

基于空间分析方法的中国区域差异研究

孟 斌^{1,2,3}, 王劲峰¹, 张文忠¹, 刘旭华¹

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 北京联合大学应用文理
学院, 北京 100083 3 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 利用中国 1952~ 2000 年各省区的人口、土地利用和人均 GDP 等数据, 采用空间分析方法对中国区域社会经济发展差异问题进行了实证研究。对中国大陆的几何中心、可利用土地、人口和 GDP 总量的空间中心计算表明, 空间中心统计是一种简单有效刻画要素空间分布的方法。通过对中国各省区人均 GDP 的空间自相关系数 Moran's I 的计算, 表明中国社会经济发展主要指标存在强烈的空间自相关, 空间分析方法不失为一种深入理解区域经济格局及其变化的重要和有益的方法。对不同年度的 Moran's I 和 Local Moran I 的分析也揭示了中国区域经济格局的时空变化规律。

关 键 词: 空间数据探索; 空间中心统计; 空间自相关; 区域差异; 中国

中图分类号: F119.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2005)04-0393-08

中国的区域差异问题一直是国内外学者关注的热点问题之一^[1~9]。区域和地理单元间的空间相互作用是理解区域经济增长的重要指标之一^[10~11], 空间的影响, 尤其是空间自相关和空间异质性必须在研究不同尺度的区域差异问题时加以考虑。但尽管空间作用是如此重要, 直到最近才有国内外学者利用空间统计和空间经济学的方法, 在研究区域差异问题时将空间维度的影响加以合适考虑^[8, 12~16]。空间依赖性和空间异质性的研究, 可以帮助我们更加深入地理解区域经济问题^[17]。

空间分析是地理学研究的常用手段, 但对于空间分析的理解, 却存在很大差异^[18~21]。王劲峰等对空间分析理论体系做了详细论述^[22], 区别了不同的“空间分析”方法的内涵。本文所采用的“空间分析”概念, 主要是空间信息统计分析。通过对区域差异问题的研究, 表明空间分析方法不失为一种深入理解区域经济格局及其变化的重要和有益的方法。本文以空间相互作用为出发点来重新审视中国的区域差异问题, 试图利用空间分析方法来理解中国的区域差异现象。

1 研究方法

空间分析的独特贡献在于它借鉴相关社会科

学的方法和工具, 提供了准确认识、评价和综合理解空间位置和空间相互作用重要性的方法^[23]。有关空间分析的文献已经非常丰富^[24~29]。本文采用的是空间分析中最常用的几种方法, 包括空间中心统计和空间数据探索分析方法 (Exploratory Spatial Data Analysis, ESDA)。其中空间中心分析着重刻画空间分布特征, 而空间数据探索分析方法通过对空间自相关的分析来揭示空间依赖性和异质性。

1.1 空间中心统计

空间中心统计是最基本的描述目标的空间分布的方法之一, 通过计算有关分布问题的基本参数来实现。描述空间分布中心的指标很多, 主要包括平均中心、中值中心、标准偏差、标准距离和标准偏差椭圆等^[13, 30, 31]。本文采用基本的平均中心指标进行研究。

1.1.1 平均中心

平均中心 (Mean center) 是最简单的描述空间分布的指标之一, 有时也被称为“重心 (Center of gravity)”。它通过一系列空间对象的几何坐标的平均值来表示。其基本计算公式为

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^N \frac{X_i}{N} \quad \bar{Y} = \sum_{i=1}^N \frac{Y_i}{N} \quad (1)$$

式中, N 为空间对象总数, X_i 和 Y_i 第 i 个空间对象

收稿日期: 2004-09-10 修订日期: 2004-11-15
基金项目: 国家 863 计划项目 (2002AA135230-1) 资助。
作者简介: 孟斌, (1971-), 安徽肥东人, 讲师, 博士研究生, 主要研究方向为地理信息技术与空间分析方法, 区域可持续发展等。
Email: mengbl@ihe.ac.cn

的坐标值 (一般为经纬度) $\bar{X}$, $\bar{Y}$ 即为平均中心的坐标值。

1.1.2 加权平均中心

加权平均中心是通过赋予空间对象几何坐标的不同权重来的得到。其优点在于将空间对象 (区域) 的其它属性如人口、不同类型土地面积、经济发展指标如 GDP 等加以考虑。并且通过选择不同的属性信息作为权重, 对其加权平均中心的结果进行比较就可以直观地表现区域差异。加权平均中心计算公式如下:

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^N W_i X_i}{N}, \quad \bar{Y}_w = \frac{\sum_{i=1}^N W_i Y_i}{N} \quad (2)$$

式中, N , X_i , Y_i 含义同公式 (1), W_i 为第 i 个空间对象的属性信息如人口等。 $\bar{X}_w$, $\bar{Y}_w$ 即为空间对象加权平均中心的坐标值。

1.2 空间数据探索分析

数据探索分析主要关注数据的描述、识别数据的统计特性并通过相关假设初步判断数据的结构。数据探索分析对于数学建模同样具有重要价值^[24]。空间数据探索分析是一般数据探索分析的扩展, 具有一些针对空间数据特性的工具, 目的在于探测数据的空间属性。总体而言, 有两类空间数据探索分析方法, 一类为全局统计 (global statistics), 主要探索某一属性在区域中的分布特性, 另一类为局域统计 (local statistics), 通过对子区域中信息分别分析, 探查区域信息变化是否平滑 (均质) 或存在突变 (异质)^[32]。

空间数据探索分析同样可以理解为一套技术体系, 目标在于通过可视化技术揭示空间数据特性; 识别异常点或区域; 探索空间联系的格局、积聚或热点区; 进行空间区划或发现空间异质性^[24, 28, 33]。

空间自相关 空间依赖性是指研究对象属性值的相似性与其位置的相似性存在一致性^[34]。空间自相关是空间依赖性的重要形式, 是指研究对象和其空间位置之间存在的相关性。空间自相关是检验某一要素的属性值是否显著地与其相邻空间点上的属性值相关联的重要指标^[26, 27], 可以分为正相关和负相关两类, 正相关表明某单元的属性值变化与其相邻空间单元具有相同变化趋势, 负相关则相反。

1) 全局空间自相关: 全局空间自相关是对属性值在整个区域的空间特征的描述。表示全局空

间自相关的指标和方法很多, 主要包括连接统计, Moran's I, Geary's C 和 Getis's G, 其中常用的是 Moran's I

Moran's I 是用于衡量空间要素的相互关系, 与一般统计学中相关系数类似, 其值在正负 1 之间。大于零表明存在空间的正相关, 反之为负相关, 等于零则表明不存在空间相关性。其计算公式如下:

$$I = \frac{N}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W(i, j) (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

式中, N 表示研究对象的数目, X_i 为观测值, $\bar{X}$ 为 X_i 的均值, $S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W(i, j)$ 。 $W(i, j)$ 为研究对象 i, j 之间的空间连接矩阵, 其中 $W(i, i) = 0$ 对于矩阵的确定, 下文有专门介绍。

计算出 Moran's I 之后, 还需对其结果进行统计检验, 一般采用 z 检验^[27]。

$$z(I) = \frac{I - E(I)}{S(I)}, \quad \text{式中 } S(I) = \sqrt{\text{var}(I)}$$

2) 局域空间自相关: 全局空间自相关假定空间是同质的, 即只存在一种充满整个区域的趋势。但事实上, 区域要素的空间异质性并不少见^[35, 36]。因此, 需要发展局域统计方法来衡量每个空间要素属性在“局部 (一般为相邻)”的相关性质。其结果一般可以采用地图可视化表达。通过定义不同类型的“局部”范围 (不同的空间连接矩阵), 局域空间自相关分析可以帮助我们更准确地把握空间要素异质性特性。

在本文中, 采用的是 local Moran's I 来衡量局域空间自相关性^[35]。如同在全局空间自相关研究中一样, 还有其它方法可供选择, 比如局域 Getis's G 和局域 Geary's C 等方法^[37]。

从本质上看, 局域 Moran's I 是将 Moran's I 分解到各个区域单元。 Anselin 将其称为 LISA^[35], 即空间联系局域指标 (Local Indicators of Spatial Association, LISA)。对于某个空间单元 i

$$I_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S_3} \sum_{j=1}^N W(i, j) (X_j - \bar{X}) \quad (4)$$

式中, N , X_i , $\bar{X}$, $W(i, j)$ 含义同公式 (3), 其中 $S_3 = (\sum_{j=1, j \neq i}^N X_j^2) / (N - 1) - \bar{X}^2$;

$$\text{LISA 的 } z \text{ 检验为 } z(I_i) = \frac{I_i - E(I_i)}{S(I_i)},$$

式中, $S(I_i) = \sqrt{Var(I_i)}$ 。

1 3 空间连接矩阵

空间数据和时间序列数据的根本区别是观测对象在空间的排列特征。这种空间的联系可以通过定义一个连接矩阵来衡量。空间连接矩阵表示的是空间单元间潜在的相互作用的力量。空间连接矩阵一般表示为 N 维的矩阵 $W(n \times n)$, 一般通过空间相邻和空间距离来确定。合理的空间连接矩阵的选取是空间分析的最困难和最具争论性的问题之一。通常, 空间连接矩阵可以通过空间数据的拓扑属性如邻接性来构造, 也可通过空间距离来构建。

