济发展较快的主城都市区。

3 经济与环境耦合协调发展影响因素分析

重庆市经济与环境耦合协调发展受到多个影响因素的共同作用和制约,参考相关研究^[24],结合研究区实际情况,考虑数据可得性,从经济发展水平、产业结构优化度、外资依存度、固定资产投资强度、科学技术水平、政府调控力度、市场化水平以及生态环境等方面探究重庆市经济与环境耦合协调发展的影响因素,分别选取地区生产总值(x_1)、第三产业产值占 GDP 比重(x_2)、进出口总额占 GDP 比重(x_3)、固定资产投资占 GDP 比重(x_4)、教育支出占总财政支出比重(x_5)、总财政支出占 GDP 比重(x_6)、除国有和集体外其他所有制在岗人员比例(x_7)以及年平均气温(x_8)、年平均降水(x_9)和建成区绿化覆盖率(x_{10})等指标来表征。

利用地理探测器对重庆市 2009—2018 年经济与环境耦合协调度差异的影响因素进行因子探测,得到重庆市经济与环境耦合协调发展影响因素因子探测 Q 值(表 3)。

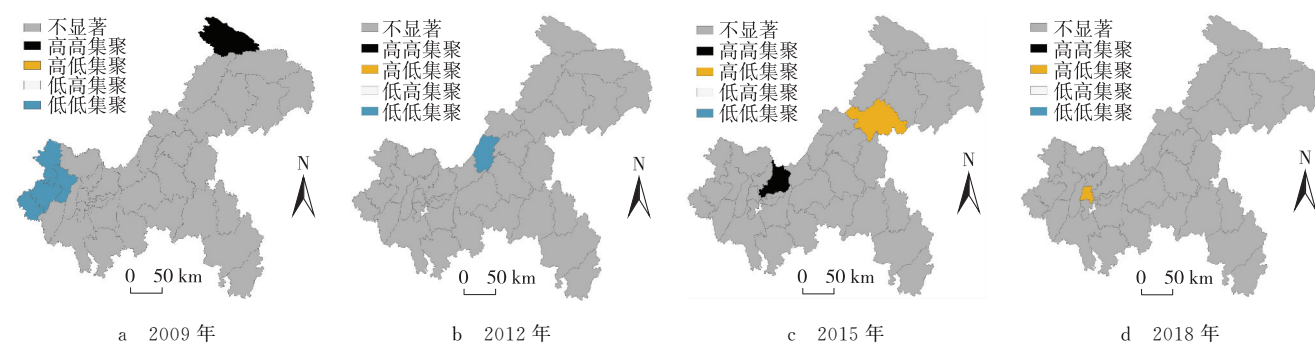


图 3 不同年份重庆市经济与环境耦合协调度 LISA 图

Fig. 3 LISA chart of economic and environmental coordination in Chongqing

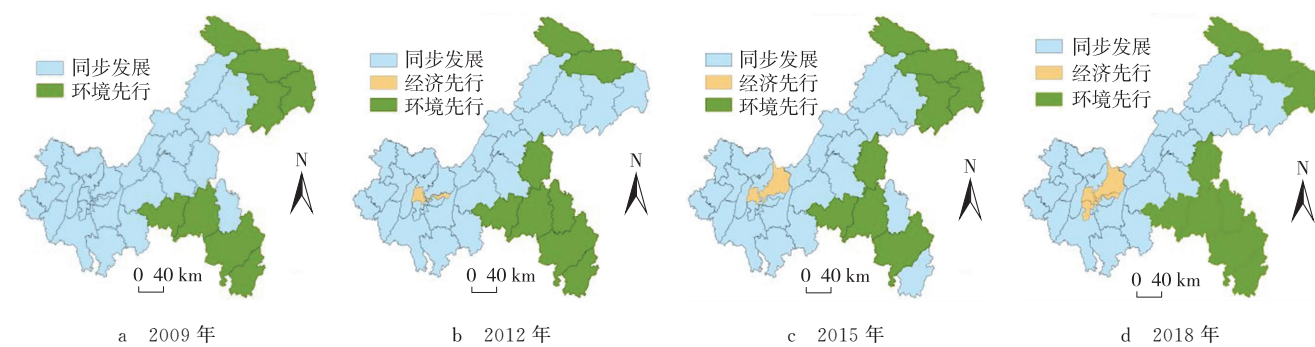


图 4 不同年份重庆市各区县经济与环境耦合协调发展类型

Fig. 4 Coupling and coordinated development model of economy and environment in Chongqing

