

我国省级人均 GDP 增量变化的空间特征分析

梁艳平^{1, 2}, 钟耳顺², 朱建军¹

(1. 中南大学信息物理工程学院, 湖南长沙, 410083; 2. 中科院地理信息产业发展中心, 北京, 100101)

摘要: 空间自相关分析是一种空间统计的方法, 可以揭示区域变量的空间结构形态。通过对 1978~1990 年和 1990~2000 年两个时期以来我国省级人均 GDP 增量变化的全局以及局域统计分析, 发现我国人均 GDP 增量变化在整体上呈显著的空间正相关, 而在东、中、西部三个区域则呈现不同的空间关联结构, 这种空间结构形态 20 多年来基本上没有改变, 反而更加增强。这种讨论对于分析我国区域经济发展的空间结构形态以及政策制定具有参考意义。

关键词: 人均 GDP; 空间统计分析; 空间自相关; 空间特征

中图分类号: F129.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2003)03-0355-05

近年来, 许多社会和行为科学的研究开始借助于空间统计分析方法^[1-3], 来探测社会经济现象的空间模式和非常态分布^[4]。Goodchild^[4] 等将空间统计分析技术在社会科学研究中的应用领域分为 7 大类, 即城市研究、商业和社会网络、社会和经济分布的不均衡、环境与气候变迁、健康和疾病、犯罪行为以及社区研究等。空间自相关是用以描述在空间上相互作用现象的一种空间统计方法, 已经广泛地应用于社会经济数据的分析^[4-7]。

人均 GDP 是衡量一个地区经济发展状况的重要指标。据统计, 改革开放 20 多年来, 中国东、中、西部三大地带经济发展的差距有扩大趋势^[8], 这引起全国各界的关注。本文通过对 1978~1990 年和 1990~2000 年两个时期以来我国各省人均 GDP 增量变化的空间相关性分析, 可以发现我国各省经济发展之间的空间相互作用以及各个区域内的空间结构特征。这有助于了解我国 20 多年以来经济发展的空间格局变化, 从而为深层的原因分析以及寻找区域差异的对策提供辅助参考作用。

一、空间自相关及其指标

空间自相关(spatial autocorrelation)是一种空间统计方法, 指同一个变量在不同空间位置上的相关性。许多地理现象由于受到在地域分布上具有连续

性的过程所影响而在空间上具有自相关, 主要包括空间相互作用过程与空间扩散过程^[9]。空间自相关指标能够对变量空间分布的自相关强度进行检验。度量空间自相关性的指标有很多^[10-12], 可以分为全局指标和局域指标两种。全局指标用于验证整个研究区域的空间模式^[10], 而局域指标用于反映一个区域单元上的某种地理现象或某一属性值与邻近区域单元上同一现象或属性值的相关程度^[11, 12]。笔者认为, 对于经济分布的空间结构形态进行分析, 采用全局 Moran's I 系数^[13]和 Local Moran's I (I_i) 系数^[13]比较合适。

(一) 全域空间自相关指标 Moran's I

Moran's I 系数取值在 $[-1, 1]$ 之间。如果 I 为正, 则区域变量在空间分布上呈现正的空间相关性; 为负, 则反之。其公式如下:

$$I = \frac{n \cdot \sum_i \sum_j w_{ij} \cdot (x_i - \bar{x}) \cdot (x_j - \bar{x})}{\sum_i \sum_j w_{ij} \cdot \sum_i (x_i - \bar{x})^2}, \quad \text{其中 } j \neq i \quad (1)$$

式中 n 为研究区域内不规则空间单元的个数, x_i 和 x_j 分别表示某现象 x 或某属性特征 x 在空间地域单元 i 和 j 上的观测值, $\bar{x}$ 是研究对象 x 的平均值, w_{ij} 是空间权重矩阵。空间权重矩阵 w_{ij} 的确定有多种方法^[12]。本文采用距离标准构建, 即对于

收稿日期: 2003-01-23

作者简介: 梁艳平(1976-), 女, 河南南阳人, 中南大学博士研究生, 主要研究方向: 空间统计分析及其与 GIS 的集成研究, GIS 工程项目研究。

给定的距离 d , 当区域 j 和区域 i 之间的距离小于 d 时, 空间权重值 w_{ij} 为 1, 否则为 0。

对于计算结果进行标准化可以更好地判断相关的正负性和显著性^[14]。其标准化形式 $Z(I)$ 采用 Moran's I 的数学期望 $E(I)$ 和方差 $VAR(I)$ 进行计算:

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}} \quad (2)$$

$$E(I) = -\frac{1}{(n-1)} \quad (3)$$

$$VAR(I) = \frac{n^2 w_1 - n w_2 + \frac{3 w_0^2}{w_0(n^2 - 1)}}{w_0(n^2 - 1)} \quad (4)$$