对于邻接矩阵, 其定义如下:

$$Wd(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{如果 } i \text{ 与 } j \text{ 有公共边,} \\ 0 & \text{如果 } i \text{ 与 } j \text{ 没有公共边} \end{cases}$$

对于距离矩阵, 其定义如下:

$$Wd(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{如果 } i \text{ 与 } j \text{ 之间距离小于指} \\ & \text{定距离,} \\ 0 & \text{其它情况} \end{cases}$$

关于空间邻接矩阵的构造, 很多 GIS 软件都提供了相应功能, 也有一些专门的算法来获得空间连接矩阵^[38]。在本项研究中, 也采用常用的邻接矩阵 (Wd) 和距离矩阵。但因为海南省是一个岛屿, 所以在生成邻接矩阵会出现“孤岛”现象。解决此问题有两种办法, 一是将海南排除在研究范围之外, 二是人为定义海南与广东、广西相邻。本研究采用第二种方法。在本研究中, 还选择了距离矩阵 (Wd) 和相同邻接单元矩阵 (Wn)。在空间单元规则排列时, 后两种矩阵会相同。

2 数 据

中国国土辽阔, 自然社会环境差异很大。在研究区域经济发展问题时, 以前常用的指标是人均 GDP (GNP), 国外的学者更多采用第二产业产出或人均收入等指标。本文采用的数据来源主要来自于中国官方公开发布的相关数据, 其中多数数据来自于《新中国五十年统计资料汇编》各年份的中国统计年鉴和各省区的统计年鉴。本文的研究范围不包括台湾、香港和澳门地区。选取的人口、人均 GDP, GDP 总规模等数据, 包括 1952 年至 2000 年全国 30 个省、自治区、直辖市的资料, 其中因为统计的原因和省级行政区划的变更, 造成部分省区的

数据有缺失, 我们在进行空间分析时, 仅选择数据完整的有代表性年度。另外, 对行政区划变更造成的缺失, 采用原来的行政单元进行, 避免了错误的计算结果。可利用土地面积的数据是根据全国土地资源调查资料得到的 1996 的数据。

3 计算结果

3 1 平均中心及其空间分布

根据公式 (1)、(2) 和相关数据, 计算得到中国几何中心和分别以可利用土地面积、人口总数、GDP 总量为权重的平均中心 (图 1)。

3 2 区域人均 GDP 的全局空间自相关

利用 Anselin 设计的免费软件 GeoDA 计算中国 1978 年至 2000 年的人均 GDP 的空间自相关系数 $Moran's I$ (图 2)。

3 3 局域空间自相关

3 3 1 Moran 散点图 (Moran Scatterplots)

Moran 散点图 (Moran Scatterplots) 用于研究局域空间的异质性, 其横坐标为各单元标准化处理后的属性值, 纵坐标为其空间连接矩阵所决定相邻单元的属性值的平均值 (也经过标准化处理)。在本项研究中, 同样采用 GeoDA 软件计算得到中国人均 GDP 空间分异状态的 Moran 散点图 (图 3)。散点图的四个象限表达了某一点 (区域) 和其周围点 (区域) 四种类型的局域空间联系, 即“高高” (第一象限)、“高低” (第二象限)、“低高” (第三象限) 和“低低” (第四象限)。“高高”表示某一点 (区域) 和其周围点 (区域) 的属性值都较高, “高低”表示某一点 (区域) 的属性值较高, 但其周围点 (区域) 的属性值较低。“低高”与“低低”的意义正好相反。“高高”和“低低”表明具有较高的空间正相关, 提示区域的集聚和相似性。“高低”和“低高”则表示存在较强的空间负相关, 区域具有异质性。例如在 2000 年 Moran 散点图 (图 3) 中, 第一象限的地区为北京、天津、江苏、上海、浙江和福建等六省市, 他们的人均 GDP 水平很高, 并且它们周边地区的人均 GDP 水平也较高, 说明这些地区是经济发展的热点地区。