表 3 重庆市经济与环境耦合协调影响因素因子探测 Q 值表

Tab. 3 Detection Q value table of factors influencing coupling coordination degree of economy and environment in Chongqing

指标	Q									
	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
x_1	0.674 9	0.149 7	0.645 6	0.892 4	0.787 4	0.792 9	0.603 8	0.574 2	0.472 6	0.777 5
x_2	0.215 9	0.181 1	0.092 1	0.333 9	0.286 2	0.125 4	0.431 5	0.339 6	0.287 6	0.588 0
x_3	0.228 6	0.316 9	0.360 7	0.479 5	0.433 9	0.640 3	0.559 4	0.332 3	0.154 1	0.274 4
x_4	0.588 4	0.907 5	0.598 5	0.801 9	0.742 7	0.782 5	0.680 4	0.378 7	0.617 3	0.547 5
x_5	0.446 4	0.336 0	0.334 3	0.167 9	0.158 8	0.284 1	0.310 2	0.185 4	0.217 4	0.337 7
x_6	0.361 8	0.157 5	0.452 6	0.564 4	0.480 0	0.615 5	0.501 5	0.400 5	0.406 7	0.490 1
x_7	0.465 2	0.239 2	0.582 4	0.596 0	0.706 5	0.692 7	0.284 9	0.488 3	0.648 1	0.573 5
x_8	0.126 6	0.416 8	0.142 2	0.203 8	0.046 3	0.102 7	0.052 7	0.156 0	0.474 6	0.361 7
x_9	0.191 6	0.552 7	0.168 8	0.342 0	0.214 7	0.357 9	0.401 2	0.326 3	0.388 9	0.505 5
x_{10}	0.284 1	0.342 8	0.471 9	0.179 2	0.177 1	0.357 9	0.211 7	0.185 4	0.384 6	0.156 7

根据分异及因子探测结果,除 2009 年年平均降水、2011 第三产业产值占 GDP 比重和年平均降水、2013 年教育支出占财政支出比重和年平均气温以及 2015 年年平均气温外,其余各年各影响因素的统计结果 p 值均达到 0.05 显著水平,表明选取的相关影响因素对重庆市经济与环境耦合协调发展的影响具有强显著性。

从时间演变看,不同年份重庆市经济与环境耦合协调发展的不同影响因素作用强度不同,但经济发展水平、

固定资产投资强度和市场化水平持续具有较强的影响力。地区生产总值(x_1)的 Q 值除 2010 年和 2017 年外均大于 0.5, 经济发展水平的变化一方面影响着区县规模集聚效应作用的发挥, 为产业结构转型和环境保护措施实施提供资本积累, 另一方面伴随着居民生活水平的变化, 人民不断变化的美好生活需要对环境质量与效益提出要求, 从而影响重庆市经济与环境耦合协调; 固定资产投资占 GDP 比重(x_4)的 Q 值除 2016 年外均大于 0.5, 固定资产投资一定程度上影响区县经济发展。同时, 固定资产投资主要集中于第二产业, 而第二产业对能源依赖较大, 对区县环境质量影响程度较深, 故在重庆市经济与环境耦合协调发展变化过程中, 固定资产投资强度影响显著; 除国有和集体外其他所有制在岗人员比例(x_7)的 Q 值在 2011—2014 年和 2017 年、2018 年均大于 0.5。市场化水平与企业所有制结构密切相关, 国有和集体所有制企业通常具有强大的经济实力, 且在追求利润过程中承担着较大的社会责任, 面临环境管制更倾向于通过技术创新以提高节能减排能力, 达到环保要求, 而其他私营和外资企业则更倾向于通过躲避环境管制以降低成本, 保留原有较高能耗和高污染的生产方式, 对环境带来明显的负面影响。重庆市中小企业较多, 民营经济发达, 故国有经济对其经济与环境耦合协调发展的影响效果较为明显。

2009—2018 年, 教育支出占财政支出比重(x_5)、年平均气温(x_8)和建成区绿化覆盖率(x_{10}) Q 值持续低于 0.5, 表明科学技术水平、气候状况和绿化覆盖率水平对重庆市经济与环境耦合协调的影响相对较弱。

根据探测因子作用强度时序演化, 总体上, 第三产业产值占 GDP 比重(x_2)、年平均气温(x_8)和年平均降水(x_9) Q 值不断增大, 说明产业结构优化度和自然环境状况对重庆市经济与环境耦合协调发展的影响越来越大。由此得到启示: 一方面应注重产业结构优化, 实现资源优化配置, 走质量和效益并举之路; 另一方面应加强对自然因素的重视程度, 重视对水土资源的保育治理。

