

# 基于ESDA方法的黄土高原地区经济发展格局 及其演化特征分析

刘艳华<sup>1,2</sup>, 徐 勇<sup>1</sup>, 刘 毅<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘 要:**探索式空间数据分析(ESDA)方法可以很好地揭示区域经济增长特征及其与空间环境的关系,是深入了解和把握区域经济的空间分布和演化规律的有效手段之一。本文基于ESDA方法,利用黄土高原地区284个县级行政单元1990、2000和2007年3期的人均GDP数据,分析了黄土高原地区经济增长的空间分布格局和动态演变特征,验证了ESDA方法在揭示社会经济发展空间分异和演变规律方面的作用。分析结果表明:黄土高原地区的人均GDP分布表现出了显著的高值和低值集聚(空间正相关)特征,且其空间分异状况具有一定的稳定性;目前黄土高原地区的经济增长仍以不平衡增长为主,短期内高水平地区高速增长趋势仍将继续,而低水平地区很难实现经济增长的快速提高;黄土高原地区存在着常态化的城市产业集聚推动型和机遇性的资源开发拉动型两种增长类型,后者对人均GDP水平的拉动效应更强,然而却容易造成产业畸形单一,经济增长缺乏可持续性、稳定性和抗干扰性。

**关 键 词:**探索式空间数据分析(ESDA);空间自相关;人均GDP;黄土高原地区

## 1 引言

认识和把握社会经济现象的空间分异规律对于制定区域空间规划和区域发展政策具有重要的指导意义。传统的地理学对社会经济现象空间分异规律的揭示一般采用先定性描述社会经济现象的空间分布状况,再分析原因和揭示规律的研究方法。这一地理学式的分析方法充分尊重了社会经济现象的空间对应性,然而在分析日益复杂的社会经济现象时却愈来愈不容易快速抓住事物的本质和规律。随着学科的发展,从20世纪80、90年代开始,地理学家开始越来越多的借鉴相邻学科已经成熟的计量算法,尤其是经济学的研究方法,通过引入其它学科已经发展成熟的理论或模型,如广义熵(GE)、基尼系数(Gini)、泰尔指数(Theil)、收敛(Convergence)模型等揭示社会经济现象的空间分布规律<sup>[1-4]</sup>。由于这些方法往往突出的是整个区域的社会经济差异,忽略了区域内部的空间效应<sup>[5-6]</sup>,因而在判断区域内部的空间结构与演化状况方面存在着不足。探索式空间数据分析(Exploratory Spatial

Data Analysis, ESDA)通过对空间关联性的反思以及对空间自相关的利用开启了计量方法在人文地理中应用的革新<sup>[7]</sup>,其实质是根据数据的空间依赖和空间异质性揭示事物的空间分布特征<sup>[8]</sup>。通过该方法,可以迅速地从纷繁复杂的社会经济现象中抽取出它们在空间上的联系与演化规律。

20世纪中后期, Moran<sup>[9]</sup>、Geary<sup>[10]</sup>、Anselin<sup>[11]</sup>以及Getis等<sup>[12]</sup>和Ord等<sup>[13]</sup>国外学者都对ESDA的发展作出了重要贡献,使其理论日趋成熟,方法日趋完善,加之近年来空间统计与分析软件的迅速成长,目前国内外发表的论文中,利用ESDA方法对社会经济现象空间特征进行分析的成果越来越多,如: Gallo和Ertur利用ESDA对欧洲地区1980-1995年人均GDP的空间分布进行了详细系统的分析<sup>[14]</sup>;孟斌等基于该方法对中国1978-2000年省级人均GDP进行了区域经济差异分析<sup>[15]</sup>; Tang利用这一方法对长江经济带1994-2004年的人均GDP数据进行了分析<sup>[16]</sup>;靳诚、陆玉麒利用ESDA分析了江苏省1993-2007年县域经济在空间上的演化特征<sup>[17]</sup>;杨振山等利用北京市1949-2004年企业等级就业数

收稿日期:2011-01; 修订日期: 2011-04.

