

# 乌江流域经济与人口空间格局演变及耦合特征

赵 敏<sup>1</sup>, 狄东睿<sup>1,2,3</sup>, 黄光伟<sup>2</sup>, 时伟宇<sup>1</sup>

(1.西南大学 地理科学学院, 重庆 400715; 2.上智大学, 东京 102-8554; 3.咸阳师范学院, 陕西 咸阳 712000)

**摘 要:**为探究乌江流域经济人口空间格局演变及耦合关系,以乌江流域为研究区,选取该流域 69 个区县 2000—2019 年的 GDP 和常住人口数据,运用地理集中度、ESDA-GIS 和耦合指数,对流域内经济人口空间格局及其相互关系进行了定量分析。结果表明:(1) 近 20 a,流域常住人口从 3 626.46 万人减少至 3 564.12 万人,人均 GDP 年平均增长率约为 15.13%;(2) 县域人口和经济发展差异增大,经济发达、人口密集的县域空间分布重叠,均集中分布在流域中部—南部;(3) 经济重心、人口重心远离流域几何重心向流域西南方向移动;(4) 经济人口耦合指数表明,流域人口和经济发展协调性有所提高。综上,乌江流域区域发展不协调依然严峻,推动流域东北部区县发展,缩小流域东北部和中部—南部的发展差距,进一步提高人口和经济发展的协调性仍是今后需要解决的问题之一。

**关键词:**经济; 人口; 耦合关系; 空间自相关; 乌江流域

**中图分类号:**C922

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2022)06-0298-13

## Evolution and Coupling Between Economic and Population Spatial Pattern in Wujiang River Basin

ZHAO Min<sup>1</sup>, DI Dongrui<sup>1,2,3</sup>, HUANG Guangwei<sup>2</sup>, SHI Weiyu<sup>1</sup>

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

2.Sophia University, Tokyo 102-8554, Japan; 3.Xianyang Normal University, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

**Abstract:** In order to explore the evolution and coupling relationship of the economic spatial pattern of the population in the Wujiang River Basin, the GDP and permanent resident population data of 69 districts and counties from 2000 to 2019 were selected, and the spatial pattern and interrelationship of the economic population were quantitatively analysed by using the geographical concentration, ESDA-GIS and coupling index. The results show that: (1) The resident population decreased from 36.264 6 million to 35.641 2 million, and the average annual growth rate of per capita GDP is about 15.13%; (2) The difference of population and economic development among county-level administrative regions is increasing, the spatial distribution of economically developed and densely populated counties overlaps, which are concentrated in the middle and south of the basin; (3) The economic centre of gravity and the population centre of gravity move away from the geometric centre of gravity of the basin to the southwest; (4) The population economic coupling index indicates that the coordination of population and economic development in the basin has improved. To sum up, the uncoordinated regional development of the Wujiang River Basin is still grim. It is still one of the problems to be solved in the future in order to narrow the development gap of the northeast and the southern and central parts of the basin, and improve the coordination of population and economic development.

**Keywords:** economy; population; coupling relationship; spatial autocorrelation; Wujiang River Basin

人口和经济是区域的重要组成部分,其两者的时空变化是研究区域差异的主要内容之一,也是反映区域差异的重要指标<sup>[1-2]</sup>。区域内人口增长和经济增长存在着辩证统一的关系,即经济的增长带动人口增长,人口增长为经济发展提供丰富的劳动力和人才,

增加消费<sup>[3]</sup>。亚当·斯密认为,人口增长是国家和区域繁荣发展的象征,既是经济不断发展的结果也是促进经济发展的原因<sup>[4]</sup>。18 世纪中叶,人口学家托马斯·罗伯特·马尔萨斯认为国家或地区人口的过快增长不利于经济发展<sup>[5]</sup>。英国经济学家格林·克拉克

收稿日期:2021-07-31

修回日期:2021-09-06

资助项目:陕西省教育厅专项科研计划项目“‘一带一路’背景下陕西民俗文化旅游景区的推广与翻译策略研究”(19JK0916)

第一作者:赵敏(1998—),男,安徽滁州人,硕士研究生,研究方向为环境管理与地理教育。E-mail:d-di-2a1@eagle.sophia.ac.jp

通信作者:狄东睿(1984—),女,陕西咸阳人,硕士,讲师,主要从事水环境文化与管理及流域可持续发展研究。E-mail:d-di-2a1@eagle.sophia.ac.jp

和美国经济学家朱利安·西蒙提出了人口推拉理论,指出从长期来看,人口增长具有积极影响,适度的人口增长有利于提高经济福利<sup>[6]</sup>。流域作为一种特殊类型的区域,其人口和经济特征及两者关系是经济地理学、人口经济学研究的热点之一。近年来,国内学者对流域人口、经济特征及其关系也展开了丰富的研究<sup>[3,7-16]</sup>。汪洋等<sup>[17-18]</sup>计算近 30 a 塔里木河流域人口、经济重心,并对人口、经济重心进行耦合分析,得出了塔里木河流域人口与经济的空间关系。刘志峰等<sup>[19]</sup>、李小龙<sup>[20]</sup>采用经济人口重心耦合、探索性空间分析(ESDA)等方法,研究流域人口和经济的空间关系,认为人口、经济的发展存在空间耦合关系,两者关系可以利用重心分析法进行空间刻画。钟业喜等<sup>[3]</sup>主要采用人口经济耦合指数等方法对 1998—2008 年鄱阳湖生态经济区人口经济耦合关系进行研究,认为人口与经济的关系是动态变化的,且人口、经济的发展存在区域差异。王德怀等<sup>[21]</sup>采用人口-经济增长弹性、地理集中度、ESDA-GIS 和耦合指数等多种方法对 2001—2015 年乌江流域人口与经济协调性进行了比较全面的研究。自 20 世纪 60 年代以来学者对乌江流域的生态环境展开了有益的研究,但是缺乏对流域人口和经济特征及其两者关系探究<sup>[22-26]</sup>。本文以县域为基本单位,结合地理集中指数和空间自相关分析人口、经济的空间特征,应用重心分析法分析人口和经济的空间耦合关系,并根据经济-人口耦合指数划分县域类型,揭示县域经济与人口的协调发展程度。

当前,推动长江经济带的发展是我国重大的区域发展战略。乌江流域在长江经济带中区位优势明显,乌江流域向北连接长江黄金水道,向东北通过长江直达长江中游城市群,西北毗邻长江上游成渝城市群。并且中国西南地区也是“一带一路”海路和陆路的连接枢纽<sup>[27-30]</sup>。而乌江流域则位于中国西南地区的核心地带,向南通过贵广高速铁路连接珠三角,向西通过昆明市连接中缅经济走廊,其区位优势非常明显。良好的区位优势带来区域发展机遇的同时,其社会经济的发展也存在明显问题。乌江流经乌蒙山区、武陵山区及滇黔石漠化区三大集中连片贫困区,流域内存在基础设施建设比较落后、产业基础薄弱、产业比例失衡、经济发展与人口增长不协调等问题。在 2019 年公布的全国贫困县名单中,乌江流域有 30 个国家级贫困县,约占流域区县数量一半,2019 年贫困县常住人口约占流域的 42.47%,GDP 仅占流域的 25.83%,由此可以看出乌江流域人口经济发展不协调。基于以上背景,对乌江流域经济与人口空间格局演变及耦合关系进行研究,有助于了解乌江流域经济和人口的基本情况和两者关系,为乌江流域的相关规划、决策提供实证依据,对促进流域

经济社会协调发展具有现实意义,也有利于丰富流域人口与经济相互关系的科学研究。

# 1 数据与方法

## 1.1 数据来源

乌江流域(25°38′52″—30°40′14″N,103°35′57″—109°58′47″E)涉及 69 个区县,本文的人口和经济数据主要来源于 2001—2020 年《贵州统计年鉴》《重庆统计年鉴》《湖北统计年鉴》《云南统计年鉴》。地理空间数据来源于全国地理信息资源目录服务系统。其中,2000—2019 年,部分县级行政单位有名称变动,行政管辖范围不变,特此说明;2004—2016 年,原遵义市遵义县经过两次较大的行政区划调整,最终遵义县被划分为播州区和汇川区,为研究方便,沿用遵义县名称和行政管辖范围,将播州区和汇川区的各项数据叠加作为遵义县数据。

## 1.2 研究方法

在研究方法上,本文主要采用地理集中度、耦合指数、全局空间自相关、局部空间自相关和区域重心。首先,引入地理集中度用于反映经济、人口在流域内的空间分布特征。其次,采用全局空间自相关描述经济地理集中指数、人口地理集中指数在流域内的空间关联总特征,由于全局空间自相关不能确切反映要素值在局部地区的空间特征,所以运用局部空间自相关分析流域内各相邻区县经济地理集中指数、人口地理集中指数以及耦合指数的空间关联程度。再次,在分析讨论经济、人口的空间特征之后,引入区域重心刻画经济重心、人口重心的空间移动轨迹,分析经济和人口的空间耦合关系。最后,采用耦合指数反映各个区县经济与人口的空间分布关系,分析经济、人口的协调发展程度。