4 结论与讨论

以重庆市 38 个区县为研究对象, 构建经济与环境耦合协调度评价指标体系, 运用熵值法和耦合协调度模型计算经济与环境耦合协调度, 采用泰尔指数及空间自相关方法分析重庆市经济与环境耦合协调度时空格局变化特征, 并利用地理探测器探测耦合协调度的影响因素。获得以下研究结论:

1) 重庆市经济发展与环境质量子系统综合得分整体均呈上升趋势, 两个子系统得分时空变化不同步; 各区县经济与环境耦合协调度整体上升, 经济发展较快和生态环境基础较好的区县耦合协调度较高。

2) 重庆市“一区两群”各区域间经济与环境耦合协调度差异波动减小, 主城都市区内部差异增大, 渝东北城镇群和渝东南城镇群内部差异缩小, 三大区域内部贡献率高达 89%, 各区域内部差异明显大于区域间差异; 协调度空间关联呈现整体分散, 局部集聚特征; 经济发展较快的区县发展类型逐渐趋于“经济先行”。

3) 不同时期重庆市经济与环境耦合协调的影响因素作用强度不同, 但经济发展水平、固定资产投资强度和市场化水平在研究期内均具有较强的影响力, 产业结构优化度、气温和降水水平对重庆市经济与环境耦合协调的影响逐渐增大。

对于重庆市经济与环境耦合协调时空演变及影响因素的研究具有重要的现实意义, 经济与环境耦合协调发展的最终目标是实现经济高质量发展和可持续发展。为促进重庆市经济与环境耦合协调发展, 需大力促进经济发展以增加经济体量, 同时注重区县经济发展战略制定的科学性与连贯性, 为重庆市环境质量的稳步提升提供有力的资金支持和行政能力保障; 提升市场化水平, 不断重视区域内生驱动作用的发挥, 加强国有企业改制重组进程, 发展和完善市场化水平, 走质量与效益提升之路; 加大注重产业结构优化升级, 利用产业梯度转移和技术升级等途径有计划地调节对污染物排放、就业类型及人均收入水平的影响。未来研究区可立足于较小尺度, 有助于准确识别经济与环境耦合系统发展的关键性影响因素。

参考文献:

- [1] 朱冉, 赵梦真, 薛俊波. 产业转移、经济增长和环境污染: 来自环境库兹涅茨曲线的启示[J]. 生态经济, 2018, 34(7): 68-73.
ZHU R, ZHAO M Z, XUE J B. Industrial transfer, economic growth and environmental pollution: enlightenment from the environmental Kuznets curve[J]. Ecological Economy, 2018, 34(7): 68-73.

