

基于 ESDA 的陕西省县域经济空间格局演变

刘楠¹, 谢永生^{1,2}, 索改弟¹, 景民晓¹, 陈磊²

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 基于地理信息系统(GIS)软件和探索性空间数据分析方法(ESDA), 利用陕西省 2002—2011 年县域人均 GDP 数据, 对陕西省县域经济空间格局演变进行了分析。结果表明: 陕西省县域经济发展呈现明显的空间集聚现象, 集聚程度在 10 a 间得到明显加强, 热点区主要分布在以志丹县和安塞县为代表的陕北地区。而经济增长空间格局呈现出由随机分布到集聚分布的演变趋势, 经济增长热点区域主要分布在陕北地区, 且经历了从南向北的迁移过程。虽然陕西省县域经济整体空间差异有所减小, 但无论从经济发展水平和经济增长速度来说, 陕西省县域经济的空间格局都呈现明显的“北强南弱”局面。最后, 将陕西省县域经济空间格局演变的驱动力分为能矿资源开发、经济区位差异和区域发展政策 3 个方面进行了分析。

关键词: 区域经济; 空间自相关; ESDA; 陕西省

中图分类号: F061.5

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)03-0073-06

Analysis on Evolvement of Spatial Pattern of Economy in Shaanxi Province at County Level Based on ESDA

LIU Nan¹, XIE Yong-sheng^{1,2}, SUO Gai-di¹, JING Min-xiao¹, CHEN Lei²

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University,

Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation,

Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on GIS software and methods of exploratory spatial data analysis(ESDA), this paper took GDP per capita as indicator to study the evolvement of economy in Shaanxi Province at county level from 2002 to 2011. The results showed that the economy in Shaanxi Province at county level was obviously clustered and had a strengthening trend during this period. The hot spots mainly concentrated in north Shaanxi such as Zhidan County and Ansai County. Moreover, the spatial pattern of economic growth showed a trend from random distribution to clustered distribution, and the hot spots also mainly concentrated in north Shaanxi while experiencing a migration from south to north. In conclusion, although the spatial disparity obviously decreased during these 10 years, the spatial pattern of economy in Shaanxi Province still presented a great imbalanced situation in terms of economy or economic growth. Finally, we analyzed the driving force of the evolvement in 3 aspects including mineral resources, geographical locations and development policies.

Key words: regional disparities; spatial autocorrelation; ESDA; Shaanxi Province

区域经济差异是区域发展过程中的一种常态, 由于各地区在区位、资源及社会经济基础等方面存在不均衡性, 经济发展水平在同一时期不可能达到均等水平。对于区域经济差异的研究一直是国内外学者关注的热点问题^[1]。适度的经济差异有利于资源优化配置及产业合理的空间转移, 而过大的经济差异则会

弱化业已形成的经济分工与合作, 严重的还会对经济和社会发展造成负面影响^[2]。因此, 分析区域经济差异的变化规律及其成因, 对促进区域经济健康平稳发展具有重要意义。

传统度量区域经济差异的方法主要有 Theil 指数、基尼系数、变异系数、加权变异系数等^[3-4]。然而,

收稿日期: 2013-08-20

修回日期: 2013-09-24

资助项目: 国家科技支撑计划项目“农田水土保持关键技术研究示范”(2011BAD31B01); 水利部公益性行业科研专项经费项目“生产建设项目水土流失测算共性技术研究”(201001036)

作者简介: 刘楠(1989—), 男, 河北石家庄人, 硕士研究生, 主要从事 GIS 在资源环境监测与评价中的应用。E-mail: freestyleconan@nwsuaf.edu.cn

通信作者: 谢永生(1960—), 男(回族), 河南开封人, 研究员, 主要从事土地资源、环境评价及水土保持等方面研究。E-mail: ysxie@ms.iswc.ac.cn

这些研究方法多运用传统的数量统计模型,假设区域之间相互独立,不存在任何相互作用^[5],难以真正反映区域空间差异的变化,无法揭示区域经济空间分布差异性与相似性。而已有的陕西省区域经济差异研究以地区或地市为尺度,对个别年份的经济差异进行了分析,在时间和空间上都无法精确地展示区域经济差异状况^[6-8]。