1.2.1 地理集中度 本文引入地理集中度用于衡量经济与人口在乌江流域区内的空间集中程度。其公式如下:

$$R_i(\text{Pop}) = (\text{Pop}_i / \text{Acr}_i) / (\sum_{i=1}^n \text{Pop}_i / \sum_{i=1}^n \text{Acr}_i) \quad (1)$$

$$R_i(\text{GDP}) = (\text{GDP}_i / \text{Acr}_i) / (\sum_{i=1}^n \text{GDP}_i / \sum_{i=1}^n \text{Acr}_i) \quad (2)$$

式中: $R_i(\text{Pop})$ 和 $R_i(\text{GDP})$ 分别为某年*i*地区的人口地理集中指数、经济地理集中指数; $\text{Pop}_i$ , $\text{GDP}_i$ , $\text{Acr}_i$ 分别为某年*i*地区的人口、国内生产总值、国土面积; $\Sigma$ 表示某种属性在大区域的总计值。

1.2.2 耦合指数 耦合指数用于反映某个区域经济和人口空间分布关系及变化情况。其公式如下:

$$I_i = R_i(\text{GDP}) / R_i(\text{Pop}) \quad (3)$$

1.2.3 全局空间自相关 全局空间自相关值描述区

域单元某种属性值的整体分布情况<sup>[31]</sup>。本文采用 Moran's  $I$ , 其值域为 $[-1, 1]$ ,  $-1 \leq I < 0$  表示负相关,  $I = 0$  表示不相关,  $0 < I \leq 1$  之间表示正相关。其公式如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

式中:  $I$  为莫兰指数;  $n$  为区域的数量;  $x_i, x_j$  为区域  $i$ 、区域  $j$  的某一要素的属性值;  $\bar{x}$  为各个区域某一要素属性值的平均值;  $w_{ij}$  为空间权重矩阵。

1.2.4 局部空间自相关 局部空间自相关可以揭示局部与其相邻空间单元格属性值的相似性或者相关性<sup>[32]</sup>。聚类可分为低—低聚类、高—高聚类、低—高聚类、高—低聚类。其公式如下:

$$I_i = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

1.2.5 区域重心 借助 ArcGIS 10.2 进行重心分析, 研究乌江流域经济、人口重心的位置和移动轨迹。其公式如下:

$$X = \sum_{i=1}^n X_i W_i / \sum_{i=1}^n W_i \quad (6)$$

$$Y = \sum_{i=1}^n Y_i W_i / \sum_{i=1}^n W_i \quad (7)$$

式中:  $X, Y$  为某一属性重心的经度、纬度;  $X_i, Y_i$  为子区域的经度、纬度;  $W_i$  为子区域某一要素的属性值。

区域重心空间年际移动距离测度公式如下:

$$D_{s-k} = C \sqrt{(Y_s - Y_k)^2 + (X_s - X_k)^2} \quad (8)$$

式中:  $D$  为两个年份之间某一要素重心移动的距离;  $s, k$  为两个不同年份;  $(X_s, Y_s), (X_k, Y_k)$  为两个年份某一要素重心的经纬度坐标;  $C = 111.111$ , 将地理坐标系转换为平面坐标系。

区域重心空间年际移动方向测度公式如下:

$$\theta_{s-k} = n\pi/2 + \arctg[(Y_s - Y_k)/(X_s - X_k)], \quad n = 0, 1, 2 \quad (9)$$

式中:  $\theta$  为两个年份之间某一要素重心移动的角度,  $\theta \in [-\pi, \pi]$ ;  $s, k$  为两个不同年份;  $(X_s, Y_s), (X_k, Y_k)$  为两个年份某一要素重心的经纬度坐标。以正东为  $0^\circ$ , 逆时针旋转为正, 顺时针旋转为负。

用同一时间段内人口重心和经济重心产生位移的矢量交角来体现变动一致性, 交角越小代表变动一致性越高, 采用  $\cos\theta$  作为变动一致性指数 ( $C$ )。其公式如下:

$$C = \cos\theta = \frac{(\Delta x_E^2 + \Delta y_E^2) + (\Delta x_P^2 + \Delta y_P^2) - [(\Delta x_E - \Delta x_P)^2 + (\Delta y_E - \Delta y_P)^2]}{2\sqrt{(\Delta x_E^2 + \Delta y_E^2)(\Delta x_P^2 + \Delta y_P^2)}} \quad (10)$$

式中:  $C$  为变动一致性指数, 取值范围为  $[-1, 1]$ ;  $\theta$  为经济、人口重心在同一时间段产生位移的矢量交角, 取值范围为  $[0^\circ, 180^\circ]$ ;  $\Delta x_E, \Delta y_E$  为经济重心的经度、纬度变化量;  $\Delta x_P, \Delta y_P$  为人口重心的经度、纬度变化量。

## 2 结果与分析

### 2.1 乌江流域经济、人口空间分布变化特征

对 2000—2019 年乌江流域经济、人口地理集中指数进行全局自相关分析, 得到经济、人口地理集中指数莫兰系数如图 1 所示。2000—2012 年, 人口、经济地理集中指数 Moran's  $I$  系数呈现波动变化的态势; 2013—2019 年, 经济地理集中指数 Moran's  $I$  系数和人口地理集中指数 Moran's  $I$  系数均有明显增长, 两者正的空间相关性均明显增强, 表明经济发达或落后的区县成片聚集, 人口密集或稀疏的区县也成片聚集。

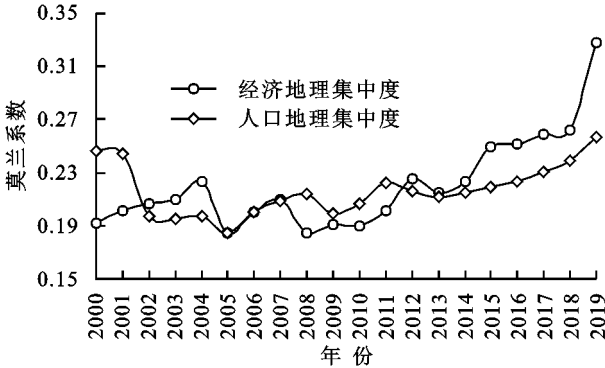


图 1 2000—2019 年乌江流域人口、经济地理集中指数 Moran's  $I$  系数

#### 2.1.1 经济空间分布变化

(1) 人均 GDP。乌江流域 2000 年人均 GDP 为 3 284.99 元, 2019 年增长至 48 634.41 元, 2019 年人均 GDP 是 2000 年的 14.81 倍, 年平均增长率约为 15.13%, 增长速度较快。从图 2 可以得出: ① 人均 GDP 高值区域明显从乌江流域中部和南部向西南部、东部延伸。② 乌江流域人均 GDP 较低的区县集中分布在流域东北部和西南部, 流域东北部、西南部以第一产业为主, 二、三产业发展滞后, 并且缺乏中心城市的带动, 经济发展滞后, 人均 GDP 较低。

(2) 经济地理集中指数。本文根据自然断裂点法将各县区 GDP 地理集中指数划分为 7 个等级:  $0.19 < R(\text{GDP}) \leq 0.46, 0.46 < R(\text{GDP}) \leq 0.75, 0.75 < R(\text{GDP}) \leq 1.00, 1.00 < R(\text{GDP}) \leq 4.53, 4.53 < R(\text{GDP}) \leq 17.28, 17.28 < R(\text{GDP}) \leq 37.71, 37.71 < R(\text{GDP})$ 。

从图 3 可以得出, 乌江流域各县 GDP 地理集中指数空间分布有以下特点: ① 乌江流域内大部分区县 GDP 地理集中指数在  $(0, 1)$ , 数值较低。② 区县 GDP



地理集中指数高值区主要分布在流域东北部(涪陵区、南川区、綦江区)、中部(遵义县、红花岗区、仁怀市)、南部(观山湖区、白云区、乌当区、云岩区、南明区、花溪区、清镇市)、西南部的钟山区。③ 2000—2019 年流域

内大部分区县 GDP 地理集中指数变化细微。就个别来看,仁怀市、观山湖区 GDP 地理集中指数有明显增长,仁怀市经济地理集中指数增长最为迅速,主要得益于当地白酒产业带来的巨大经济效益。