基金项目:国家自然科学基金重点项目(40830741);国家科技支撑计划课题(2008BAH31B02)。

作者简介:刘艳华(1984-),女,博士研究生。主要从事经济地理和区域可持续发展等领域的研究工作。

E-mail: liuyanhua0628@163.com

据,分别基于空间临近矩阵和不同距离矩阵,在邮政区尺度上对北京市的城市空间经济发展进行了空间自相关分析<sup>[18]</sup>。从这些研究可以看出,ESDA方法可应用的研究尺度非常之广,然而,这些研究大多数都集中在较发达地区,对落后地区的经济现象和规律的研究一直都处于比较缺乏的地位。基于此,本研究选择黄土高原地区这一独特的地理单元,采用ESDA方法对该地区1990-2007年人均GDP的时空演化特征进行详细的分析,以期揭示该地区经济发展过程的空间差异及演化状况。

2 研究区域和方法

2.1 研究区域

本文的研究区域黄土高原地区共涉及7省43个地级市的284个县级行政单元,具体包括山西省、宁夏回族自治区的全部,陕西省的大部以及甘肃省、内蒙古自治区、青海省、河南省的部分地区,总面积约64万km<sup>2</sup>(图1)。

黄土高原地区地处中国北方中部腹地,是中国华北平原乃至全国重要的生态屏障。区内自然资源丰富,特别是煤炭资源储量极大,是我国重要的能源、重化工和金属冶炼业基地。然而,因地表黄土层深厚,黄土质地疏松,自然植被破坏严重,加之降水集中,暴雨多,该地区水土流失极为严重,流失面积约为45万km<sup>2</sup>,占到该地区总面积的70%,脆弱的生态环境一直是制约经济社会发展的主要因素,协调经济发展与生态环境的关系也一直是困扰

该地区可持续发展的难题。

改革开放后,尤其是国家实施西部大开发战略以来,黄土高原地区的经济发展呈现出了强劲的高增长势头,内部不同区域之间发展的不平衡状态也越加明显。

截至2007年,该地区的人口总量约1.07亿,GDP总量达19856亿元,三次产业的比例关系约为1:6.69:4.84;以县市为单位,人均GDP为18530元/人,略低于全国18934元/人的水平,其中,最低值东乡族自治县仅1971元/人,而最高值伊金霍洛旗达126224元/人,是最低值的64倍之多。

2.2 数据说明

人均GDP是测度经济发展状况的主要指标,然而,由于中国自1985年以来才开始采用GDP核算方法,各省市在核算方面又参差不齐,因而黄土高原地区分县市数据的收集整理相对较为困难,尤其是1990年;再加上各省市人均GDP核算过程中对采用户籍人口与常住人口又有分歧,甚至不同年份常住人口的统计口径都有不同,因而,数据质量必然受到影响。不过,由于本文更注重对宏观格局的把握,因而这些数据质量对分析结果的影响比较有限。

本文具体数据来源如下:1990年,山西数据来源于《山西五十年》,河南数据来源于《河南五十年》,内蒙古数据来源于《辉煌的内蒙古1947-1999》,陕西和宁夏数据来源于两省区1991年统计年鉴,青海省1991年统计年鉴只有地市级行政区和自治县的GDP数据,对于部分未单列的县级单元,采用地市级求平均的方法获得,甘肃省没有1990年分县GDP数据,采用国民收入数据代替;2000年分县市GDP数据来源于《2001年中国县(市)社会经济统计年鉴》;2007年的人均GDP数据来源于《2008中国区域经济统计年鉴》。

2.3 研究方法

ESDA方法是描述并展示属性数据的空间分布状况,识别空间上的离群值和非典型区,判断空间关联模式以及探寻空间异质形式的一系列技术手段<sup>[19-21]</sup>。在空间自相关的测度指标中尤以Moran's *I*应用最为广泛,又可分为全局Moran's *I*和局部Moran's *I<sub>i</sub>*。对于一个区域而言,全局Moran's *I*可用如公式(1)计算:



图1 黄土高原地区位置及范围  
Fig.1 Position and range of Loess Plateau region

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

局部Moran's  $I_i$ 由Anselin<sup>[11]</sup>于1995年提出,被定义为:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_j w_{ij} (x_j - \bar{x}) \tag{2}$$

可进一步写成:

$$I_i = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_j w_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} = \frac{nz_i \sum_j w_{ij} z_j}{z^T z} = z_i' \sum_j w_{ij} z_j' \tag{3}$$

式中:  $x_i$ 、 $x_j$  为地理单元*i*或*j*的观测值,本研究中取人均GDP的自然对数; $n$ 为区域个数; $\bar{x}$ 为整个区域人均GDP的均值; $w_{ij}$ 为地理单元*i*临近单元的空间权重,根据地理单元*j*与*i*的空间邻接方式被赋值,空间权重矩阵计算方式的选择是探索式空间数据分析中最困难,也是最有争议的内容之一; $z_i'$ 和 $z_j'$ 是经过标准差标准化的观测值。Moran's  $I$ 或 $I_i$ 的取值为[-1,1],其数学期望 $E(I)=-1/(n-1)$ ;如果 $n$ 比较大,则*i*或*i<sub>j</sub>*小于0表示负相关,大于0表示正相关,等于0表示观测值随机分布。