为更清楚判断每个象限包括的具体省市及其变化, 对主要年份的人均 GDP 做同样分析, 并进一步得到表 1, 可以更清楚看出区域发展格局的时空变化特征。

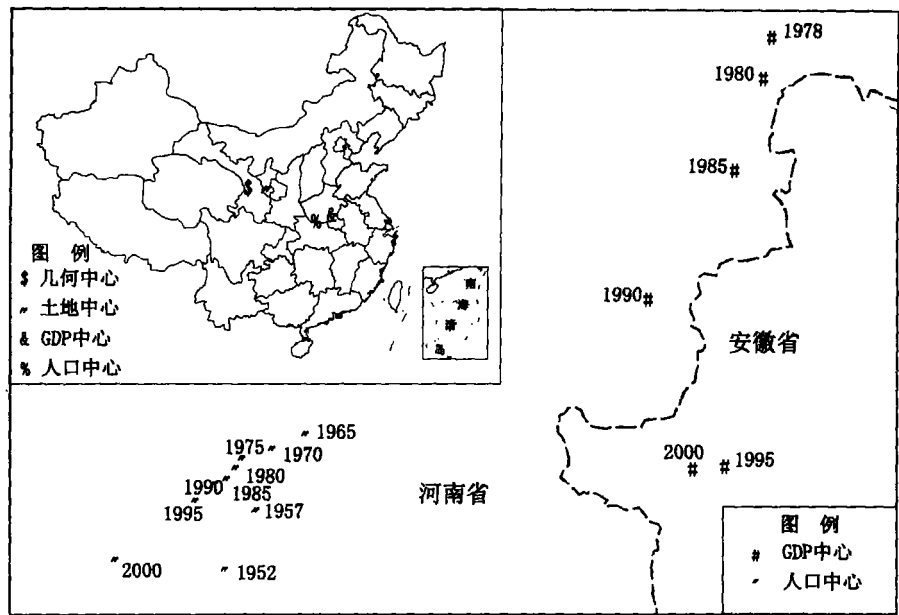
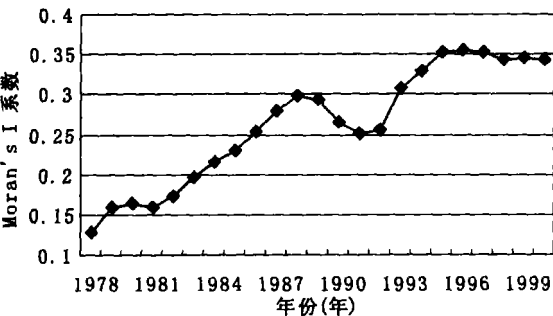


图 1 中国人口和 GDP 总量空间分布中心变化
Fig 1 Shifts of population and GDP mean center in Chinese Mainland



注: 各年度 Moran's I 计算结果均通过 z 检验 ($p \leq 0.05$)

图 2 中国人均 GDP 的空间自相关系数 Moran's I

Fig 2 Moran's I of Per Capita GDP since 1978 in China

Notes: All Moran's I are significant ($p \leq 0.05$)

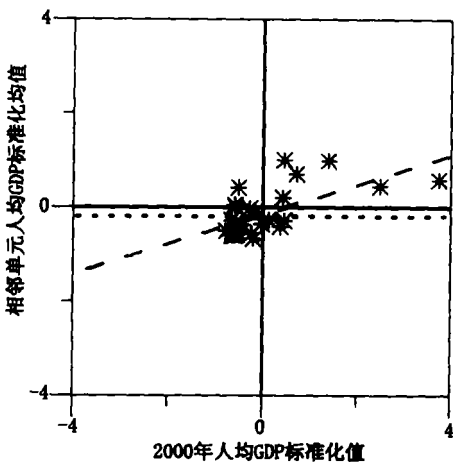


图 3 中国人均 GDP Moran 散点图 (2000 年)

Fig 3 Moran Scatterplots of per capita GDP in China

3.3.2 空间联系局域指标 (LSA)

空间联系局域指标是衡量观测单元属性和

表 1 中国主要年度人均 GDP Moran 散点图变化

Table 1 Changes of the provinces in Moran Scatterplots

1978	1985	1990	1995	2000
高高 北京 天津	北京 天津 江苏 上海 浙江	北京 天津 江苏 上海 浙江	北京 天津 江苏 上海 浙江 福建	北京 天津 江苏 上海 浙江 福建
高低 上海 黑龙江 辽宁	黑龙江 辽宁 广东	黑龙江 辽宁 广东	黑龙江 辽宁 广东 山东	辽宁 广东 山东
低高 吉林 河北 江苏 浙江	吉林 河北	吉林 河北 福建	吉林 河北 安徽 江西 海南	吉林 河北 安徽 江西 海南
低低		其它省、市、自治区 (年际变化相对较小)		