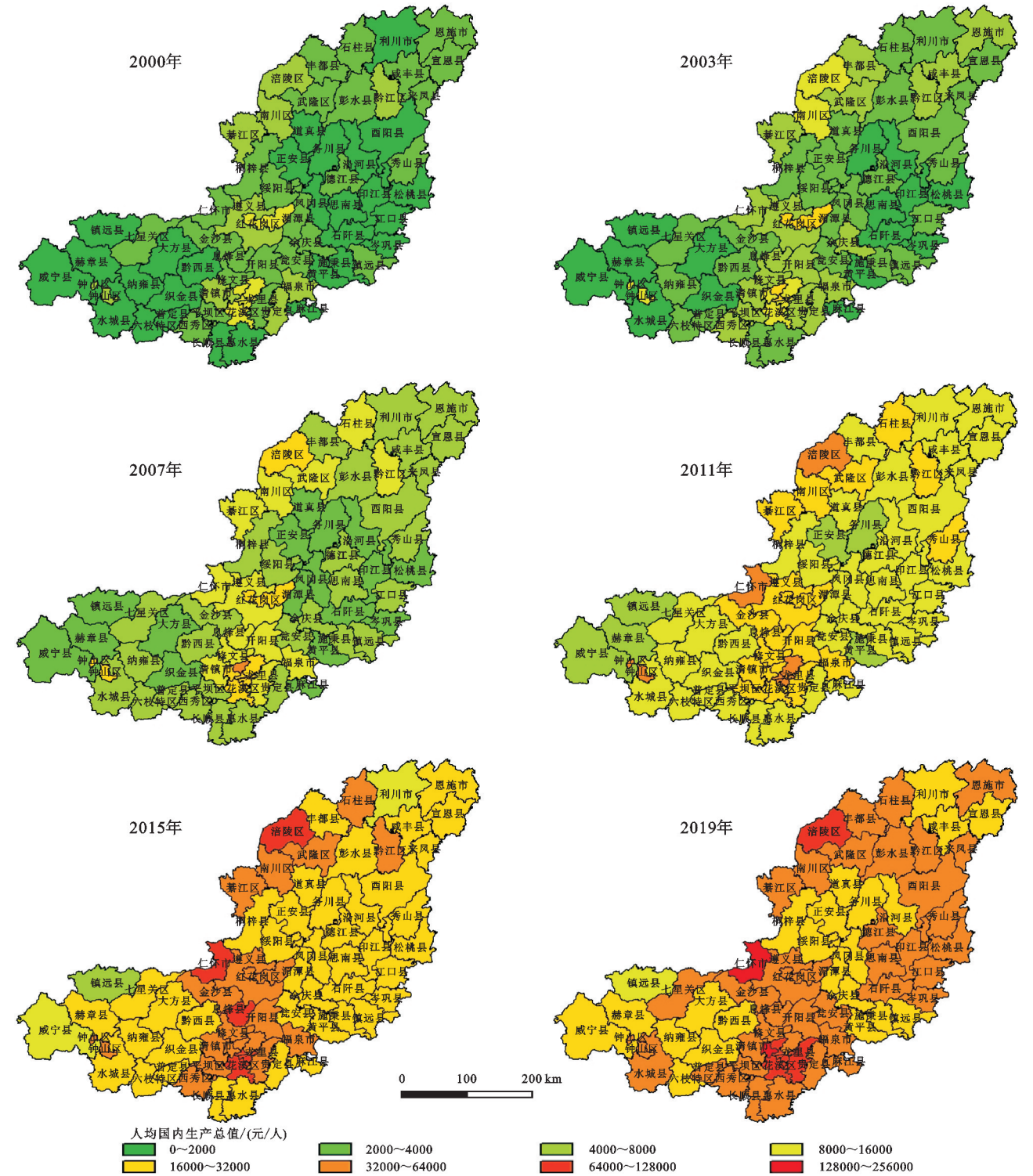


图 2 乌江流域 2000—2019 年人均 GDP 空间分布

(3) LISA 分布。对 2000—2019 年乌江流域经济地理集中度局部空间自相关分析发现(图 4),在 5% 的显著水平下,从总体数量来看,2000 年属于高一高型区县的有 6 个,属于低一低型区县的有 11 个,高一低型区县有

1 个,低一高型区县有 1 个;2019 年高一高型区县有 5 个,低一低型区县有 12 个,不存在高一低型区县,低一高型区县有 2 个从区域分布来看(图 5),高一高型区县主要分布在乌江流域南部贵阳市市区,分布范围变化



小。高一高型区县在 2000 年主要是贵阳市的乌当区、白云区、观山湖区、云岩区、南明区和花溪区。2019

年,贵阳市乌当区不再是高一高型区县,乌当区经济地理集中指数相比于周边区县较低。

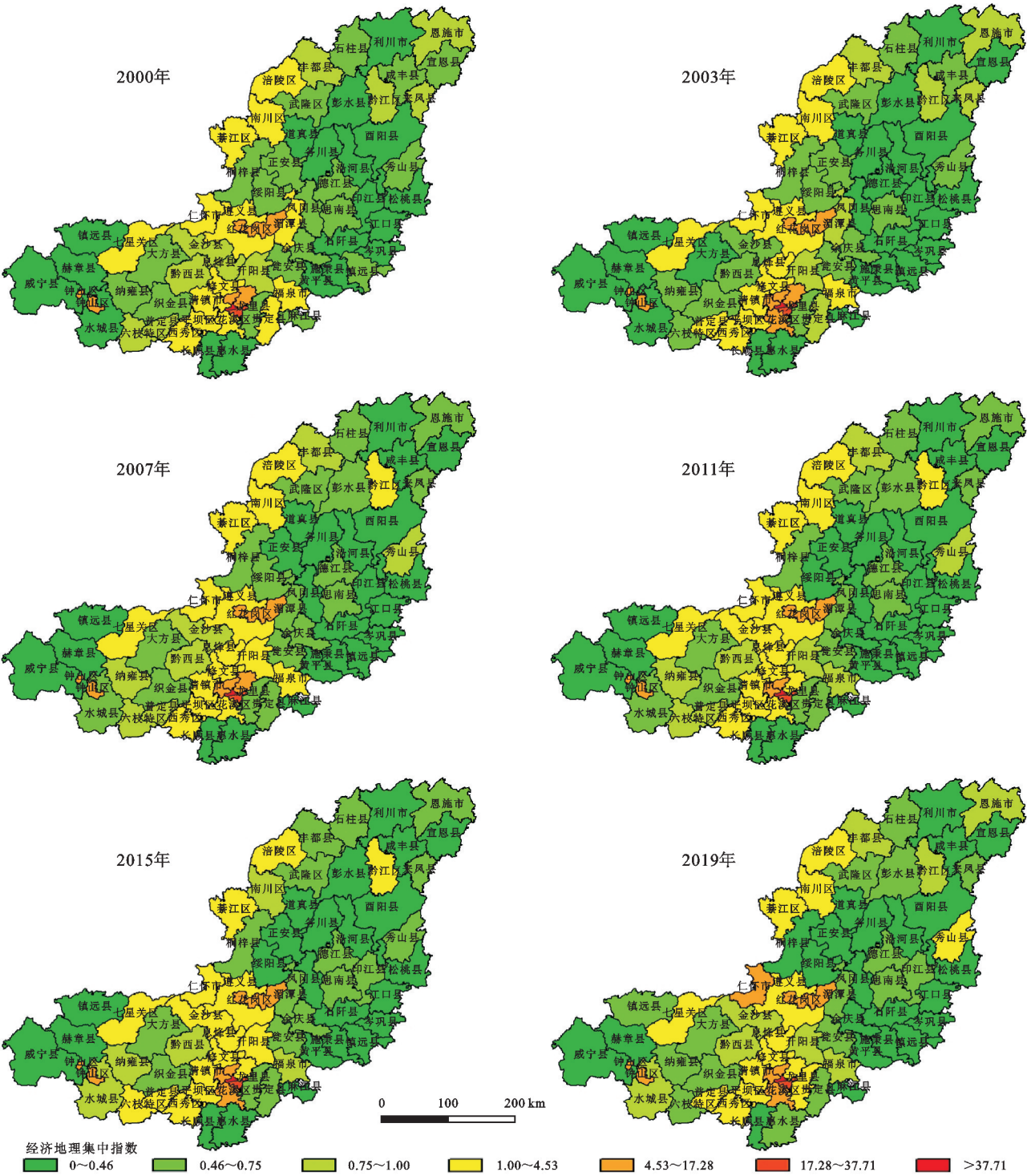


图 3 乌江流域 2000—2019 年经济地理集中指数空间分布

高一低型区县在 2000 年只有六盘水市的钟山区,钟山区是六盘水市中心城区、毕水兴经济带的重要组成部分,经济发展水平高,导致其经济地理集中指数明显高于周围区县。2019 年,乌江流域无高一低型区县。低一高型区县在 2000 年仅有黔南布依族苗族自治州龙里县,主要是因为其周边贵阳市区的经济发展水平高,而龙里县经济地理集中指数与其周边

区县相比有较大差距。2019 年,低一高型区县增加了贵阳市乌当区,说明乌当区与贵阳市其他市区相比,经济发展滞后,经济地理集中指数偏低。

低一低型区县主要分布在乌江流域东部和东北部。2000 年低一低型区县成片集中分布在流域东北部。2007—2011 年,低一低型区县的空间分布呈现往复规律,主要原因是部分区县经济发展有较大波