本研究中的空间自相关分析在GeoDa中进行。在空间权重计算方式的选择上,由于黄土高原地区比较整齐,很少存在飞地或孤岛的情况,且县市之间大小差别太大,不宜采用距离法和最近临个数法,所以采取了多边形临近的计算方法进行空间

权重矩阵的计算。同时,考虑到黄土高原地区县市分布为比较稠密的不规则多边形,选取了Queen邻接方法选取周围的邻接多边形,也就是只要存在公共顶点的相邻地区  $w_{ij}=1$ ,否则为0。

3 结果分析

3.1 人均GDP的空间自相关

表1显示的是1990、2000和2007年黄土高原地区分县市人均GDP取对数后的全局Moran's  $I$ 指标计算结果。结果表明:黄土高原地区的人均GDP分布存在着显著的空间集聚(正相关)现象,且Moran's  $I$ 值随时间的变化增长明显,表明黄土高原地区的经济集聚程度在逐渐加强,空间差距在日益拉大。为了探测黄土高原地区人均GDP的局部空间集聚模式,分析非典型性区域、空间离群值和空间体系的空间不稳定性等特征,本研究利用散点图与局部空间关联指数(LISA)分布图相结合进行局部空间自相关分析。

图2是黄土高原地区3个年份的Moran散点图。从图中可以看出,黄土高原地区大多数县级单元都位于第一和第三象限,即存在高值集聚(High-High, HH)和低值集聚(Low-Low, LL)的正相关空间关联模式。具体来讲(表2),1990年,具有空间正相关的县市比例达到73.9%(其中,HH为39.1%,LL为34.8%);2000年,这一比例为71.8%(其中,HH为36.6%,LL为35.2%);2007年变为75.7%

表1 黄土高原地区人均GDP全局自相关指标结果  
Tab.1 Results of Global Moran's  $I$  for GDP per capita of Loess Plateau region

	1990年	2000年	2007年
Moran's $I$	0.36	0.42	0.5
P	0.001	0.001	0.001

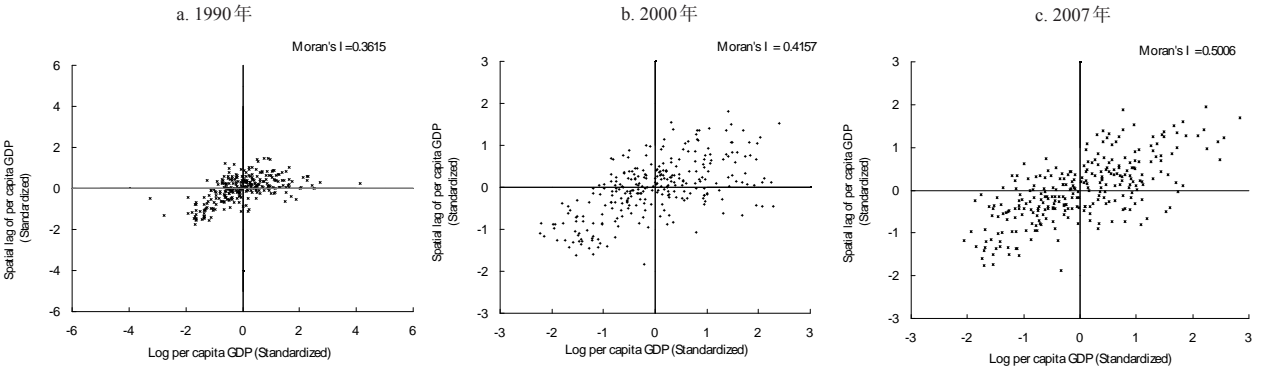


图2 黄土高原地区人均GDP Moran 散点图

Fig.2 Scatter plot of Moran's  $I$  for per capita GDP in Loess Plateau region



(HH为37%,LL为38.7%)。此外,黄土高原地区也存在一些与总体分布模式不同的非典型区域,如低高(Low-High,LH)模式的单元1990年有49个,2000年下降为41个,至2007年降至36个;高低(High-Low,HL)模式的点数由1990年的25个增加到2000年的39个,2007年又减少到33个。