探索性空间数据分析(Exploratory Spatial Data Analysis,ESDA)以空间关联测度为核心,通过对事物和现象的空间分布格局进行描述和可视化,揭示研究对象之间的空间相互作用机制^[9]。目前已有学者运用 ESDA 对区域经济差异进行分析,如李小建等^[10]使用 ESDA 方法对 20 世纪 90 年代中国县际经济差异进行了实证研究。Le Gallo 等^[11]则用 ESDA 方法研究了欧洲 1980—1995 年区域人均 GDP 的空间分布关系。

本文以县域为基本单元,选取人均 GDP 为基本指标,采用探索性空间数据分析方法,对陕西省区域经济发展水平和经济增长空间格局演变进行研究,并初步探索陕西省区域经济差异演变的空间机理和驱动因素,以期对制定合理的区域发展战略提供依据。

1 研究区域、数据来源及研究方法

1.1 研究区域和数据来源

陕西省位于中国内陆腹地,是我国邻接省区数量最多的省份,具有承东启西、联结南北的重要战略地位。其北部黄土高原矿产资源丰富;中部关中平原文化旅游业发展迅速,是工农业生产和科研教育的重要基地;南部秦巴山区则拥有丰富的生物资源。考虑到行政区划调整、减少数据冗余及区域精度问题(如西安市临潼区面积较大,将其单独列出能更好反映该地区实际经济发展状况),本文对部分行政区划进行合并和分割,得到县域(市区、县级市)98 个。然后收集各县域 2002—2011 年 10 a 人均 GDP,数据取自《陕西省统计年鉴(2002—2011)》。

1.2 研究方法

本文应用 Global Moran's I 和 Getis-Ord G_i^* 来测度全局和局部空间关联特征。前者用于测度整个研究区的空间关联情况,后者用于识别局部的空间集聚状况^[12]。

1.2.1 全局空间关联 Global Moran's I 是一种全局空间自相关(Spatial Auto-correlation)分析方法,其用于检验要素属性值与其相邻空间要素上的属性值是否显著关联^[13]。其包括正相关和负相关两种,正相关表示某要素属性值与相邻空间要素属性值具

有相似性,负相关则表明两要素属性值具有显著差异。其计算公式为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (1)$$

式中: X_i, X_j ——区域 i, j 的观测值; W_{ij} ——空间权重矩阵,空间相邻为 1,不相邻为 0; n ——县域总数。 S^2 ——样本的方差; \bar{X} ——所有区域观测值的平均值。采用 Z 对 Global Moran's I 结果进行统计检验:

$$Z(I) = \frac{1 - E(I)}{\sqrt{\text{var}(I)}} \text{ 其中 } E(I) \text{ 为数学期望, } \text{var}(I)$$

为变异系数。

Moran's I 取值范围为 $[-1, 1]$,趋近于 1 表示经济发展水平较高(或较低)的区域在空间上集聚,趋近于 -1 则表明区域与相邻区域经济发展水平有显著差异。当 Moran's I 接近期望值 $-1/(n-1)$ 时,观测值之间才相互独立,在空间上随机分布,此时满足传统区域经济差异度量方法所要求的独立条件。

1.2.2 局部空间关联 Getis-Ord G_i^* 是一种局部空间聚类分析方法,通过计算 Z 值,可以得到高值簇和低值簇在空间上发生聚类的位置。已有研究表明,与局部 Moran's I 相比,Getis-Ord G_i^* 在测度局部空间集聚状况时更为准确^[14]。其计算公式为:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} X_j - \bar{X} \sum_{j=2}^n W_{ij}}{\sqrt{S \frac{[n \sum_{j=1}^n W_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n W_{ij})^2]}{n-1}}} \quad (2)$$

式中: X_j ——区域 j 的观测值; W_{ij} ——空间权重矩阵,相邻为 1,不相邻为 0; n ——县域总数; S ——样本的标准差; \bar{X} ——所有区域观测值的平均值。同样用 Z 对 G_i^* 进行统计检验:

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{\text{Var}(G_i^*)}} \text{ 其中 } E(G_i^*) \text{ 为数学期望,}$$

$\text{Var}(G_i^*)$ 为变异系数。

如果 $Z(G_i^*)$ 为正且显著,说明位置 i 本身具有较高的值,且周围的值也相对较高(高于均值),属高值空间集聚(热点区);如果 $Z(G_i^*)$ 为负且显著,说明位置 i 本身具有较低的值,且周围的值也相对较低(低于均值),属低值空间集聚(冷点区)。

1.2.3 经济平均增长指数 经济平均增长指数将各县域经济指标的年均增长速度进行标准化处理,使不同时期增长速度具有可比性^[15]。其计算公式为:

$$S = \frac{E_{t_2} - E_{t_1}}{E_{t_1}(t_2 - t_1)} \times 100 \quad (3)$$

式中: S ——人均 GDP 的平均增长指数; E_{t_1}, E_{t_2} —— t_1, t_2 年份的人均 GDP。

2 结果与分析

2.1 总体格局特征分析

2.1.1 全局空间关联 利用 ArcGIS 9.3 工具箱中空间统计模块下的 Spatial autocorrelation(Moran's I)工具对陕西省 10 a 县域人均 GDP 的 Global Moran's I 指数及其检验值进行计算,计算结果如表 1 所示。从表中可以得出以下结论:

(1) 从表 1 看出,研究年份陕西省县域人均 GDP 的 Global Moran's I 指数全部为正,且介于 0.086 9~0.217 9 之间,在置信度大于 95%的情况下($p<0.05$),全部通过显著性检验(Z 临界值为 1.96)。表明陕西省县域发展呈现显著的空间集聚性,即经济发展水平较高(或较低)的县域在空间上集中分布,而非随机分布。

(2) 另外,2002—2005 年,Global Moran's I 指数呈现缓和的下降趋势,在 2005 年达到最低值 0.086 9,而后明显上升,到 2008 年达到最大值 0.217 9。2002—2006 年 Global Moran's I 指数在较小值波动,而 2007—2011 年则在较大值波动。说明陕西经济发展水平在 10 a 间空间集聚趋势得到明显加强。陕西省区域经济发展基本格局是:发达地区集中在陕北和关中地区,欠发达地区则集中在陕南地区

区。正是随着各区域内部空间差异的减小,使得县域总体空间差异显著减小。

表 1 陕西省 2002—2011 年县域人均 GDP 的 Moran's I 估计值

年份	Moran's I	$E(I)$	$Z(I)$	p
2002	0.1334	-0.0103	2.8647	0.004
2003	0.1142	-0.0103	2.4991	0.012
2004	0.0902	-0.0103	2.0306	0.042
2005	0.0869	-0.0103	2.0336	0.041
2006	0.0903	-0.0103	2.1154	0.034
2007	0.2103	-0.0103	4.6398	0.000
2008	0.2179	-0.0103	4.7000	0.000
2009	0.1928	-0.0103	4.1356	0.000
2010	0.2004	-0.0103	4.2682	0.000
2011	0.1967	-0.0103	4.2028	0.000

2.1.2 经济热点区域演变 由于 Global Moran's I 是一种总体统计指标,仅说明所有区域与周边地区之间空间差异的平均程度。在区域总体空间差异缩小的情况下,局部空间差异可能扩大^[16]。为了更详细地探明陕西省经济格局演变状况,本研究选取 4 个典型年份,计算其局部空间关联指数 Getis-Ord G_i^* ,并使用 GIS 软件将其空间化,用 Jenks 最佳自然断裂法将每个年份的局域 Getis-Ord G_i^* 统计值分为 4 类(热点区域、次热区域、次冷区域、冷点区域),生成陕西省经济空间格局的热点演变图(图 1),从图中可以看出:

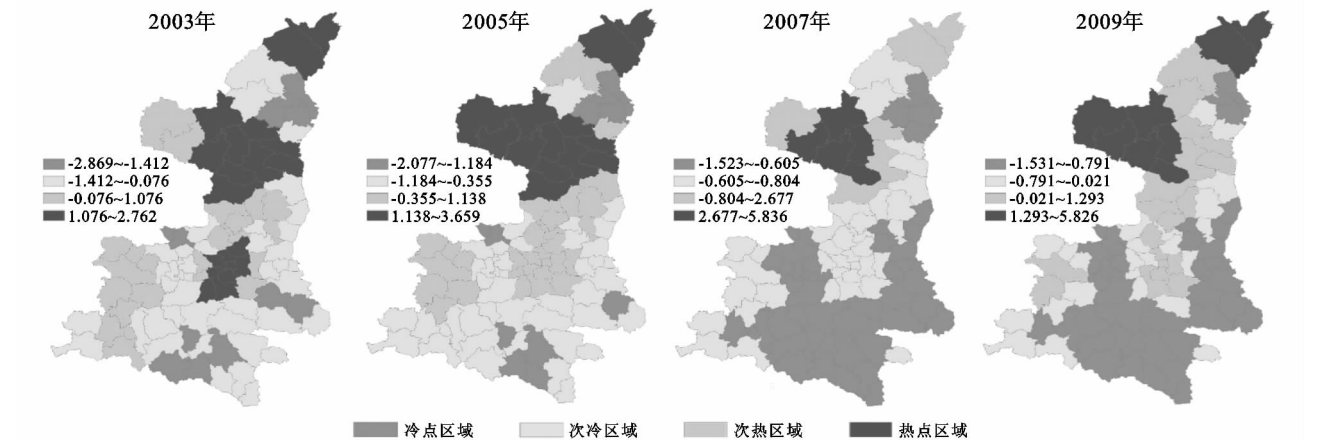


图 1 陕西省经济格局热点区域演化

(1) 从整体上看,陕西省典型年份经济热点区域在空间上主要分布在以志丹县和安塞县为核心的陕北地区。这说明在陕西省县域经济的发展中,陕北地区最具活力,在陕西省经济发展中始终占主导地位。而以西安市为中心的关中地区,在 2003 年呈现出高值簇,也一度体现出了省会地区所具备的经济发展及扩散能力。但以紫阳县和石泉县为代表的陕南地区,大多属于低值簇,属于经济发展的冷点区域,而且随着时间的发展,这种局面没有得到改观。值得一提的是,在热点区集中分布的陕北地区,米脂县、绥德县、

吴堡县和佳县却始终属于经济发展的冷点区域。

(2) 从各类型区域的数量上来看,热点区域逐渐减少,而冷点区域显著增多。具体来说,高值簇地区由 2003 年的 20 个减少到 2005 年的 13 个,继而减少到 2007 年的 5 个,这说明陕西省经济发展的核心区域不断缩小并发生产业整合,集聚在志丹县和安塞县地区;低值簇地区则由 2005 年的 12 个显著增加到 2007 年的 52 个,并由陕南地区向关中地区蔓延。

(3) 通过观察不难发现,2007 年陕西省经济热点图与其它年份显著不同:关中和陕南地区全部变为冷

点和次冷区域,同时冷点区域数达到最多;陕北热点区域府谷县和神木县变为次热区域,热点区域总数达到最少。而后的 2009 年,关中地区回升为次热区域,而府谷县和神木县回升为热点区域。

2.2 经济增长空间格局

2.2.1 经济增长的全局空间关联 由于基于各年份的空间关联分析只能从静态的角度测度县域经济的空间集聚,忽略了演变过程的研究,为了探明研究区经济动态发展的空间热点演变,本研究将 10 个研究年份分为 3 个研究时段,分别为:2002—2005 年、2005—2008 年、2008—2011 年,并根据公式(3)计算各时段的经济平均增长指数。然后运用 Global Moran's I 进行空间关联分析,结果如表 2 所示。从表中可以看出:

(1) 3 个时段,Global Moran's I 均为正,且先增后降,置信度均大于 95% ($p<0.05$)。2002—2005 年,Global Moran's I 为 0.058 9,且 Z 值检验不显著,说明该时段空间自相关程度很低,经济增长的高值和低值呈现随机分布。2005—2008 年,Global Moran's I 为 0.244 6,且通过 Z 值检验,该时段相邻县域呈现正相关,有明显的集聚现象。2008—2011 年,Global Moran's I 有所下降,为 0.199 1,且通过 Z 值检验,该时段呈现空间正相关,但集聚现象有所减弱。

3 个时段 Global Moran's I 明显增加,而后稍有回落的现象,说明陕西省经济增长格局呈现出由随机分布到集聚分布的演变趋势。

(2) 与各年份人均 GDP 的 Global Moran's I 相比,两种不同指标的空间关联趋势基本相符。10 a 间 Global Moran's I 呈现明显增加而后缓慢下降的趋势,而对应时段的经济增长 Global Moran's I 也经历了类似的过程。这说明陕西省县域经济格局在人均 GDP 和经济增长层面都呈现集聚的演变趋势。

表 2 陕西省县域人均 GDP 平均增长指数的 Moran's I 估计值

时段	Moran's I	$E(I)$	$Z(I)$	p
2002—2005	0.0589	-0.0103	1.4007	0.043
2005—2008	0.2446	-0.0103	5.1569	0.000
2008—2011	0.1991	-0.0103	4.1001	0.000

2.2.2 经济增长热点区域演变 全局的经济增长空间关联掩盖了局部的关联状况。所以可以通过计算 Getis-Ord G_i^* 来分析人均 GDP 增长率的局部空间差异。使用 ArcGIS 的空间统计工具计算每个时段的 Getis-Ord G_i^* 指数,同样利用 Jenks 最佳自然断裂法将每个年份的局域 Getis-Ord G_i^* 统计值分为 4 类(热点区域、次热区域、次冷区域、冷点区域),生成陕西省经济增长空间格局的热点演变图(图 2),从图中可以看出:

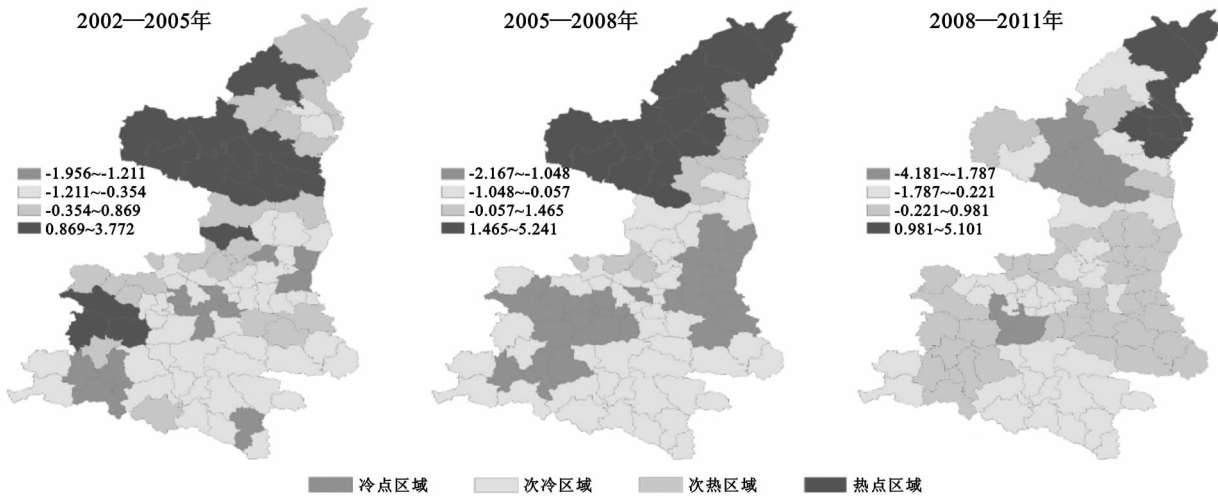


图 2 陕西省经济增长热点区域演化

(1) 从整体上看,虽然经济增长热点区域不断变化,但 3 个时段的热点区域主要分布在陕北地区。2002—2005 年凤县、太白县和留坝县呈现热点区域,而后消失。而经济增长的冷点区域经历了由南向北的迁移:2002—2005 年,冷点区域分散的分布在关中及陕南地区;2005—2008 年,冷点区域集中分布在关中大部分地区;2008—2011 年,冷点区域分别以周至县和安塞县为核心在关中和陕北的局部地区集聚。