动,经济发展不稳定。到 2019 年,低—低型区县分布呈破碎化,部分区县摆脱了低—低型,说明近 20 a 经

济发展迅速,经济发展水平明显提高,经济地理集中指数也随之升高。

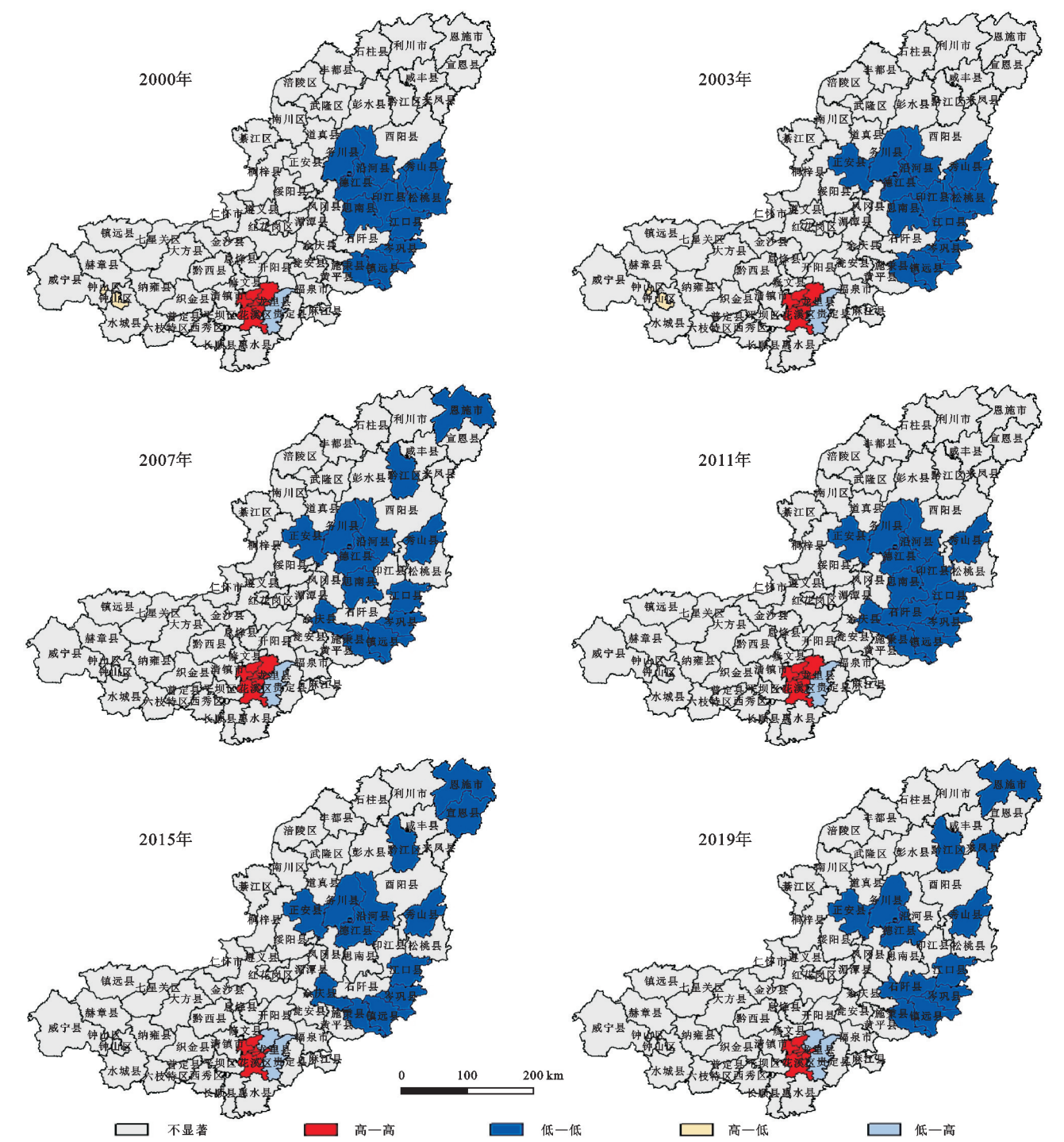


图 4 乌江流域 2000—2019 年经济地理集中指数 LISA 图

2.1.2 人口空间分布变化

(1) 人口密度。2000 年乌江流域常住人口密度为 237.62 人/km<sup>2</sup>,2019 年降低至 232.44 人/km<sup>2</sup>,常住人口密度略有下降。从图 5 可以看出:① 流域西南部人口密度大,东北部人口密度小,人口重心偏向流域西南部。流域东部、东北部以第一产业为主,二、三产业基础薄弱,农村剩余劳动力寻求经济收入向外迁出,导致东部、东北部常住人口密度低;流域中部、

南部、西南部有遵义市、贵阳市、六盘水市等区域中心城市,二、三产业发展迅速,经济发展水平较高,吸引较多外来劳动力,导致人口密度较大且有增长趋势。② 2000—2019 年流域人口存在向 3 个区域集中的现象,这 3 个区域分别为遵义市红花岗区、贵阳市市区(南明区、云岩区、白云区、观山湖区)、六盘水市钟山区。从图中可以看出,这 3 个地区的人口密度均超过 1 000 人/km<sup>2</sup>,人口密度大且增长较快。



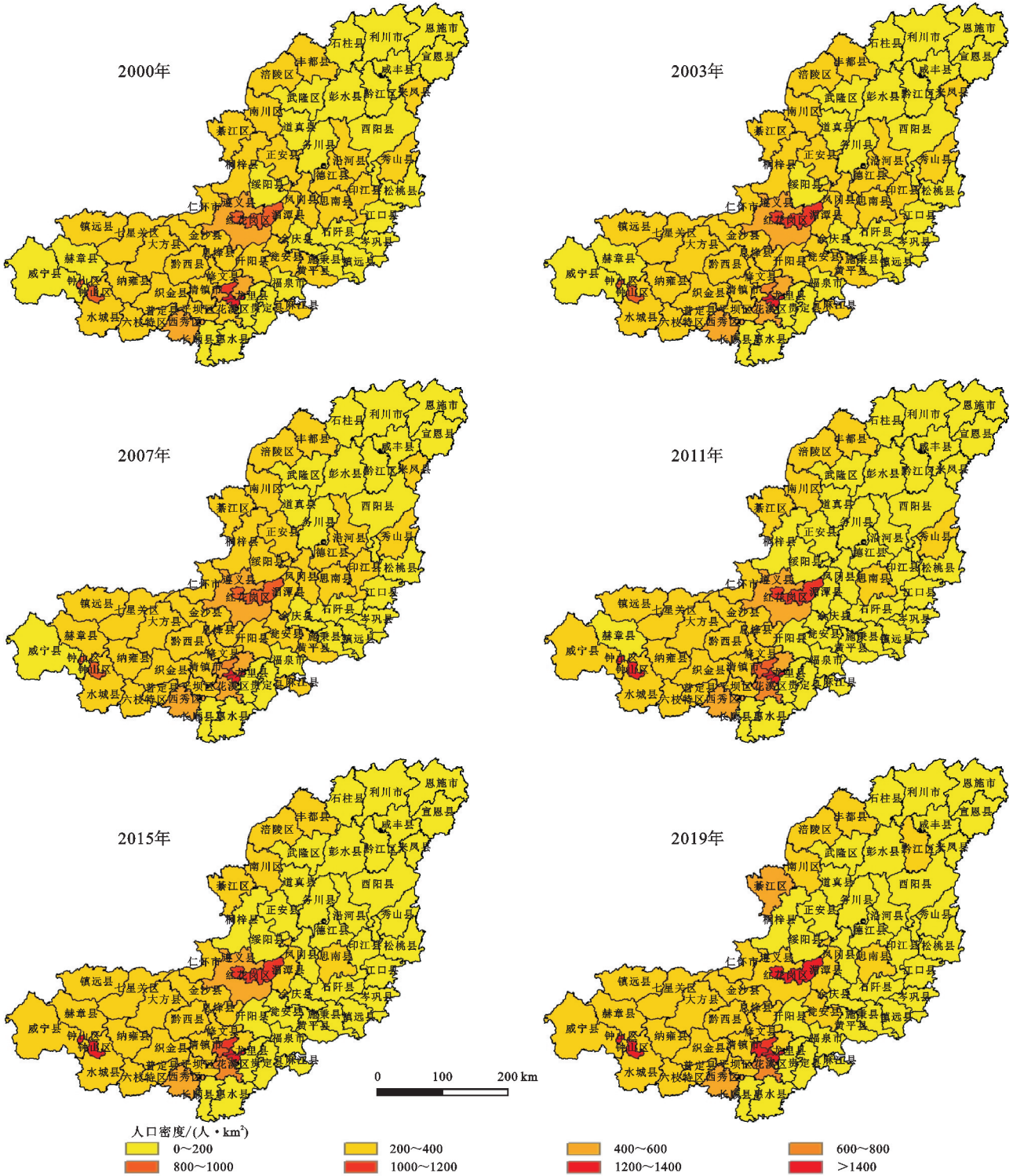


图 5 乌江流域 2000—2019 年人口密度空间分布

(2) 人口地理集中指数。本文根据自然断裂点法将各县区人口地理集中指数划分为 7 个等级： $0.37 < R(POP) \leq 0.58$ ,  $0.58 < R(POP) \leq 0.78$ ,  $0.78 < R(POP) \leq 1.00$ ,  $1.00 < R(POP) \leq 3.39$ ,  $3.39 < R(POP) \leq 10.01$ ,  $10.01 < R(POP) \leq 26.28$ ,  $26.28 < R(POP)$ 。