- [2] 张欣,廖岚琪,唐赛.我国环境库兹涅茨曲线检验与影响因素分析[J].统计与决策,2020,36(13):72-76.
ZHANG X, LIAO L Q, TANG S. Environmental Kuznets curve test and influencing factor analysis in China[J]. Statistics and Decision-Making, 2020, 36(13): 72-76.
- [3] 周正柱,王俊龙.环境库兹涅茨曲线假说检验研究进展与展望[J].中国农业资源与区划,2020,41(1):185-193.
ZHOU Z Z, WANG J L. Research progress and prospect of environmental Kuznets curve hypothesis test[J]. China's Agricultural Resources and Regionalization, 2020, 41(1): 185-193.
- [4] 韩瑞玲,佟连军,佟伟铭,等.经济与环境发展关系研究进展与述评[J].中国人口·资源与环境,2012,22(2):119-124.
HAN R L, TONG L J, TONG W M, et al. Research progress and review on the relationship between economic and environmental development[J]. China's Population, Resources and Environment, 2012, 22(2): 119-124.
- [5] 符鹏.长株潭产业发展与环境污染的灰色关联分析[D].长沙:湖南农业大学,2010.
FU P. Grey correlation analysis of industrial development and environmental pollution in Chang-Zhu-Tan[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2010.
- [6] 王陆军,范拴喜,白慧莉.基于环境库兹涅茨模型对铜川市近几年经济与环境特征分析[J].干旱区地理,2015,38(5):1031-1039.
WANG L J, FAN S X, BAI H L. Analysis of economic and environmental characteristics of Tongchuan city in recent years based on environmental Kuznets model[J]. Geography of Arid Areas, 2015, 38(5): 1031-1039.
- [7] 张达.长江经济带中心城市人居环境与经济发展协调度差异及影响因素研究[J].西南大学学报(自然科学版),2020,42(6):79-88.
ZHANG D. Research on the difference and influencing factors of the coordination degree between human settlement environment and economic development central cities of the Yangtze river economic belt[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2020, 42(6): 79-88.
- [8] 袁旭梅.协调发展指标体系与模糊分级评价方法研究[J].统计与决策,2001(11):10-11.
YUAN X M. Research on coordinated development index system and fuzzy grading evaluation method[J]. Statistics and Decision, 2001(11): 10-11.
- [9] 王蕾,孜比布拉·司马义,杨胜天,等.北疆城市化发展的经济社会资源环境耦合协调关系分析[J].数学的实践与认识,2019,49(4):43-53.
WANG L, ZIBIBRA S, YANG S T, et al. Analysis of the coupling and coordination relationship between economic, social resources and environment in the urbanization development of northern Xinjiang[J]. Practice and Understanding of Mathematics, 2019, 49(4): 43-53.
- [10] 罗福周,张诺楠.中国省际能源利用-经济发展-环境保护系统的时空耦合协调度分析[J].环境污染与防治,2020,42(7):884-889.
LUO F Z, ZHANG N N. Spatial-temporal coupling coordination analysis of China's provincial energy utilization-economic development-environmental protection system[J]. Environmental Pollution and Prevention, 2020, 42(7): 884-889.
- [11] 夏小园,陈颢明,郜晴,等.基于地理探测器的江苏省城市人居环境适宜性时空变化研究[J].水土保持通报,2020,40(3):289-296.
XIA X Y, CHEN H M, GAO Q, et al. Research on spatial and temporal changes of urban human settlement suitability in Jiangsu province based on geographical detectors[J]. Soil and Water Conservation Bulletin, 2020, 40(3): 289-296.
- [12] 范文祥,李将军.产业结构与金融结构阶段性最优耦合的因素分析:基于供给侧结构性改革视角[J].上海金融,2019(8):59-63.
FAN W X, LI J J. Factor analysis of the stage optimal coupling between industrial structure and financial structure: based on the perspective of supply-side structural reform[J]. Shanghai Finance, 2019(8): 59-63.
- [13] 李虹,李蕾.区域物流、经济增长与生态环境协调发展分析[J].统计与决策,2019,35(12):143-145.
LI H, LI L. The coordinated development of regional logistics, economic growth and ecological environment[J]. Statistics and Decision, 2019, 35(12): 143-145.
- [14] 李茜,胡昊,李名升,等.中国生态文明综合评价及环境、经济与社会协调发展研究[J].资源科学,2015,37(7):1444-1454.
LI X, HU H, LI M S, et al. The comprehensive evaluation of China's ecological civilization and the coordinated development of environment, economy and society[J]. Resource Science, 2015, 37(7): 1444-1454.

- [15] 李建新,梁曼,钟业喜. 长江经济带经济与环境协调发展的时空格局及问题区域识别[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(12): 2584-2596.
LI J X, LIANG M, ZHONG Y X. The spatial and temporal pattern of coordinated development of economy and environment in the Yangtze river economic belt and the identification of problem areas[J]. The Resources and Environment of the Yangtze River Basin, 2020, 29(12): 2584-2596.
- [16] 刘玉凤,高良谋. 京津冀城市群经济与环境耦合协调发展及时空演化分析[J]. 统计与决策, 2019, 35(10): 134-137.
LIU Y F, GAO L M. Coupling and coordinated development of economy and environment in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration and spatio-temporal evolution analysis[J]. Statistics and Decision, 2019, 35(10): 134-137.
- [17] 吴清,谢瑞萍,宋晨. 广东省旅游-经济-环境耦合协调发展研究[J]. 生态经济, 2021, 37(4): 140-146.
WU Q, XIE R P, SONG C. Research on the coordinated development of tourism-economy-environment coupling in Guangdong province[J]. Ecological Economy, 2021, 37(4): 140-146.
- [18] 刘薇,张溪. 绿色创新效率下经济与生态环境协调发展研究:以北京市为例[J]. 价格理论与实践, 2020(3): 26-29.
LIU W, ZHANG X. Research on the coordinated development of economy and ecological environment under the efficiency of green innovation: taking Beijing as an example[J]. Price Theory and Practice, 2020(3): 26-29.
- [19] 李辉,谭森,姜文,等. 三峡库区经济发展与生态环境的时空耦合特征[J]. 水土保持通报, 2020, 40(1): 243-249.
LI H, TAN M, JIANG W, et al. Spatial-temporal coupling characteristics of economic development and ecological environment in the Three Gorges reservoir area[J]. Soil and Water Conservation Announcement, 2020, 40(1): 243-249.
- [20] 戈冬梅,陈群利,赖志柱. 中国省域旅游、经济与生态环境的耦合协调分析[J]. 生态经济, 2021, 37(4): 132-139.
GE D M, CHEN Q L, LAI Z Z. Coupling coordination analysis of provincial tourism, economy and ecological environment in China[J]. Ecological Economy, 2021, 37(4): 132-139.
- [21] 马遵平,谢泽氢,孙平军. “一带一路”省(直辖市、自治区)人口、经济与环境耦合协调研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2020, 45(11): 32-39.
MA Z P, XIE Z D, SUN P J. Research on the coupling coordination of population, economy and environment in 'the belt and road' province (municipalities and autonomous regions)[J]. Journal of Southwest Normal University(Natural Science Edition), 2020, 45(11): 32-39.
- [22] 张国俊,王珏晗,吴坤津,等. 中国三大城市群经济与环境协调度时空特征及影响因素[J]. 地理研究, 2020, 39(2): 272-288.
ZHANG G J, WANG J H, WU K J, et al. Spatio-temporal characteristics and influencing factors of economic and environmental coordination degree of three major urban agglomerations in China[J]. Geography Research, 2020, 39(2): 272-288.
- [23] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
WANG J F, XU C D. Geographic detector: principle and prospect[J]. Geography, 2017, 72(1): 116-134.
- [24] 郭付友,佟连军,仇方道,等. 黄河流域生态经济走廊绿色发展时空分异特征与影响因素识别[J]. 地理学报, 2021, 76(3): 726-739.
GUO F Y, TONG L J, QIU F D, et al. Spatio-temporal differentiation characteristics and influencing factors of green development in the eco-economic corridor of the Yellow river basin[J]. Geography, 2021, 76(3): 726-739.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