为了清晰把握和了解各种空间关联模式的空间分布状况,将各个年份的Moran散点图结果投影到黄土高原地区地图上形成了散点地图(图3)。可以看出,1990年以来黄土高原地区各县市人均GDP的正相关空间关联模式在基本格局不变的基础上发生着微调,各模式的空间集中趋势更加明显。1990年,人均GDP的HH类型在黄土高原地区西北部的内蒙古和宁夏平原地区相对比较集中,而甘肃、青海、以及东南部的汉中平原、山西、豫西北平原等地则呈分散分布;LL类型在青东、陇东、宁南、陕北这一东北-西南走向的条带上集中连片分布,而在山西、内蒙等地零散分布。2000年,各单元经济发展差距拉大,HH类型区调整比较明显,西北HH集聚区较1990年有所扩展,东南HH类型区的集聚趋势开始显现;LL类型区在西北HH集聚区的扩展影响下变得破碎。2007年,各主要类型区的分布演化为相对有规律可循,西北高值带的内蒙、宁夏平原、陕北的HH类型集聚区进一步向东部和东南扩展,成为人均GDP的HH类型的最大集聚区,东南部的山西中南部、豫西北地区 and 西安市周边也呈现出HH类型的连片分布区;LL类型区也分别在宁南-陇东-陕中南地区以及晋陕接壤和山西北部地区集中连片分布,恶劣的自然条件加上缺乏资源等其他发展动力,导致这些地区经济发展水平持续落后。而与整体空间关联模式相异的非典型类型区(HL类型和LH类型)不仅数量少、集聚特征不明显,

而且存在较大的变异现象。大体来讲,二者在两大正相关类型区之间交错分布,其中,HL类型主要分布在LL类型区周围的市辖区,而LH类型则散乱出现在HH类型区周围或邻近地区的落后县。

散点图还可以呈现出随着时间的变化,各县市的空间关联模式的转化情况。根据分类,共存在4种情况<sup>[22]</sup>(表3)。**①情况一:**仅仅本单元的相对模式随着时间发生变化,而周围单元没有发生变化,其对应的模式转变有HH-LH、HL-LL、LH-HH、LL-HL;**②情况二:**仅仅周围地区的相对模式发生改变,而本单元没有发生变化,包括:HH-HL、HL-HH、LH-LL、LL-LH;**③情况三:**两者的相对模式都发生了变化,即HH-LL、HL-LH、LH-HL、LL-HH;**④情况四:**两者的相对模式都不发生变化,它代表了人均GDP空间分布的稳定性。

由表3可以看出,整体上黄土高原地区人均GDP的分布格局是稳定的,稳定区域(情况四)占到69.5%,而不稳定率(情况一和情况二)只有25.9%。

表2 黄土高原地区人均GDP各种类型区单元个数

Tab.2 Numbers of areas of each per capita GDP type of Loess Plateau region						
年份/年	1990		2000		2007	
显著性	P=Any	P<0.05	P=Any	P<0.05	P=Any	P<0.05
HH	111	15	104	34	105	36
LH	49	5	41	4	36	1
LL	99	42	100	45	110	36
HL	25	5	39	4	33	6
合计	284	67	284	87	284	79

表3 黄土高原地区人均GDP空间相关性演化数量表

Tab.3 Types of the evolvement of spatial correlation in Loess Plateau region		
	1990-2000 年	2000-2007 年
情况一	45	29
情况二	41	32
情况三	12	14
情况四	186	209
合计	284	284