从图 6 可以可看出,乌江流域人口地理集中指数空间分布有以下特点:① 乌江流域大部分区县人口地理集中指数低于 1。② 人口地理集中指数较高的区县分布

在流域中部、南部和西部,其中中部的遵义市红花岗区、南部的贵阳市市区(南明区、云岩区、白云区、观山湖区)、西部的六盘水市钟山区人口地理集中指数最高。

(3) LISA 分布。对 2000—2019 年乌江流域人口地理集中指数局部空间自相关分析发现(图 8),在 5% 的显著水平下,从总体数量来看,2000 年和 2019 年各聚类区县数量相同,高一高型区县 5 个,低一低型区县 12 个,无高一低型区县,低一高型区县 2 个。



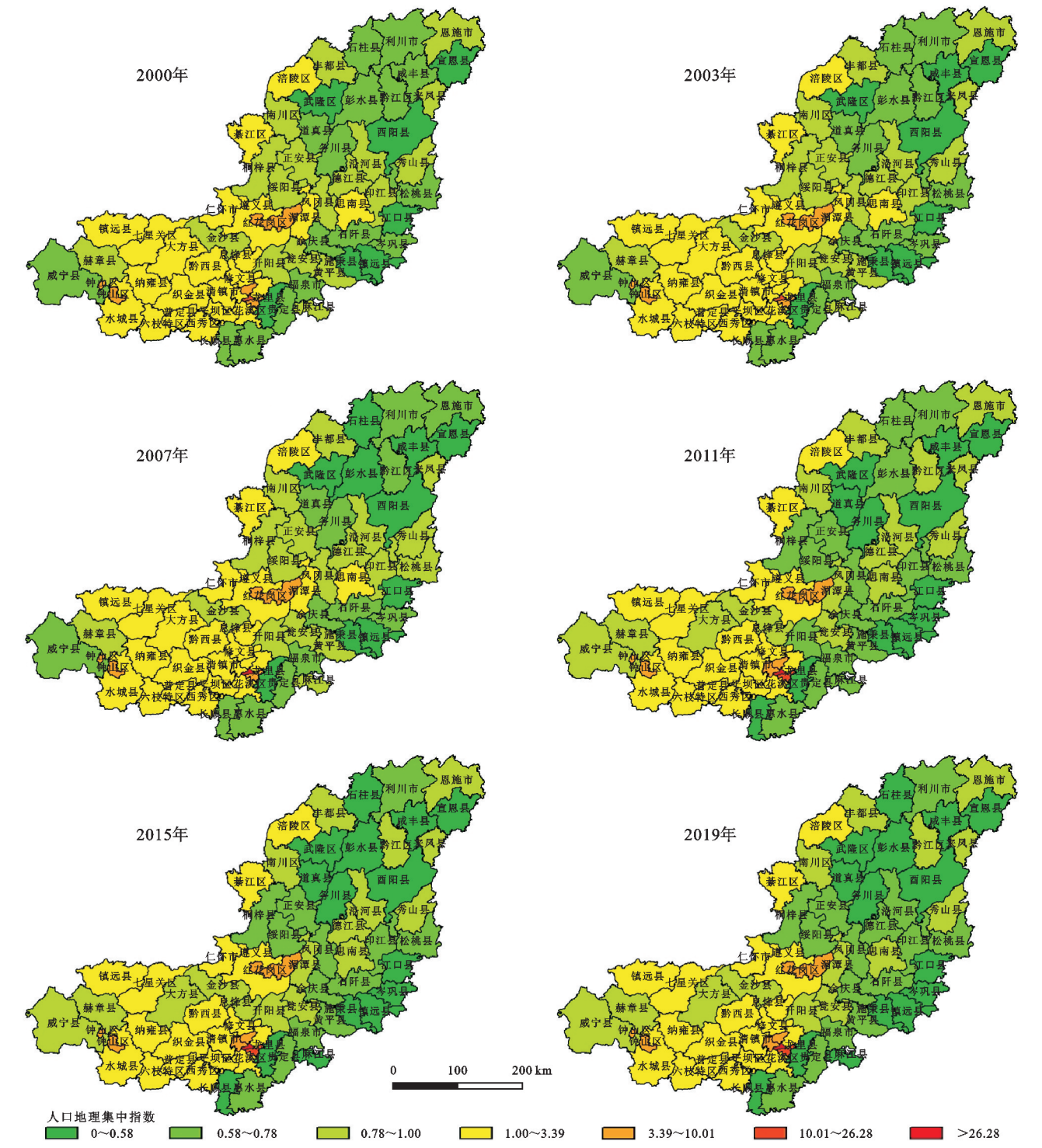


图 6 乌江流域 2000—2019 年人口地理集中指数空间分布

从区域分布来看(图 7)，高一高型区县主要分布在乌江流域南部贵阳市市区。高一高型区县在 2000 年主要是贵阳市的白云区、乌当区、观山湖区、南明区。2019 年贵阳市乌当区不再是高一高型区县，主要原因是受周边市区对人口的拉力增强以及人口返乡就业的影响，导致乌当区常住人口流失，成为低一高型区县。

低一高型区县在 2000 年有贵阳市花溪区和黔南布依族苗族自治州龙里县。2019 年低一高型区县有龙里县和乌当区。乌江流域在 2000—2019 年没有出现高一

低型区县。

低一低型区县主要分布在乌江流域东部和东北部。2000 年低一低型区县在流域东部有岑巩县、镇远县、施秉县和黄平县，在东北部有恩施市、利川市、来凤县、彭水县、黔江区、松桃县等，说明东部和东北部部分区县人口地理集中指数较低且区县之间相关性较强。2019 年东北部低一低型区县分布逐渐破碎化，说明东北部部分区县常住人口数量受人口返乡就业影响有所增长，人口地理集中指数随之上升。

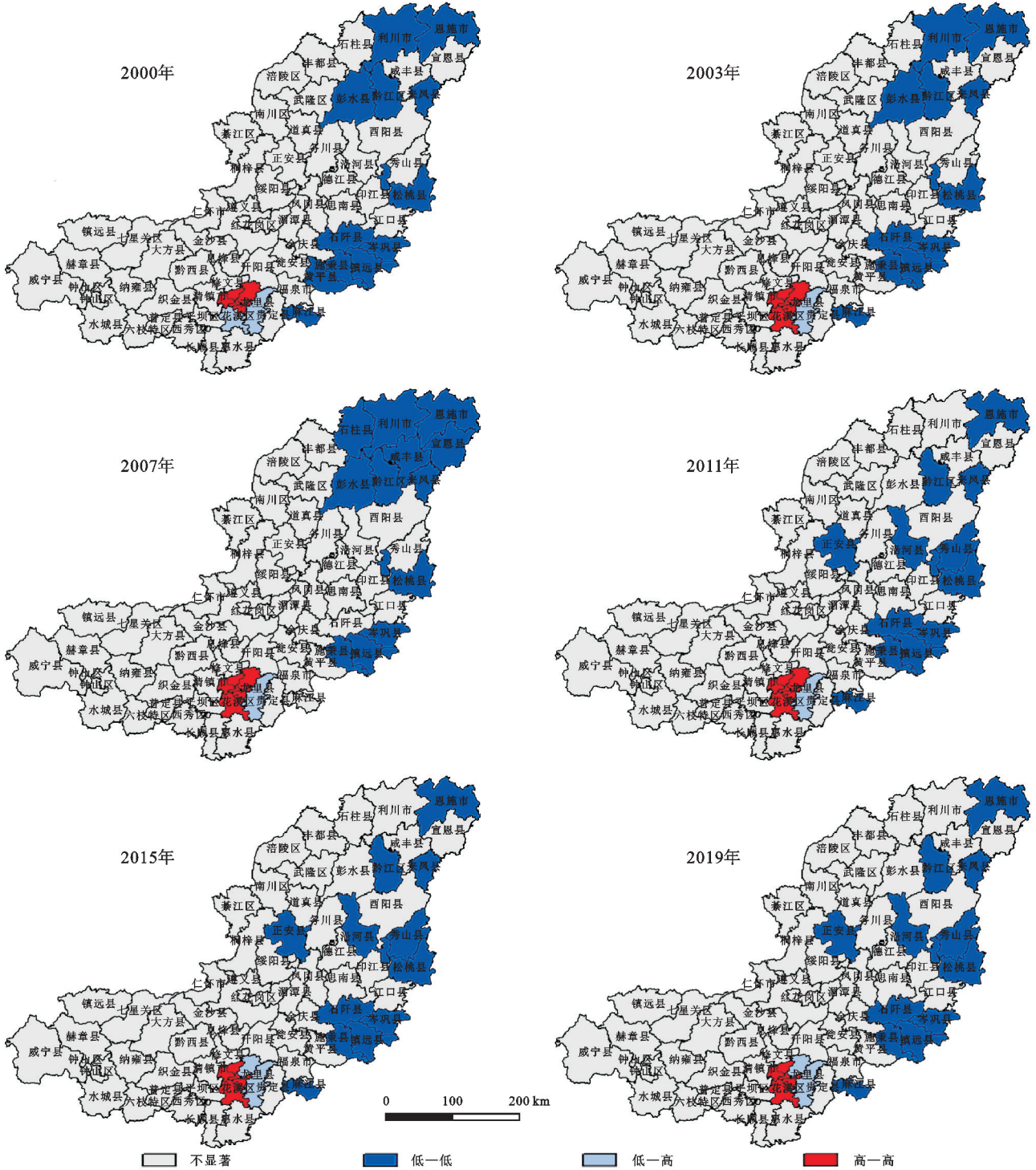


图 7 乌江流域 2000—2019 年人口地理集中指数 LISA 图

2.2 乌江流域经济、人口空间关联动态特征

乌江流域经济、人口重心移动轨迹存在交叉。经济重心总体位于人口重心的西南方,两者相距较近,均分布在研究区几何重心偏西南的位置,位于贵州省遵义市遵义县、红花岗区境内。2000—2019 年经济、人口重心向流域西南移动,主要原因是近 20 a 流域南部和西南部的贵阳市、安顺市、六盘水市、毕节市经济发展迅速,城市化水平较高,吸引了较多的外来人口迁入,导致经济重心和人口重心向流域西南偏移。