(2) 从各类型区数量上来看,经济增长的热点区

域数量逐渐减少,3 个时段热点区域分别为 15 个、12 个和 8 个,而在空间上逐渐向北部迁移。经济增长的冷点区域数量则经历了先增后减的过程,3 个时段冷点区域分别为 15 个、32 个和 9 个,在空间上也向北部进行迁移。

(3) 和 4 个典型年份陕西省经济热点区域演变图相比,3 个时段陕西省经济增长热点区域也分布在陕北地区,即本来经济发展状况较好的地区仍保持较高的经济增长速度,这与陕北地区良好的发展条件息

息相关。而经济增长的冷点区域虽然经历了北迁的过程,但主要还是分布在关中和陕南地区,即本来经济发展状况欠佳的地区经济增长速度仍较低,这种“热点更热,冷点更冷”的现象在一定程度上说明陕西省县域经济差距仍然很大,陕西省区域经济协调健康发展的路子还很长。值得注意的是:2008—2011年间,一直是经济发展冷点的米脂县、绥德县、吴堡县和佳县,成为了经济增长热点区域,而一直是经济发展热点的志丹县和安塞县等地区,成为经济增长冷点区域,这种现象对这陕北地区局部的均衡发展具有重要意义。

3 驱动力分析

区域经济是一个复杂的空间概念,影响区域经济发展的因素有很多。本文将从能矿资源开发、经济区位差异和区域发展政策三个方面对陕西省县域经济格局的演变驱动力进行分析。

3.1 能矿资源开发

陕西省矿产资源丰富,煤、石油、天然气和盐矿等储量位居全国前列,但资源分布区域特色明显。典型年份陕西省经济热点区域主要分布在陕北地区,且3个时段经济增长的热点区域也集中在陕北地区。这是由于陕北地区矿产资源分布集中且储量可观,品级和质量较好,开发成本较低,良好的资源禀赋使其成为我国重要的能源和化工基地,经济发展水平很高。在西部大开发和资源紧缺的大背景下,依托资源开发的陕北地区经济发展依然能够保持较快的增速。而陕北米脂县、绥德县等地区局部经济发展呈现冷点与其资源分布相对较少有直接关系。典型年份陕西省经济冷点区域主要分布在陕南地区,而经济增长的冷点区域由南向北迁移。这是因为陕南地区以黑色金属、有色金属、贵金属及各类非金属矿产为主,分布较为分散,开发难度大、成本高,由此造成工业落后和经济发展落后。而一直是经济热点区域的志丹县和安塞县在2008—2011年变为经济增长的冷点区域,凸显了其资源开发粗放、产业结构单一的缺点。

3.2 经济区位差异

北山和秦岭把陕西分为三个区域,北部是陕北高原,中部是关中平原,南部是秦巴山地。结合各自的地理特征与上文研究结果进行分析:①以西安市为中心的关中地区,在2003年为热点区域,这与其优越的经济区位是分不开的。关中地区地势平坦,交通便利,人文历史深厚,具有丰富的旅游资源,而后热点的消失则与工业化水平低和城乡发展不协调有关。②典型年份陕西省经济冷点和经济增长冷点在陕南地区的分布除了能矿资源的原因,也与其较差的经济

区位条件有关。其位于秦巴山地,交通条件差,工业和工商业发展落后,接受辐射和扩散的能力很差。③2008—2011年间,一直是经济发展冷点的米脂县、绥德县、吴堡县和佳县,成为了经济增长热点区域。虽然这一地区矿产储量较低,但周边发达地区的扩散效应对其经济增长起到了重要作用。随着这些发达地区产业经济的日趋成熟,市场竞争增强,生产要素成本上升,促使生产线向周边地区转移,进而带动了资本、技术和劳动力的流动,最终促进了冷点地区的经济发展。