The Spatio-Temporal Evolution and Influencing Factors of Chongqing's Economic and Environmental Coupling Coordinates

WANG Ying, LIN Xiaosong

(School of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: [Purposes] The coupled and coordinated development of economy and environment is an important way to build an ecological civilization city and promote economic transformation and development. The research on the spatio-temporal evolution and influencing factors of the coupled and coordinated development of economy and environment in Chongqing provides reference for promoting the sustainable development of Chongqing. [Methods] Entropy method, coupling coordination degree model, Theil index

and spatial autocorrelation were used to analyze the temporal and spatial pattern change characteristics of coupling coordination between economy and environment in 38 districts and counties of Chongqing from 2009 to 2018. Geodetectors were used to analyze the influencing factors of spatial and temporal differences in coupling coordination. [Findings] 1) Chongqing's economic development and environmental quality subsystem comprehensive score overall showed an upward trend, the two subsystem score time and space changes are out of sync. 2) The coupling coordination degree of economy and environment in each district and county showed an overall upward trend. The maximum coupling coordination degree of each district and county increased from 0.27 in 2009 to 0.37 in 2018. The average coupling coordination degree of each district and county in 2018 increased by 26.9 % compared with 2009. The coupling coordination degree of districts and counties with rapid economic development and good ecological environment foundation is higher. 3) The difference of economic and environmental coupling coordination degree among regions of one district, two groups decreases, the Theil index decreases by 66.7 %, the internal difference of main urban areas increases, the internal difference of urban groups in northeast and southeast Chongqing decreases, and the internal difference of each region is significantly greater than that of regional differences. 4) The spatial correlation of coupling coordination degree is characterized by overall dispersion and local agglomeration. The global Moran' I index of coupling coordination degree only meets the condition that it is greater than 0 and passes the significance test in 2013. 5) The development mode of districts and counties with rapid economic development tends to be "economic first". 6) The influencing factors of the coordinated development of economy and environment are different in intensity. The level of economic development, the intensity of fixed asset investment and the level of marketization continue to have strong influence. The corresponding index Q value is greater than 0.5 in more than half of the years during the study period. The influence of industrial structure optimization, temperature and precipitation on the coordinated development of economy and environment gradually increases. The corresponding index Q values fluctuate from 0.215 9, 0.126 6 and 0.191 6 in 2009 to 0.588 0, 0.361 7 and 0.505 5 in 2018. [Conclusions] Chongqing's economic and environmental coupling coordination is generally at an out-of-balance level, but the coupling coordination level is on the rise, and in the future, it should strengthen economic development, enhance the level of marketization, pay attention to the upgrading and optimization of industrial structure, and further promote the coordinated development of economic and environmental coupling in Chongqing.

Keywords: economy and environment; coupling coordination; spatio-temporal evolution; influencing factors; Chongqing

(责任编辑 黄 颖)