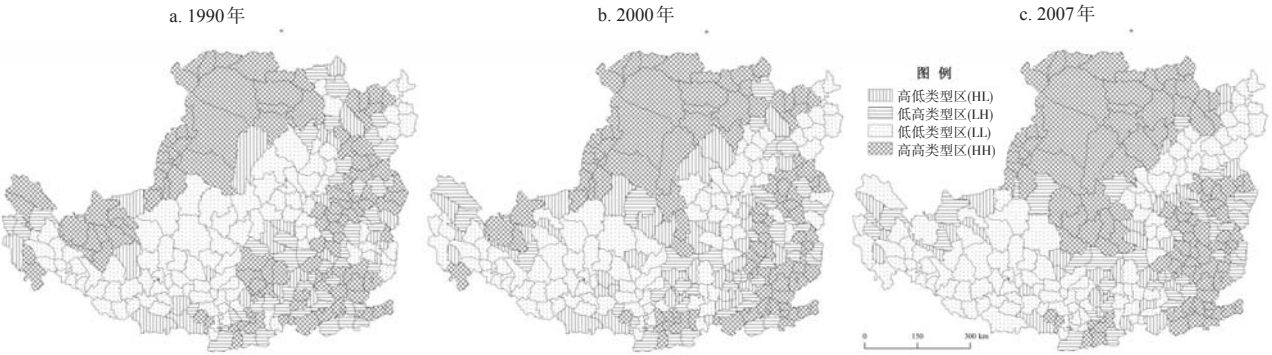


图3 黄土高原地区人均GDP Moran散点地图

Fig.3 Scatter map of Moran's I for per capita GDP in Loess Plateau region

且随着时间的推移,稳定单元个数在增加,不稳定单元个数在下降。

此外,散点图也可显示出一些离群值地区,也就是散点图中距离原点两个单位以上的地区(图2)。由于本研究将市辖区与县级行政单元统一比较,存在着市辖区经济发展水平明显偏高的现象;但2000年以后,尤其是2007年,内蒙古与陕北地区的人均GDP值明显偏高,也呈现出了离群值的特征。1990年,低于平均值两个标准差的人均GDP离群值地区有清水县和张家川回族自治县,而高于平均值两个标准差的人均GDP离群值地区有西安市辖区、银川市辖区、大武口区、包头市辖区、左云县、古交市、晋城市辖区、洛阳市辖区、义马市和三门峡市辖区;2000年,低于平均值两个标准差的人均GDP离群值地区有东乡族自治县、子洲、佳县,而高于平均值两个标准差的人均GDP离群值地区有鄂托克旗、东胜区、兰州市辖区、宝鸡市辖区、西安市辖区、咸阳市辖区、晋城市辖区;2007年,低于平均值两个标准差的人均GDP离群值地区有东乡族自治县,而高于平均值两个标准差的人均GDP离群值地区有鄂托克旗、乌审旗、志丹县、靖边县、东胜区、伊金霍洛旗、准格尔旗、包头市辖区。而纵轴方向没有离群值。根据回归诊断以及Cook距离标准对极值的分析,尽管一些区域具有高的杠杆作用和学生化残差,但其对整体的计算结果不具有显著的影响力。

通过对黄土高原地区1990、2000和2007年人均GDP满足95%置信水平的局部空间关联模式(LISA)的计算与统计,得出的主要结论有:

(1) 局部空间关联模式的计算结果与全局空间正相关的关联模式的计算结果相一致。如表2,在满足置信度水平的空间单元中,3个年份空间正相

关(HH和LL)模式的单元个数分别占到了85.1%、90.8%和91.1%。这个比例随着年份逐年递增,也反映了黄土高原地区人均GDP的高值和低值集聚变得越来越显著。同时,尽管显著的HH县市个数一直小于LL县市的个数,但是,随着时间的推移二者的差距在减小,直至2007年二者持平。这表明,随着时间的变动,黄土高原地区人均GDP高值区域越来越多的表现出空间集聚的趋势,而满足置信水平的非典型性单元中,LH模式个数逐渐减少,但HL模式个数却基本不变。

(2) 黄土高原地区的人均GDP存在着4个比较稳定的显著空间集聚区(图4),这些集聚区空间位置比较固定,但空间范围有所变化。其中一个最大面积的HH集聚区位于内蒙-宁北-陕北地区,这一集聚区随着时间范围扩展明显,1990年仅限于宁北和内蒙的部分地区,至2007年,这一高值集聚区大幅度向东和向南扩展,向东到晋西北,向南直达陕北的甘泉县。另外一个HH集聚区位于豫西北晋东南地区,这一地区本身集聚范围小,主要由该区的一些LH类型区逐渐演变为HH类型区。最大面积的显著LL集聚区位于甘南-宁南-陇东地区,3个年份位置和范围变动不明显。另一个LL集聚区位于山西中部和陕北东边的交界地区,这一地区先是集聚比较明显,后在山西和陕西境内分化为零星斑块。这些比较稳定的集聚区的存在又在一定程度上验证了黄土高原地区人均GDP空间分异存在着一定的稳定性特征。

3.2 人均GDP年均增长率的空间关联模式

通过以上对黄土高原地区人均GDP水平空间关联模式的系统研究可以得出,近20年来黄土高原地区的人均GDP空间分异特征具有一定的稳定性。然而,如果低水平地区的人均GDP增长率高

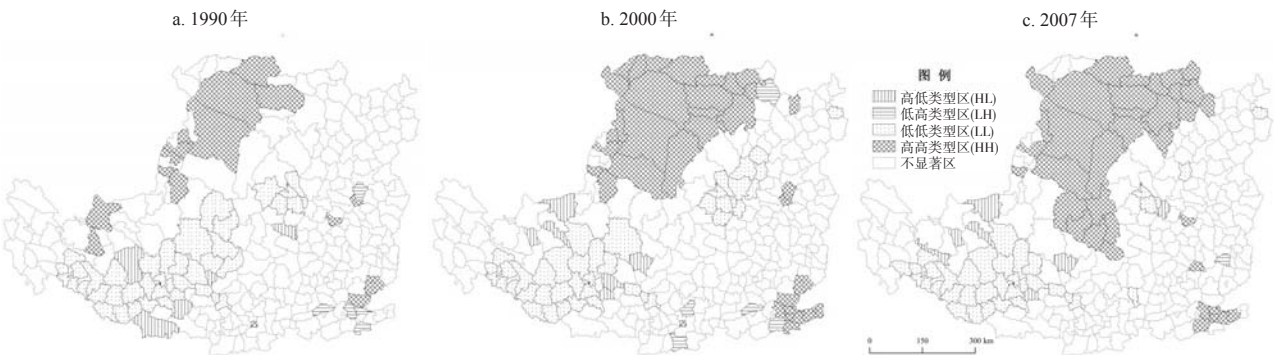


图4 黄土高原地区人均GDP的Moran显著性地图  
Fig.4 Moran significance map of per capita GDP in Loess Plateau region