其周边单元的相近 (正相关) 或差异 (负相关) 程度的指标。利用 GeoDA 软件, 计算了中国各省区不同年度的人均 GDP 的 LSA 值, 并且在 z 检验的基础上 ($p \leq 0.05$) 绘制 LSA 分布图 (图 4)。

4 分析与解释

4.1 平均中心与空间分布

本文采用空间分析技术中最简单的方法之一

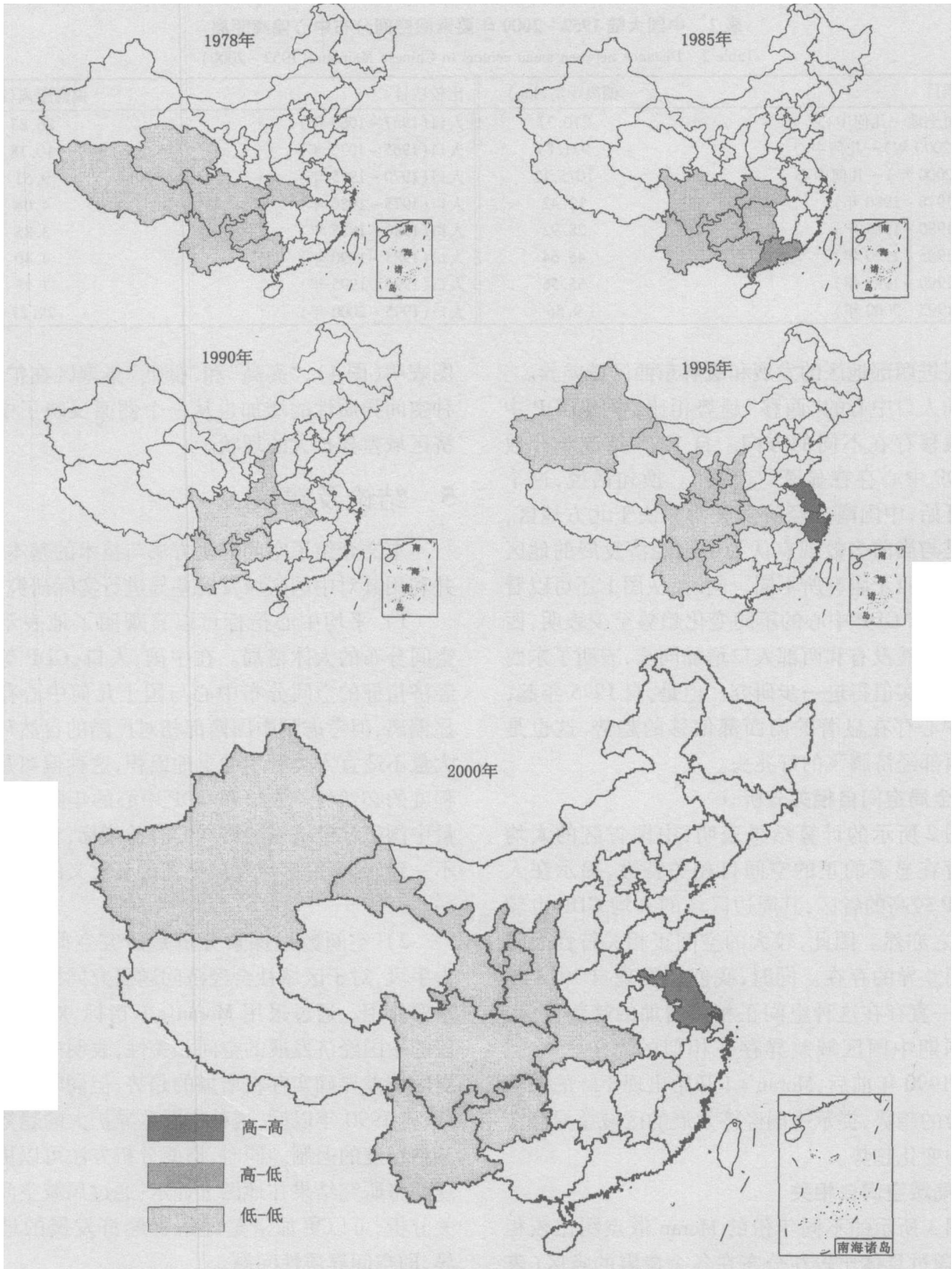


图 4 主要年度中国人均 GDP LISA 集聚图

Fig 4 LISA cluster map of per capita GDP in China

——加权中心分析方法来研究中国主要经济指标的空间分布。计算结果表明,中国省区的人口和 GDP 总量的空间分布中心与中国几何中心和可利用土地分布中心存在显著的偏离(表 2)。这是理解和研究中国区域经济格局的最核心问题。对不