(1) 经济重心空间演变轨迹特征。从变动情况来看(表 1),2003—2007 年、2011—2015 年经济重心向流域西南方向移动,但 2007—2011 年、2015—2019 年经济重心向流域的东北方向迁移,说明在这个时间段内流域西南部、东北部的经济发展波动性较大。总的来说,2000—2019 年经济重心向西南方向移动了约 7 619.80 m,总的移动角度约为  $-169.18^{\circ}$ ,经济重心向流域西南迁移,主要是因为西南部和南部有六盘水、安顺、毕节、贵阳等城市,这些城市二、三产业发



达,经济的体量大且发展迅速,而流域东部和东北部以第一产业为主,第二、三产业发展滞后,且缺乏区域中心城市的带动,经济发展较为缓慢,所以经济重心向流域西南方向移动。

表 1 2000—2019 年乌江流域经济重心变动情况

年份	经济重心 坐标	移动 距离/m	移动 角度/(°)
2000	106.9760°E,27.7540°N		
2003	106.9678°E,27.7423°N	1590.36	-125.03
2007	106.8998°E,27.7200°N	7950.66	-161.80
2011	106.9056°E,27.7938°N	8228.52	85.53
2015	106.8387°E,27.6489°N	17737.95	-114.78
2019	106.9087°E,27.7412°N	12869.17	52.84

(2) 人口重心空间演变轨迹特征。总体来说(表 2),2000—2019 年乌江流域人口重心向西南方向移动,移动角度约为 -146.03°,移动距离约为 14 359.72 m,主要原因是流域西南部和南部的六盘水市、安顺市、毕节市、贵阳市经济发展迅速,经济发展水平较高,吸引了大量外来人口迁入,人口重心向西南移动。与此同时,流域西南部部分城市如毕节市,生育观念较为传统,导致毕节市口增加较快,加剧了人口重心向西南方向移动。

表 2 2000—2019 年乌江流域人口重心

年份	人口重心 坐标	移动 距离/m	移动 角度/(°)
2000	106.9357°E,27.8087°N		
2003	106.9260°E,27.7935°N	2003.43	-122.45
2007	106.8951°E,27.7624°N	4871.03	-134.90
2011	106.8484°E,27.7512°N	5338.26	-166.54
2015	106.8384°E,27.7479°N	1171.20	-161.52
2019	106.8285°E,27.7365°N	1675.08	-130.73

(3) 经济重心和人口重心演变关联。比较乌江流域人口重心和经济重心的空间重叠性、变动一致性(图 8),主要分为 4 个阶段。2000—2007 年,经济重心和人口重心的空间重叠性越来越高,距离越来越远,且变动一致性接近 1,两者移动角度高度一致;2007—2011 年,两者空间重叠性变低,距离变远,变动一致性接近 -0.5,变动一致性低;2011—2015 年,两者的空间重叠度进一步降低,两者相距约 11 km,但变动一致性却超过 0.5,两者移动角度接近;2015—2019 年,经济重心和人口重心的空间重叠度有所升高,但变动一致性几乎为 -1,两者移动方向几乎完全相反。

2.3 耦合指数类型动态特征

2.3.1 乌江流域耦合指数等级划分 根据本文的研究需要,将耦合指数划分为 5 类: $0<I\leq 0.4$  为经济落后

型, $0.4<I\leq 0.8$  为经济滞后型, $0.8<I\leq 1.2$  为协调发展型, $1.2<I\leq 2$  为经济超前型, $I>2$  为经济极化型。

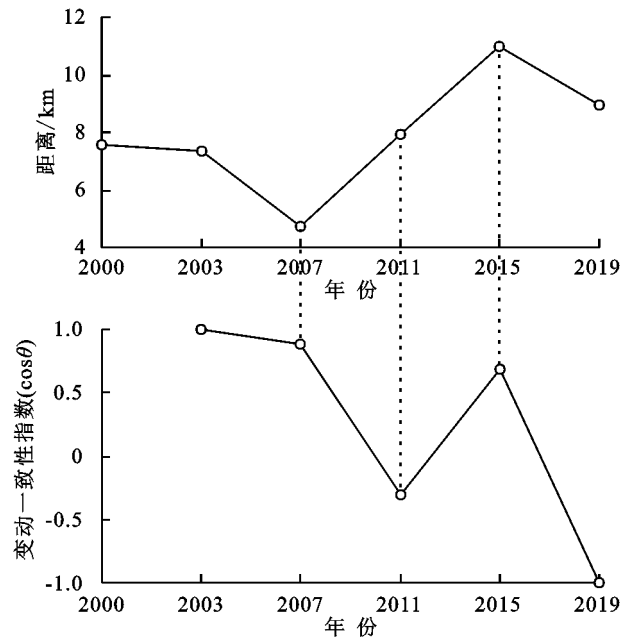


图 8 空间重叠性和变动一致性比较

从时间上来看,2000—2019 年人口和经济发展协调性有明显提高(图 9)。2000 年经济极化型、经济超前型区县各有 8 个,考虑到当时乌江流域经济发展滞后,因此经济发展的需求会更加强烈,需要此两种类型的区县带动流域经济发展,所以经济极化型和经济超前型更符合当时的发展需要;协调发展型区县有 16 个,此类型区县人口和经济发展最为协调,但经济的带动作用较弱;经济滞后型、经济落后型区县共有 37 个,超过流域区县数量的一半,此两种类型的区县经济发展水平远滞后于人口集聚程度,人口和经济发展的协调性最差。由以上数据可以看出,2000 年乌江流域人口和经济发展的协调性较差。2011—2019 年乌江流域人口和经济发展协调性明显提高。2011—2019 年经济极化型区县数量仅有 4 个,相较于 2011 年之前数量减少了一半,此时乌江流域处于经济迅速发展时期,经济极化型区县虽能带动流域经济发展,但其过快发展可能拉大流域内区县经济发展差距,所以此类型已不能满足此时发展的需要;部分经济极化型、协调发展型区县向经济超前型转变,经济超前型区县数量增加,此时经济超前型区县既能满足带动流域经济发展的需要又能兼顾人口和经济发展协调性;协调发展型区县到 2019 年增加至 21 个;经济落后型和经济极化型区县数量相较于 2010 年之前明显减少。

从空间上来看,乌江流域东北边缘、中部—南部人口和经济发展协调性较高,东北部和西南部大部分区县人口和经济发展协调性低。经济极化型、经济超前型和



协调发展型区县主要分布在流域东北边缘、中部一南部,且经济极化型、协调发展型区县逐渐向经济超前型转变,协调发展型区县也有所增加,说明流域东北边缘、中部一南部人口和经济发展的协调性较高且有所提

升。经济落后型、经济滞后型区县集中分布在流域东北部和西南部,人口和经济发展的协调性低,但是 2000—2019 年,经济落后型、经济滞后型区县数量明显减少,人口和经济发展的协调性有所提高。