于高水平地区,未来黄土高原地区经济分布的空间不平衡趋势就有可能降低,即满足 $\beta$ 收敛特征<sup>[23]</sup>。为此,本研究同样应用ESDA技术对该地区人均GDP年均增长率的空間增长特征进行了探究。

对黄土高原地区1990-2000年以及2000-2007年人均GDP的年均增长率进行的全局Moran's  $I$ 的计算结果表明,两个阶段的年均增长率也表现为显著的空间正相关特征。1990-2000年,Moran's  $I$ 计算结果为0.3628, $p$ 值为0.001;2000-2007年,Moran's  $I$ 计算结果为0.7218, $p$ 值为0.001。由此可见,与1990-2000年相比,2000-2007年人均GDP年均增长率的空间集聚水平提高迅速,表现为空间上强烈的两极分化增长特征。

通过对黄土高原地区两个阶段年均增长率的局部空间关联模式(LISA)的计算,选取满足95%置信度水平的空间关联模式(图5),并将其与人均GDP水平的空间关联模式图(图4)相比较,可以判断近20年来黄土高原地区的人均GDP发展是否存在着收敛特征。然而,从图4中可以看出,除一小部分地区表现为相异的空间关联特征外,大部分地区的人均GDP年均增长率空间关联特征与人均GDP水平的空间关联特征是一致的,即人均GDP水平的HH类型区对应年均增长率的HH高类型区,而年均增长率的LL类型区也是人均GDP水平集聚模式为LL的区域。这表明近20年来,黄土高原地区人均GDP的发展不仅不存在收敛特征,而且表现出愈来愈强的“马太效应”或极化增长特征,即高水平地区依然表现出强劲的增长势头,而低水平地区依然落后。

从两个时段的对比来看,1990-2000年西北地

区的高增长率集聚区范围还比较小,在豫西北晋东南地区也存在着较大范围的高增长率集聚区;然而到了2000-2007年,只有西北地区的高值集聚区比较显著,且范围向四周急剧扩大,而东南部的高值集聚区变得不再显著。两个时段内,显著的低增长率集聚区的位置在发生变化,伴随着西北部高增长率集聚区的扩展,其位置有向南部偏移的特征,但其范围仍然大致落在人均GDP水平的低值集聚区。总体来看,在资源开发的强势拉动下,西北部高人均GDP集聚区的经济增长势头异常强劲,并有急速提高、迅速扩展之势;相比之下,东南部产业集聚推动型的高人均GDP集聚区的经济增长势头逐渐有所收敛;而低人均GDP的集聚区短期内经济增长速度迅速提高的可能性不大,整个区域极化增长的特征仍将持续。

3.3 黄土高原地区经济发展格局及演变

通过以上两个方面的分析可以看出,黄土高原地区的经济发展格局表现为西北和东南两个经济发展高值带与中间东北-西南走向的经济发展低值区并存的特征。结合黄土高原地区的自然本底及开发历史情况可知:西北高值带的存在及其后期强度极化增长的关键原因在于能矿资源开发加工,其增长及扩张的范围基本与大规模煤炭、天然气和石油开采以及电力、化工等产业基地的布局一致;而东南高值带除了与能源和矿产的开发加工有关外,更主要的原因是该地带自然本底条件和经济社会基础条件较好,密集的城市和综合的产业持续为人均GDP的快速增长提供着动力;人均GDP低值地带地区则多集中在缺乏大规模能矿资源开发加工,且自然本底条件差的山区、丘陵区或农业密集程度