同年度人口和 GDP 中心的变化的分析表明,中国人口中心存在明显的向西部转移的趋势^[31]。一个可能的原因是中国的计划生育政策和其它人口政策,但当我们回顾发达国家如美国的人口中心变化的历史,我们有理由相信人口中心的向西部移动,

表 2 中国大陆 1952~ 2000年要素间空间分布中心偏离距离

Table 2 Distance between mean centers in Chinese Mainland(1952 - 2000)

比较项目	偏离距离 (km)	比较项目	偏离距离 (km)
可利用土地—几何中心	270 37	人口 (1957~ 1965年)	26 83
人口 (2000年)—几何中心	931 84	人口 (1965~ 1970年)	10 38
GDP(2000年)—几何中心	1075 12	人口 (1970~ 1975年)	9 51
GDP(1978 ~ 1980年)	12 42	人口 (1975~ 1980年)	4 08
GDP(1980 ~ 1985年)	28 92	人口 (1980~ 1985年)	3 85
GDP(1985 ~ 1990年)	46 64	人口 (1985~ 1990年)	4 40
GDP(1990 ~ 1995年)	55 56	人口 (1990~ 1995年)	7 25
GDP(1995 ~ 2000年)	9 56	人口 (1995~ 2000年)	29 27

可以促进西部地区的发展和缓解东西区域差异。

和人口中心的“西移”趋势相比,中国 GDP中心的偏移存在不同的方向。自 1978 年改革开放起,GDP中心存在显著“南移”。换句话说,这个阶段开始,中国南方经济发展明显快于北方地区,这也是与当前多数观点认为中国经济发展的地区差异是东西矛盾有所不同。同时,从图 1还可以看出,人口和 GDP中心的不同变化趋势至少表明,西部经济发展没有和西部人口增加同步,表明了东西差异也确实值得进一步研究。但是,自 1995年起,GDP中心存在显著的向西部偏移的趋势,这也是中国西部经济腾飞的好兆头。

4 2 全局空间自相关分析

图 2所示的计算结果表明,中国省区的人均 GDP存在显著的正的空间自相关特性,提示在人均 GDP较高的省区,其周边区域的人均 GDP也较高,反之亦然。因此,较大的空间正相关特性表明了空间差异的存在。同时,我们还发现自 1978 年开始,一直存在这种空间正相关增加的趋势,也表明了同期中国区域差异存在相似的态势^[15]。但是,自 1990年前后, Moran's I开始出现年际的波动和平滑的趋势,提示中国经济发展的区域差异存在同样的变化趋势。

4 3 局域空间自相关

图 3所示的不同年份的 Moran散点图比较相似,但通过具体比较在分布在各个象限的省区(表 2),发现在不同时期的“高高”、“高低”、“低高”象限的省区变化较大,且这些省区主要为东部省份。而“低低”象限的省区主要是中西部省份,且时间变化不明显。此格局和中国区域经济研究中传统的东中西地带考虑相一致不是偶然的。同时, Moran散点图的年际变化较小也表明中国区域经济发展大格局在这个时期变化不大。另外, LISA 分布

图表明(图 4)，“高高”和“低低”集聚区在扩展,这种空间异质性的增加也从一个侧面反映了中国经济区域差异扩大的现状。

5 结论及建议

本文介绍了空间分析方法与技术的基本特点,并利用其对中国区域发展差异进行实际研究。

1) 平均中心指标可以直观明了地表示要素空间分布的大体格局。在中国,人口、GDP等社会经济指标的空间分布中心与国土几何中心存在明显偏离,但考虑到中国西部相对严酷的自然环境和大量不适宜人类利用的土地面积,这种偏离是某种程度的必然性。人口和 GDP中心的年际变化是衡量中国区域经济发展格局的有益指标,它们之间的不一致,是研究区域发展平衡的有意义的着眼点之一。

2) 空间数据探索分析是研究空间现象的有力手段,对于区域社会经济问题研究同样可以发挥重要作用。通过采用 Moran's I指标,对比不同阶段的中国经济发展的空间相关性,表明中国经济发展区域差异确实存在增加的趋势,但同时我们也看到,自 1990年以后,这种空间差异扩大的趋势得到某种程度的遏制。同时,空间分析方法可以更加直观地将研究结果在地图上显示;通过局域空间自相关分析,可以更加清楚地解释经济发展的地区差异,即空间异质性问题。