3.3 区域发展政策

发展政策是区域经济发展的重要因素,扮演着十分重要的角色。国家和地方政府的调控政策很大程度上影响了区域经济的格局演变。(1)对比2005—2008年和2008—2011年经济增长热点图可以发现冷点区域逐渐北迁。2006年,陕西省提出了“关中率先发展,陕北跨越发展,陕南突破发展”的总思路,旨在协调三大地区发展,发挥各自的优势。尤其是陕南地区逐步扬长避短,大力发展了以食品、药材、水电和旅游等绿色产业为主导的特色经济,经济增速有所提升。而陕北地区则逐渐限制高耗能、高污染企业的发展,经济增速放缓。这种协调性政策有利于陕西经济的健康平衡发展。(2)而2007年陕西省经济热点图中所表现出的整体由热变冷的现象与这种协调政策并不矛盾:首先,任何经济政策所产生的作用都有一定的滞后性,不可能达到“立竿见影”的效果,短期内经济发展冷点区域仍会集聚在陕南地区。其次,虽然陕北增速放缓,但在西部大开发的背景下,资源优势明显的陕北地区仍占有绝对的发展主导地位。随着能源的日趋紧张,我国对能源的依赖性逐渐增大,使得陕北地区产业向个别县域集聚并保持较高水平的发展。

4 讨论

本文以陕西省为例,通过ESDA分析方法,选取Global Moran's I 和Getis-Ord G_i^* 为测度指标,对陕西省县域经济空间格局及其演变进行了分析,并进一步分析了影响这种空间差异演变的驱动力。通过分析发现:(1)在总体格局方面,陕西省县域经济呈现显著的空间自相关,即相似的县域在空间上集聚分布,而且这种集聚趋势逐渐加强。热点区域主要分布在陕北及关中地区,且逐渐向陕北迁移。而冷点区域则主要分布在陕南地区,并逐渐向关中地区蔓延。(2)经济增长空间格局呈现出由随机分布到集聚分布的演变趋势。增长热点集聚在陕北地区,增长冷点则经历了由南向北的迁移。(3)陕西省县域经济空

间格局演变的驱动力主要体现在能矿资源开发、经济区位差异和区域发展政策 3 个方面。能矿资源和经济区位是各地区发展的客观条件,而唯有制定合理的区域发展政策才能推动各县域快速发展,从而合理调控省内经济格局。

本研究还有两个问题有待进一步研究。(1) 不同的空间权重矩阵对空间集聚的分析结果会产生不同的影响,可以进一步尝试不同空间关系建模方法对分析结果进行相关比较和验证。(2) 本研究从区域尺度细化到县域,但在一定程度上仍不能反映个别地区经济发展的空间集聚及演变状况,可以进一步细化到乡镇级进行分析,以期得到更为全面和精细的分析结果。

参考文献:

- [1] 李小建,乔家君. 20 世纪 90 年代中国县际经济差异的空间分析[J]. 地理学报,2001,56(2):136-145.
- [2] 张海峰,白永平,陈琼,等. 基于 ESDA-GIS 的青海省区域经济差异研究[J]. 干旱区地理,2009,32(3):454-461.
- [3] Gastwirth J L. The estimation of the Lorenz curve and Gini index[J]. The Review of Economics and Statistics, 1972,54(3):306-316.
- [4] Theil H. Economics and Information Theory[M]. Chicago: Rand McNally and Company,1967.
- [5] Arbia G. The role of spatial effects in the empirical analysis of regional concentration[J]. Journal of Geographical Systems,2001,3(3):271-281.
- [6] 席建强,刘超,高小敏. 陕西省区域经济增长差异的空间统计分析[J]. 统计与决策,2009(4):92-95.
- [7] 李芹芳,钱文君,陈玮,等. 陕西省区域经济发展水平差异评价分析[J]. 干旱区地理,2010(5):456-461.
- [8] 赵光华,于鹏,丁艳萍. 陕西省区域经济增长差异分析[J]. 地域研究与开发,2007,26(3):27-30.
- [9] 李梅,王铁. 基于 ESDA 的区域经济格局时空演变研究[J]. 国土与自然资源研究,2011(6):9-11.
- [10] 李小建,乔家君. 20 世纪 90 年代中国县际经济差异的空间分析[J]. 地理学报,2001,56(2):136-145.
- [11] Le Gallo J, Ertur C. Exploratory spatial data analysis of the distribution of regional per capita GDP in Europe, 1980—1995[J]. Papers in Regional Science, 2003,82(2):175-201.
- [12] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics[J]. Geographical Analysis, 1992,24(3):189-206.
- [13] Cliff A, Ord J. Spatial autocorrelation[M]. London: Pion Ltd,1973.
- [14] 张松林,张昆. 空间自相关局域指标 Moran 指数和 G 系数研究[J]. 大地测量与地球动力,2007,27(3):31-34.
- [15] 靳诚,陆玉麒. 基于县域单元的江苏省经济空间格局演化[J]. 地理学报,2009,64(6):713-724.
- [16] 李丁,李平安,王鹏. 基于 ESDA 的甘肃省县域经济空间差异分析[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(12):1-5.
- [12] 李刚,刘开平,成信东,等. 蛭石/有机复合高吸水保水复合材料的研究[J]. 化学工程与装备,2009(6):19-21.
- [13] 迟永刚,黄占斌,李茂松. 保水剂与不同化学材料配合对玉米生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(6):132-135.
- [14] 王增丽. 秸秆不同处理还田方式对土壤理化特性和作物生长效应的影响[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [15] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 2 版. 北京:农业出版社,1998.
- [16] 潘英华,雷霆武,赵军. PAM 与 PG 对土壤水分蒸发的影响[J]. 土壤通报,2008,39(5):990-996.
- [17] 卢金伟,李占斌. 土壤团聚体研究进展[J]. 水土保持研究,2002,9(1):81-84.
- [18] 宫渊波,麻泽龙,陈林武,等. 嘉陵江上游低山暴雨区不同水土保持林结构模式水源涵养效益研究[J]. 水土保持学报,2004,18(3):28-36.
- [19] 庄文化,冯浩,吴普特,等. 2 种高分子保水材料对土壤持水性能的影响[J]. 中国水土保持科学,2008,6(3):81-87.
- [20] 李笑吟,毕华兴,张建军,等. 晋西地区土壤水分有效性分析[J]. 水土保持研究,2006,13(5):205-211.

(上接第 72 页)

- [3] 员学锋. PAM 的土壤保水、保肥及作物增产效应研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2003.
- [4] 张璐,孙向阳,田赞,等. 复合保水剂吸水保水性及其性能[J]. 农业工程学报,2012,28(15):87-93.
- [5] 陈克亮,孟祥远. 油田油渣对玉米生长及品质的影响[J]. 西南农业大学学报,2002,24(2):161-164.
- [6] Spaccini R, Piccolo A, Haberhauer G, et al. Decomposition of maize straw in three European soils as revealed by DRIFT spectra of soil particle fractions[J]. Geoderma, 2001,99(3):245-260.
- [7] 陈双燕,韩建国,王文,等. 蛭石引发对结缕草种子发芽率和发芽速度的影响[J]. 草地学报,2007,15(3):254-258.
- [8] 陈伏生,王桂荣,张春兴,等. 施用泥炭对风沙土改良及蔬菜生长的影响[J]. 生态学杂志,2003,22(4):16-19.
- [9] 苗利国,周晓莹. 油页岩在林业苗圃中的应用研究初报[J]. 育苗技术,2012(3):24-26.
- [10] 马毅杰,李述刚,王周琼. 风化煤对土壤胶体特性的影响[J]. 土壤学报,1979(1):22-28.
- [11] 冯瑞云,杨武德,王慧杰,等. 秸秆扩蓄肥对土壤水分和马铃薯产量品质及水分利用的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(2):100-105.