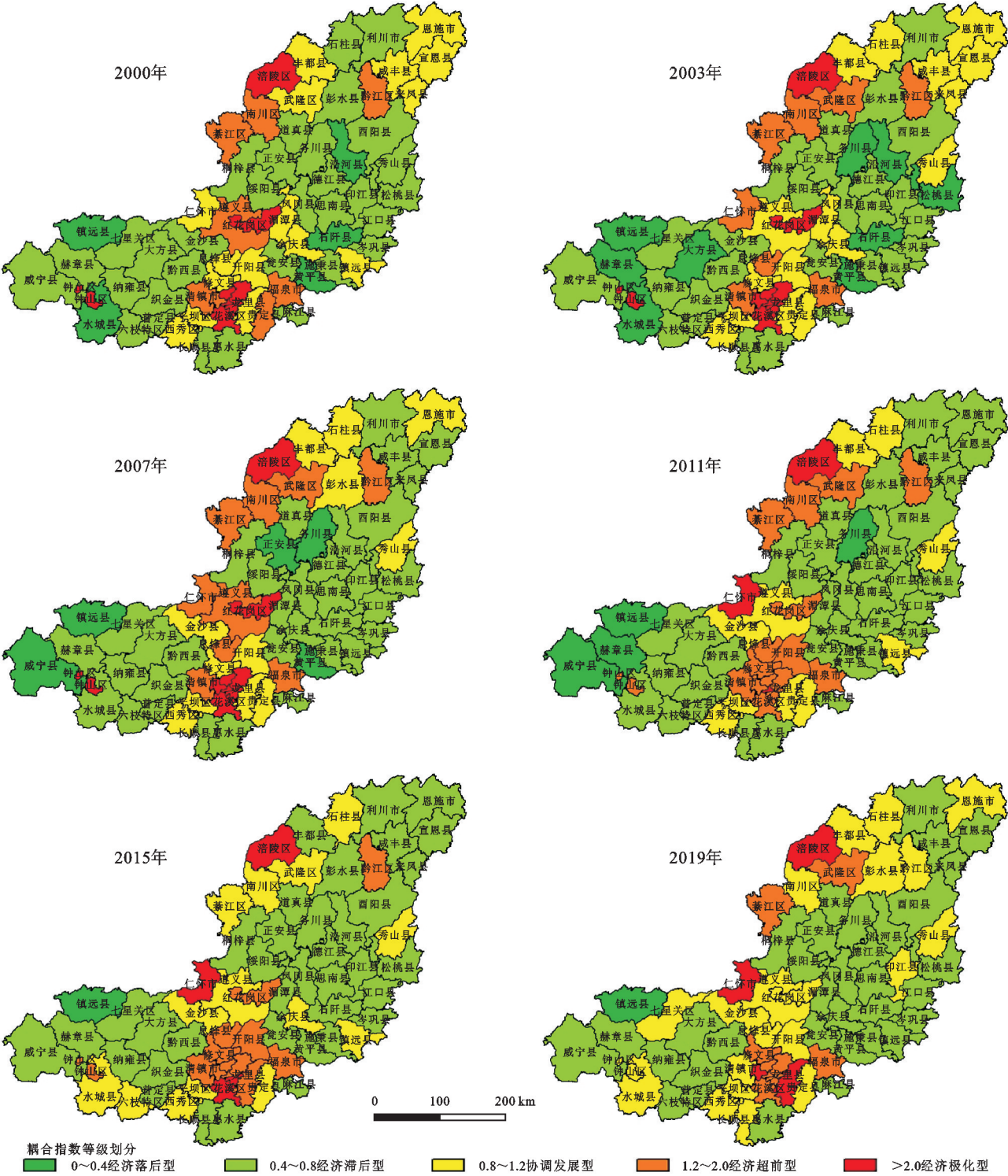


图 9 乌江流域 2000—2019 年耦合指数空间分布

2.3.2 经济人口耦合指数 LISA 分布 对 2000—2019 年乌江流域人口经济耦合指数局部空间自相关分析发现(图 10),在 5% 的显著水平下,从总体数量来看,2000 年属于高一高型区县的有 7 个,属于低一低型区县

的有 13 个,高一低型区县有 1 个,低一高型区县有 3 个; 2019 年高一高型区县有 7 个,低一低型区县有 11 个,高一低型区县有 2 个,低一高型区县有 3 个。

从区域分布来看(图 10),高一高型区县主要分

布在流域中部和南部。2000 年流域南部高一高型区县主要是贵阳市市区、龙里县、清镇市、修文县、息烽县等。到 2019 年,高一高型区县在流域中部仅剩下游义县、南部仅有贵阳市市区和修文县。

低一高型区县零散分布在流域南部和西南部。2000 年低一高型区县在流域南部是修文县、平坝区和惠水县。到 2019 年西南部低一高型区县仅有金沙县,南部低一高型区县是平坝区和惠水县。高一低型区县在 2000 年仅有的六盘水市钟山区,到 2019 年增加了恩施市,说明钟山区和

恩施市经济人口耦合指数明显高于周边区县。

低一低型区县主要分布在流域的东北部和西南部。2000 年低一低型区县主要分布流域东北部和西南部,东北部低一低型区县呈片状分布,西南部则零散分布。2019 年,东北部低一低型区县仍零散分布,但西南部低一低型区县数量迅速增加,大方县、七星关区、赫章县、威宁县、水城县、六枝特区等区县连片分布,西南部低一低型区县连片分布主要原因是人口的增长速度远快于经济的增长速度,导致经济人口耦合指数有所下降。

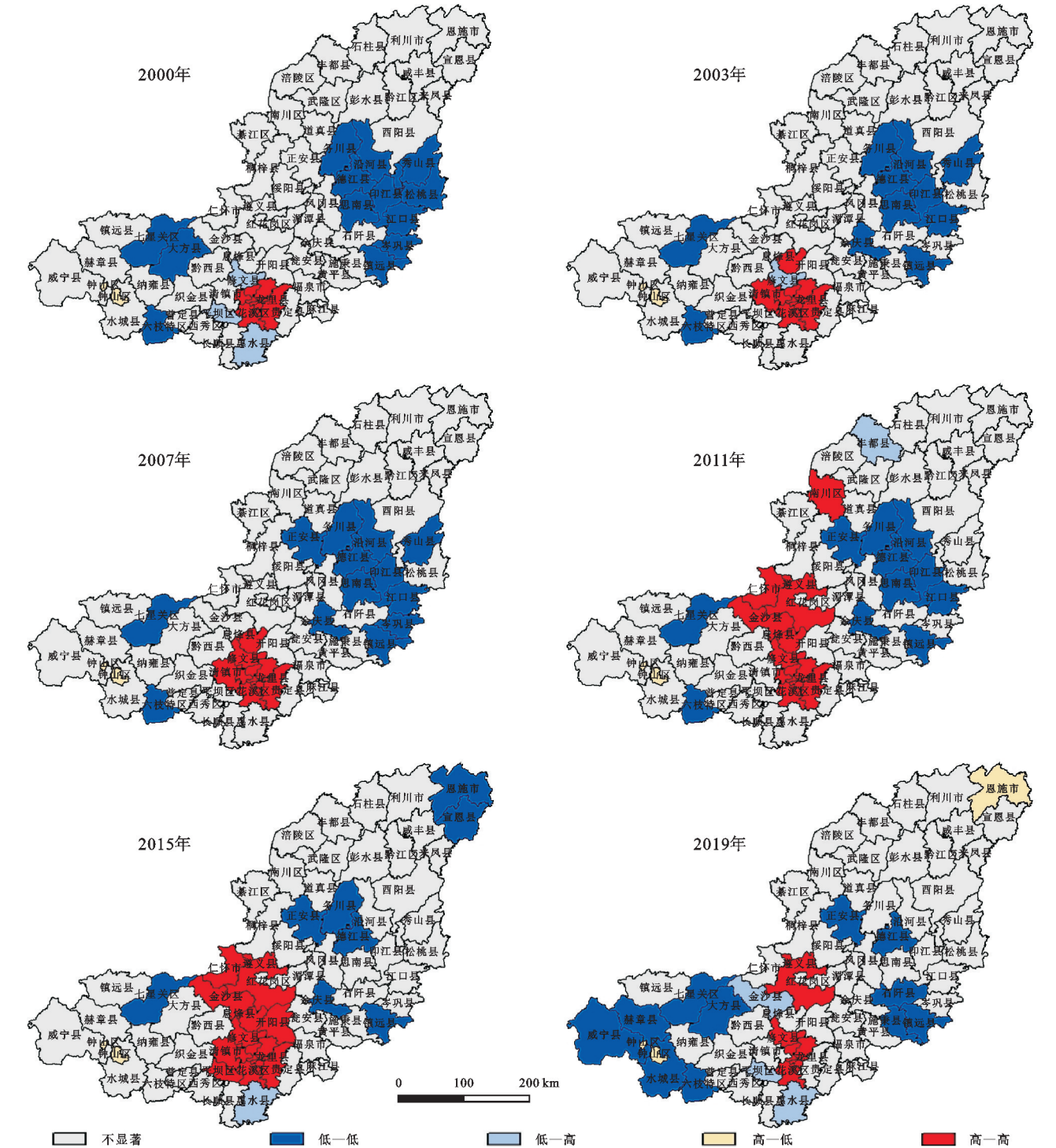


图 10 乌江流域 2000—2019 年耦合指数 LISA 图



### 3 结论

(1) 乌江流域经济发展较为迅速,但流域内区县间经济差异有扩大趋势。2000—2019年,乌江流域经济较快发展,2019年人均GDP约是2000年的14.81倍,年平均增长率约为15.13%,增长速度较快。经济空间分布不均衡且不平衡性有扩大趋势,经济地理集中指数Moran's  $I$ 系数和局部空间自相关LISA图均显示乌江流域区县经济正的空间集聚现象越来越明显,即经济发达的区县集中分布,经济落后的区县也成片集聚。