3) 中国经济发展存在明显的空间正相关性表明,中国各省区间相互联系相互作用非常明显。因此,采用传统统计学方法直接研究区域经济发展问题时,需要考虑到区域作为研究样本事实上的“不独立”特性。采用空间自回归 (Spatial autoregressive SAR)、空间移动平均 (Spatialmoving average SMA)和空间条件自回归 (Conditional autore-

gressive, CAR)模型是一种理想的解决办法。

4) 尽管本文采用空间分析方法对中国区域经济发展差异作了全新的全是,但考虑到所采取的数据主要为省区单元,结果难免会受到影响。采用更为详细的数据(县级),探讨尺度变化效应,将是深化空间分析研究的有益探索。另外一方面,本项研究表明,研究空间(经济)现象,需要发展合理的空间数据模型和方法,在此基础上对中国区域发展的研究,必然提高我们对区域差异本质的把握,这也是有待进一步努力的方向。

参考文献:

- [1] 杨开忠.中国区域发展研究[M].北京:海洋出版社,1989
- [2] 刘树成,李强,薛天栋.中国地区经济发展研究[M].北京:中国统计出版社,1994.14~16
- [3] 胡鞍钢,王绍光,康晓光.中国地区差距报告[M].辽宁:辽宁人民出版社,1995.
- [4] 陈国阶.我国东中西部发展差异原因分析[J].地理科学,1997,17(1):1~7
- [5] 陆大道,刘毅,樊杰,等.1999中国区域发展报告[M].北京:商务印书馆,2000.
- [6] 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):136~143
- [7] Shan J. A macroeconomic model of income disparity in China [J]. International Economic Journal, 2002, 16:47~63
- [8] Ying L G. Understanding China's recent growth experience: a spatial econometric perspective [J]. Annals of Regional Sciences, 2003, 37:613~628
- [9] 任东明.新时期中国区域发展状态的比较研究[J].地理科学,2000,20(2):97~101.
- [10] Kniguan P R. Geography and Trade. Cambridge[M]. MIT Press, 1991.
- [11] Nijkamp P, Poot J. Spatial perspectives on new theories of economic growth [J]. The Annals of Regional Science, 1998, 32(2):7~37.
- [12] Barkley DL, Henry M, Bao S et al. How functional are economic areas: tests for spatial association using GIS based analytic techniques [J]. Papers of Regional Science, 1995, 74, 4:1~19
- [13] 李秀彬.地区发展均衡性的可视化测度[J].地理科学,1999,19(3):254~257.
- [14] Baumont C, Ertur C, Le Gall J. A spatial econometric analysis of geographic spillovers and growth for European regions, 1980~1995[Z]. Working paper 2001-04, LATEC, University of Burgundy, Dijon, France, 2001. <http://ungaro.u-bourgogne.fr/ertur/e2001-04.pdf>
- [15] Rey S. Montouri B. US regional income convergence: a spatial econometric perspective [J]. Regional Studies, 1999, 33:143~1564
- [16] Rey S. Spatial empirics for economic growth and convergence [J]. Geographical Analysis, 2001, 33
- [17] Goodchild M, Anselin L, Applebaum R et al. Towards a spatially integrated social science [J]. International Regional Science Review, 2000, 23:139~159
- [18] 郭仁忠.空间分析[M].高等教育出版社,2001.
- [19] 马虹.地理信息系统空间分析方法及其若干应用[J].干旱区地理,1997,20(3):30~35.
- [20] 王学军.空间分析技术与地理信息系统的结合[J].地理研究,1997,16(3):70~74.
- [21] 柏延臣,李新,冯学智.空间数据分析与空间模型[J].地理研究,1999,18(2):18~190
- [22] 王劲峰,李连发,葛咏,等.地理信息空间分析的理论体系探讨[J].地理学报,2000,55(1):92~103
- [23] Anselin L. The Future of Spatial Analysis in the Social Sciences [J]. Geographic Information Sciences, 1999, 5(2):67~76
- [24] Haining R. Spatial data analysis in social and environmental sciences [M]. Cambridge University Press, 1990.
- [25] Haining R. Spatial Data Analysis: Theory and Practice [M]. Cambridge University Press, 2003.
- [26] Cliff A, Ord J. Spatial Autocorrelation [M]. Pion, London, 1973
- [27] Cliff A, Ord J. Spatial Processes: Models and Applications [M]. Pion, London, 1981
- [28] Anselin L. Spatial Econometrics: Methods and Models [M]. Kluwer, Boston, 1988
- [29] Bailey TC, Gatrell AC. Interactive Spatial Data Analysis [M]. Longman, Harlow, 1995.
- [30] Eneidy JD. Geography and Math: A Technique for Finding Population Centers [J]. Journal of Geography, 1993, 92(1):23~27.
- [31] 徐建华,岳文泽.近20年来中国人口重心与经济重心的演变及其对比分析[J].地理科学,2001,21(5):385~389.
- [32] Haining R, Stephen W. Exploratory Spatial Data Analysis: NC-GIA core curriculum in GIScience [Z]. <http://www.ncgia.ucsb.edu/gisc/unis/u128/u128.htm> posted December 05, 1997
- [33] Anselin L. Interactive techniques and exploratory spatial data analysis [A]. P Longley, M Goodchild, D Maguire and D (eds). Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Application [C]. New York: Wiley, 1998
- [34] Anselin L. Spatial econometrics [A]. Baltagi B (ed). Comparison to Econometrics [C]. Basil Blackwell, Oxford, 2000
- [35] Anselin L. Local indicators of spatial association—LISA [J]. Geographical Analysis, 1995, 27(2):93~115.
- [36] Getis A, Ord JK. The analysis of spatial association by use of distance statistics [J]. Geographical Analysis, 1992, 24(3):189~206
- [37] Ord JK, Getis A. Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application [J]. Geographical Analysis