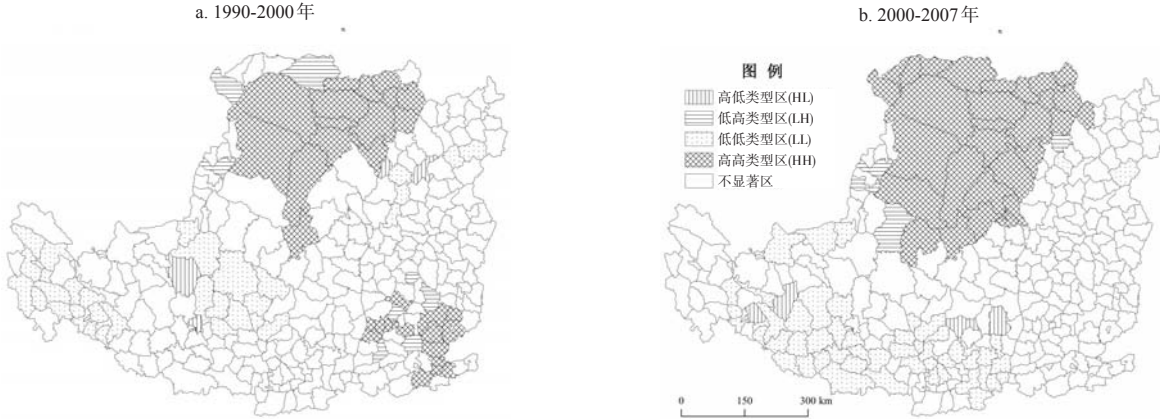


图5 黄土高原地区人均GDP年均增长率的Moran显著性地图  
Fig.5 Moran significance map for average growth rate of per capita GDP of Loess Plateau region

相对较高的地区。

从该地区经济极化增长与演化的特征来看,黄土高原地区东南高值带的极化增长属于常态化的城市产业集聚推动型,而西北高值带的极化增长属于机遇性的资源开发拉动型。前者的特点是发展的综合基础条件好,人均GDP增长的持续性、稳定性和抗干扰性较强。而后者特点是受资源开发拉动迅速崛起,产业畸形单一,经济增长缺乏可持续性,往往在资源枯竭后迅速衰落,且易留下长期难以解决的生态和社会顽疾。但从短期效果来看,黄土高原地区西北高值带的资源开发拉动型对经济增长的拉动作用更迅速和明显,且这种强势崛起的趋势还在继续,除非采取有效的行政干预,这种趋势很难得到抑制。

## 4 结论和讨论

利用探索式空间数据分析(ESDA)方法对黄土高原地区近20年来人均GDP及其年均增长率的空间分布特征进行分析的结果表明:

(1) 近20年来,黄土高原地区无论是全局还是局部,无论是显著区还是全部区域,其人均GDP和人均GDP年均增长率都表现为显著的空间正相关特征,且这种空间正相关的关联模式在时间上具有愈加明显的趋势,在空间分布上具有一定的稳定性特征。

(2) 通过对散点图以及局部空间自相关的详细分析,黄土高原地区的人均GDP水平存在着4个比较稳定的显著空间集聚区,面积最大的HH集聚区位于内蒙-宁北-陕北地区,另一个HH集聚区位于豫西北晋东南地区;面积最大的LL集聚区位于甘南-宁南-陇东地区,另一个LL集聚区位于山西中部和陕北东边的交界地区。

(3) 人均GDP与人均GDP年均增长率的对比分析表明,近20年来,黄土高原地区的人均GDP发展以极化增长为主,且这种趋势还会继续,甚至还会加强,目前尚没有表现出 $\beta$ 收敛特征。

(4) 黄土高原地区存在着常态化的城市产业集聚推动型和机遇性的资源开发拉动型两种极化增长类型。后者对人均GDP水平的拉动效应更强,然而却容易造成产业畸形单一,经济增长缺乏可持续性、稳定性和抗干扰性。

研究表明,探索式空间数据分析方法由于突出强调空间相互作用以及地理位置对区域增长问题的重要作用,因而可以很好地揭示区域经济增长特征及其与空间环境的关系,是深入了解和把握区域经济的空间分布和演化规律的有效手段。此外,从应用层面来讲,该方法还可以作为标准 $\beta$ 收敛模型估计的辅助手段,对区域经济增长趋势进行探讨。不过作为探索式空间数据分析方法或空间统计分析方法,与其它统计方法一样,在应用时,必须与实地调查的方法以及其他方法结合起来考虑,才能确保其在实际应用中起到良好的效果。