(2) 研究时间段内常住人口数量略有减少,且人口空间分布受经济影响明显。2000—2019年乌江流域常住人口略有减少,2000年常住人口约3 626.46万人,2019年常住人口约3 564.12万人,减少了约62.34万人。从经济、人口地理集中指数LISA图中可以看出,经济、人口的高一高型区域和低一低型区域空间分布重叠度较高。经济、人口的高一高型区域均分布在流域南部的贵阳市,而低一低型区域主要分布在流域东部和东北部区县,说明经济较发达的区县人口也相对比较密集。流域东部、东北部第二、三产业发展滞后,经济发展缓慢,且缺乏中心城市的带动作用,导致经济发展滞后、劳动力外流,经济地理集中指数和人口地理集中指数均偏低;流域南部贵阳市第二、三产业较为发达,经济发展迅速,吸引了大量外来人口迁入,导致经济、人口地理集中指数均偏高。

(3) 经济重心和人口重心移动方向明显具有一致性,移动角度有一定差别,但是基本保持着向西南方向移动。流域南部、西南部有4个区域中心城市,即贵阳市、安顺市、六盘水市和毕节市,这4个城市经济发展水平高,吸引了周边地区的大量人口迁入,导致经济重心和人口重心均向流域西南方向移动。空间重叠性和变动一致性基本经历了4个阶段:2000—2007年的相互靠近阶段;2007—2011年的相互偏离阶段;2011—2015年移动角度保持着基本一致,但是两者的相距越来越远;2015—2019年两者间的距离明显缩小,但是移动方向完全相反。

(4) 乌江流域经济发展与人口协调性明显提高。2019年经济落后型和经济极化型区县数量相较于2000年明显减少,协调发展型区县数量有所增加,各区县内的人口和经济发展关系愈来愈趋近协调发展。

#### 参考文献:

- [1] Verbavatz V, Barthelemy M. The growth equation of cities[J]. Nature, 2020, 587(7834): 397-401.
- [2] Wiedmann T, Allen C. City footprints and SDGs pro-

- vide untapped potential for assessing city sustainability[J]. Nature Communications, 2021, 12(1): 1-10.
- [3] 钟业喜, 陆玉麒. 鄱阳湖生态经济区人口与经济空间耦合研究[J]. 经济地理, 2011, 31(2): 195-200.
- [4] 胡鞍钢. 中国: 创新绿色发展[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2012.
- [5] 托马斯·罗伯特·马尔萨斯. 人口原理[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2018.
- [6] Simon J L. The Economics of Population Growth[M]. Princeton, New Jersey, USA: Princeton university press, 2019.
- [7] 覃成林, 周二黑. 黄河流域经济空间分异格局研究[J]. 河南大学学报: 自然科学版, 2010, 40(1): 40-44.
- [8] 刘芬. 黄河流域人口空间分异研究[D]. 河南开封: 河南大学, 2008.
- [9] 邓祖涛, 陆玉麒. 长江流域城市人口分布及空间相关性研究[J]. 人口与经济, 2007, 163(4): 7-12.
- [10] 洪熊, 曾菊新. 鄱阳湖流域区域经济差异研究[J]. 经济地理, 2012, 32(11): 8-12.
- [11] 冯兴华, 钟业喜, 李建新, 等. 长江流域区域经济差异及其成因分析[J]. 世界地理研究, 2015, 24(3): 100-109.
- [12] 罗君, 白永平. 嘉陵江流域经济空间分异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(4): 364-369.
- [13] 刘蕾蕾. 钱塘江流域经济空间分异及优化对策研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2014.
- [14] 李敏纳, 蔡舒, 覃成林. 黄河流域经济空间分异态势分析[J]. 经济地理, 2011, 31(3): 379-383, 419.
- [15] 冯兴华, 钟业喜, 陈琳, 等. 长江经济带县域经济空间格局演变分析[J]. 经济地理, 2016, 36(6): 18-25.
- [16] 李慧. 淮河流域经济空间分异研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2014.
- [17] 汪洋. 塔里木河流域人口、经济重心转移及空间耦合分析[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2012.
- [18] 汪洋, 陈亚宁, 陈忠升. 塔里木盆地北缘人口与经济重心演变及其关联分析[J]. 干旱区地理, 2012, 35(2): 318-323.
- [19] 刘志峰, 王斌, 马颖忆, 等. 长江经济带人口与经济耦合的区域差异研究[J]. 宏观经济管理, 2018, 414(6): 50-57.
- [20] 李小龙. 黄河经济带经济与人口时空格局演变及空间耦合研究[D]. 河南开封: 河南大学, 2014.
- [21] 王德怀, 李旭东. 贵州乌江流域人口与经济发展协调性研究[J]. 地理科学, 2019, 39(3): 477-486.
- [22] 蒋红梅. 水库对乌江河流汞生物地球化学循环的影响[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2005.
- [23] 苏维词. 岩溶地区生态环境敏感度评价研究: 以乌江流域为例[J]. 中国岩溶, 1997, 16(1): 58-66.
- [24] 苏维词, 李久林. 乌江流域生态环境预警评价初探[J]. 贵州科学, 1997, 15(3): 207-214.



2020.105020.

[15] Zhong L, Wang J, Zhang X, et al. Effects of agricultural land consolidation on ecosystem services: trade-offs and synergies [J]. Journal of Cleaner Production, 2020,264(1):121412.

[16] Pan J, Wei S, Li Z. Spatiotemporal pattern of trade-offs and synergistic relationships among multiple ecosystem services in an arid inland river basin in NW China[J]. Ecological Indicators, 2020,114,106345.

[17] 宁佐敦,曾昭军,姜泽军,等.论天然林保护与湖南林业可持续发展[J].林业建设,1999(6):4-7.

[18] 成金华,戴胜,王然.县域生态文明评价指标体系构建及其应用[J].环境经济研究,2017,2(4):107-122.

[19] 庄大春,向珊.慈利县土地利用综合效益评价[J].吉首大学学报:自然科学版,2016,37(5):67-71.

[20] 向珊.慈利县土地利用/覆被时空变化及其驱动力研究[D].湖南吉首:吉首大学,2017.

[21] 龙维,王育坚,王景弟,等.慈利县重点公益林生态系统服务功能评估[J].林业与环境科学,2019,35(5):39-48.

[22] 徐新良,刘纪远,张树文,等.中国多时期土地利用土地覆被遥感监测数据集(CNLUCC)[EB/OL].中国科学院资源环境科学数据中心,2018[2021-08-01].https://www.resdc.cn/DOI/DOI.aspx? DOIID=54.

[23] 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.

[24] 韩蕊,孙思琦,郭砾,等.川东地区生态系统服务价值时空演变及其驱动力分析[J].生态与农村环境学报,2019,35(9):1136-1143.

[25] 王新闯,陆凤连,吴金汝,等.县域土地利用景观格局演变及其生态响应:以河南省新郑市为例[J].中国水土保持科学,2017,15(6):34-43.

[26] 李理,朱连奇,朱文博,等.生态系统服务价值与人类活动强度关联性分析及权衡:以淇河流域为例[J].中国环境科学,2020,40(1):365-374.

[27] 李屹峰,罗跃初,刘纲,等.土地利用变化对生态系统服务功能的影响:以密云水库流域为例[J].生态学报,2013,33(3):726-736.

[28] 李龙,吴大放,王芳,等.中国快速城市化区域生态系统服务价值预测及权衡研究:以佛山市为例[J].生态学报,2020,40(24):1-14.

[29] 孙思琦,郭砾,薛达元.重庆市巫山县土地利用格局及其生态系统服务价值的时空变化[J].生态科学,2019,38(1):176-185.

[30] 李辉,张晓媛,国洪磊.基于土地利用的三峡库区近 30 年生态系统服务价值时空变化特征[J].水土保持研究,2021,28(2):309-318.

[31] 刘凤莲,杨人懿.武汉市土地利用变化及对生态系统服务价值的影响[J].水土保持研究,2021,28(3):177-183.

[32] 陈登帅,李晶,杨晓楠,等.渭河流域生态系统服务权衡优化研究[J].生态学报,2018,38(9):3260-3271.

[33] 慈利县志编纂委员会.慈利县志[Z].北京:农业出版社,1990.

(上接第 310 页)

[25] 何腾兵,刘丛强,王中良,等.贵州乌江流域喀斯特生态系统土壤物理性质研究[J].水土保持学报,2006,20(5):43-47.

[26] 高江波,蔡运龙.区域景观破碎化的多尺度空间变异研究:以贵州省乌江流域为例[J].地理科学,2010,30(5):742-747.

[27] 王志民.“一带一路”背景下的西南对外开放路径思考[J].人文杂志,2015,229(5):26-32.

[28] 汤正仁.借助“一带一路”打造西南地区对外开放新高地[J].区域经济评论,2015,15(3):75-77.

[29] 张军.我国西南地区在“一带一路”开放战略中的优势及定位[J].经济纵横,2014,348(11):93-96.

[30] 刘宗义.我国“一带一路”倡议在东南、西南周边的进展现状、问题及对策[J].印度洋经济体研究,2015(4):92-109,142-143.

[31] Rey S J, Montouri B D. US regional income convergence: a spatial econometric perspective[J]. Regional Studies,1999,33(2):143-156.

[32] Anselin L. Local indicators of spatial association: LISA [J].Geographical Analysis,1995,27(2):93-115.