1995, 27: 286–305

信息科学, 2002, 4(2): 38~44

[38] 刘旭华,王劲峰. 空间权重矩阵的生成方法与实验[J]. 地球

Evaluation of Regional Disparity in China Based on Spatial Analysis

MENG Bin^{1 2 3}, WANG Jin-Feng¹, ZHANG Wen-Zhong¹, LIU Xu-Hua¹

(1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101; 2 College of Arts and Science of Beijing Union University, Beijing 100083; 3 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

Abstract Based on the social-economic data from 1952 to 2000 in China, the question of regional disparity in China was reconsidered by using spatial analysis methods. Spatial analysis needed in social and economic science for the observed spatial values are not independent each other, i.e., (or) they don't follow the same distribution, and (or) there is a trend along different directions. In this paper, the centrophoric statistic was used to estimate basic parameters about the spatial distribution. The geometric center of Chinese Mainland with the centers of arable land area, population and GDP based on provincial level data were compared. The results show that the center of population and GDP had a significant offset with the center of geometry and land use. These are the key to understand the spatial disparity in China. The centers of population have an obviously trend of shift from the east to the west of China Mainland. This may be caused by the family planning and the other policies. But the shifts of the population center will help to improve the development of the west of China. As a comparison with population, the shifts of the center of GDP had a different direction. It moved to south since the 1978 while the opening-up policy was adopted in China. In other words, the south of China had more rapid increase than north since 1978. This is not consistent with the opinion that the disparity of regional economic is great from east to west in China. The different shifts of centers of population and GDP also indicates that the economy of west did not increase with the increasing of population. The shifts of population and GDP centers indicate the change of the social and economic pattern in China. The difference of them also indicates that the imbalance of development in China. The Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA), which based on the computing spatial autocorrelation and spatial heterogeneity, was also used to detect the geographical dynamics of Chinese regional disparity patterns. There are significant positive spatial autocorrelation (Moran's I) of per capita GDP in China. That is, the relatively high (low) developed province tends to be located nearby other high (low) developed provinces more often than expected due to random chance, and then each province should not be viewed as an independent observation. The econometric estimations based on geographical data (i.e. localized data) have to take into account the fact that economic phenomena do not be randomly spatially distributed. We also compared the temporal change of the spatial autocorrelation in China, and found that there is an obviously temporal increase of Moran's I since 1952 to 1995. This means that the disparity is increased in the same periods. But this trend does not keep on since 1990s because we found that the Moran's I soothed with a little fluctuating. Moran's I Scatterplots and LISA (Local Indicators of Spatial Association, LISA) cluster maps were used to test the local pattern of the Chinese economic development. The results of local statistic show that the two types of clusters (High-High and Low-Low) are increasing which means that the heterogeneous is increasing too. And this is the other indicator of the regional disparity in China.

Key words Exploratory Spatial Data Analysis, centrophoric statistics, spatial autocorrelation, regional disparity, China