## 参考文献

- [1] 徐建华, 鲁凤, 苏方林, 等. 中国区域经济差异的时空尺度分析. 地理研究, 2005, 24(1): 57-68.
- [2] 郭腾云, 徐勇. 1952-2003年我国区域经济发展不均衡的长期变化态势. 地理科学进展, 2005, 24(1): 21-30.
- [3] 韩增林, 许旭. 中国海洋经济地域差异及演化过程分析. 地理研究, 2008, 27(3): 613-622.
- [4] Rey S, Montouri B. US regional income convergence: a spatial econometric perspective. *Regional Studies*, 1999, 33(2): 143-1564.
- [5] Unwin A, Unwin D. Exploratory spatial data analysis with local statistics. *The Statistician*, 1998, 47(3): 415-421.
- [6] Giuseppe A. The role of spatial effects in the empirical analysis of regional concentration. *Journal of geographical systems*, 2001, 3(3): 271-281.
- [7] 杨振山, 蔡建明. 空间统计学进展及其在经济地理研究中的应用. 地理科学进展, 2010, 29(6): 757-768.
- [8] Fotheringham A S. Exploratory spatial data analysis and GIS: Commentary. *Environment & Planning A*, 1992, 24(12): 1675-1678.
- [9] Moran P A P. Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 1950, 37(1-2): 17-23.
- [10] Geary R C. The Contiguity ratio and statistical mapping. *The Incorporated Statistician*, 1954, 5(3): 115-145.
- [11] Anselin L. Local indicators of spatial association-LISA. *Geographical Analysis*, 1995, 27(2): 93-115.
- [12] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 1992, 24(3): 189-206.
- [13] Ord J K, Getis A. Local spatial autocorrelation statistics: Distributional issues and an application. *Geographical Analysis*, 1995, 27(4): 286-306.
- [14] Gallo J L, Ertur C. Exploratory spatial data analysis of the distribution of regional per capita GDP in Europe, 1980-1995. *Papers in Regional Science*, 2003, 82(2): 175-201.
- [15] 孟斌, 王劲峰, 张文忠, 等. 基于空间分析方法的中国区域差异研究. 地理科学, 2005, 25(4): 393-400.

- [16] Tang Jianjun. Exploratory spatial data analysis of the distribution of regional per capita GDP in Yangtze Delta, China: 1994-2004. *Ecological Economy*, 2008, 4(2): 180-188.
- [17] 靳诚, 陆玉麒. 基于县域单元的江苏省经济空间格局演化. *地理学报*, 2009, 64(6): 713-724.
- [18] 杨振山, 蔡建明, 高晓路, 等. 利用探索式空间数据解析北京城市空间经济发展模式. *地理学报*, 2009, 64(8): 945-955.
- [19] Haining R. *Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [20] Bailey T C, Gatrell A C. *Interactive Spatial Data Analysis*. Harlow: Longman, 1995.
- [21] Anselin L, Bera A. Spatial dependence in linear regression models with an application to spatial econometrics// Ullah A, Giles D E A. *Handbook of Applied Economics Statistics*. New York: Marcel Dekker, 1998.
- [22] Rey S. Spatial empirics for economic growth and convergence. *Geographical Analysis*. 2001, 33(3): 195-214.
- [23] Barro R J, Sala-I-Martin X. Convergence across states and regions. *Brookings papers on economic activity*, 1991, 22(1): 107-182.

## Exploratory Spatial Data Analysis of the Distribution and Evolution of Economic Growth in Loess Plateau Region during 1990–2007

LIU Yanhua<sup>1,2</sup>, XU Yong<sup>1</sup>, LIU Yi<sup>1</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Exploratory spatial data analysis (ESDA) can finely reveal the characteristics of economic growth of a region in relation to its geographical environment, and therefore is a powerful tool to help us better understanding the spatial-temporal dynamics of the distributions of economic factors in each region. The study of the spatial distribution of per capita GDP of 284 counties in the Loess Plateau region since 1990 using ESDA proved its role in investigating the rules of distribution and evolution of social or economic development. And several points can be highlighted.

First, ESDA reveals significant positive global and local spatial autocorrelation of per capita GDP in the Loess Plateau region throughout the period 1990-2007.

Second, the analysis of scatter plots and local indicators of spatial association (LISA) over the period indicates that there are four significant regional clusters persisting over time. The first is a significant High-High (HH) type of clustering, located mainly in Inner Mongolia—north Ningxia—north Shaanxi in the Loess Plateau region. The other HH forms of clustering are located in Northwest Henan and Southeast Shanxi. The largest areas of low-low (LL) type of clustering are primarily located in the south of Gansu, the south of Ningxia and east of Gansu.

Third, the comparative analysis of per capita GDP and average growth rates of per capita GDP suggests that the development of per capita GDP in the Loess Plateau region is mainly in a way of polarized growth in the past 20 years. And it is predictable that this trend will persist, and even get stronger in the near future. Until now there are no characteristics of  $\beta$ -convergence detected in the Loess Plateau region.

Finally, the stable spatial patterns in Loess Plateau region indicate two kinds of economic growth modes. One is the normal economic growth pushed by industrial agglomeration, and the other is the opportunistic economic growth pulled by energy/resources exploring. The latter is far more powerful in promoting the level of per capita GDP, but always with problems of singleness of industrial type and lack of stability, sustainability and interference immunity during its working process in pulling economic growth.

**Key words:** exploratory spatial data analysis; spatial auto-correlation; per capita GDP; Loess Plateau region

本文引用格式:

刘艳华, 徐勇, 刘毅. 基于ESDA方法的黄土高原地区经济发展格局及其演化特征分析. *地理科学进展*, 2011, 30(5): 627-634.