其中 w_0, w_1, w_2 分别为: $w_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}, w_1 = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j (w_{ij} + w_{ji})^2, w_2 = \sum_i (\sum_j w_{ij} + \sum_j w_{ji})^2$ 。

对于近似正态分布假设, 取双侧检验显著性水平为 10%, 可知其临界值为 1.65。如果 $Z(I)$ 大于 1.65, 则存在显著正的空间相关性, 即在给定距离 d 内, 区域变量有趋同的趋势; 如果 $Z(I)$ 小于 -1.65, 则反之, 即区域变量有趋反的趋势。

(二) 局域空间相关性指标 Local Moran's I_i

局域空间相关性指标的计算公式如下:

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

全局统计指标与局域统计指标间存在 $\sum_i I_i = n \cdot I$ 的关系。与全局指标的标准化形式相类似, 我们也可以对局域自相关指标进行标准化。标准化的局域统计指标可以用来进行“热点”判别, 发现区域性空间积聚特征以及全局空间关联中的局域空间背离特征^[13]。

二、省级人均 GDP 增量变化的空间特征

(一) 各省人均 GDP 增量变化的特点

本文采用 1978~1990 年和 1990~2000 年的人均 GDP 增量变化作为研究的区域变量, 涉及到全国 31 个省、市、自治区(台湾、香港、澳门数据暂缺), 共 31 个不规则的空间区域单元。图 1 和图 2 分别为 1978~1990 年和 1990~2000 年两个时段内, 我国各省人均 GDP 增量变化的专题图。

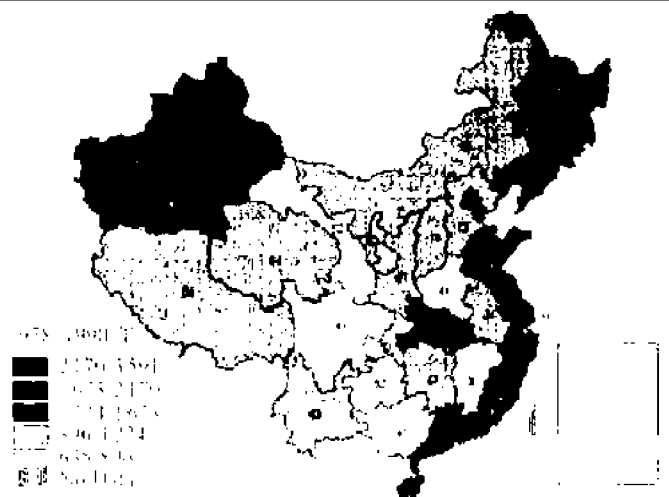


图 1 我国各省人均 GDP 的增量变化(1978~1990 年)



图 2 我国各省人均 GDP 的增量变化(1990~2000 年)

从图 1 可以看出, 在 1990 年以前, 我国各省人均 GDP 增量变化较大的省份主要分布在东部沿海地区。而在中西部内陆地区, 除了湖北和新疆外, 大部分地区的人均 GDP 增量变化处于全国平均水平以下(全国人均 GDP 增量为 1 255 元), 尤其是甘肃、四川、贵州、广西、河南、江西等省明显低于全国的平均水平。

从图 1~2 可以看出, 经过从 1990~2000 年这 10 年的发展, 我国人均 GDP 增量有了大幅度的提高(全国人均 GDP 增量为 5 444 元, 与前 12 年比翻了两番)。东部沿海各省继续保持较高的增长量, 中西部地区除湖北、湖南和新疆外, 大部分地区仍处于全国平均水平以下, 以贵州省为最。

(二) 我国人均 GDP 增量变化的整体空间特征

关于我国省级人均 GDP 增量变化的全局指标计算结果如表 1 所示(采用最大的距离标准)。两个时段内的标准化结果 $Z(I)$ 均大于 1.65, 说明改革开放 20 多年来, 人均 GDP 增量变化在全国范围内具有较好的空间结构性, 存在明显的空间正相关性, 即

人均 GDP 增量大的区域与增长小的区域分别都在空间上呈现一定的积聚性。换言之, 我国整体上具有经济富裕地区与富裕地区邻接、贫困地区与贫困地区邻接的趋势。

表 1 我国各省人均 GDP 增量变化的 Moran's I 值及 $Z(I)$

时段	Moran I	Var Normal(I)	Z Normal I
1978~ 1990 年	0. 095	0. 002	2. 728
1990~ 2000 年	0. 099	0. 002	2. 816

(三) 局域空间特征分析

对我国省级人均 GDP 增量的局域统计分析, 能够揭示出人均 GDP 增量变化在局部区域内的空间结构形态。表 2 为 1978~ 1990 年和 1990~ 2000 年两个时段内各省人均 GDP 增量变化值以及局域统计的标准化结果。图 3 和图 4 分别为这两个时段内

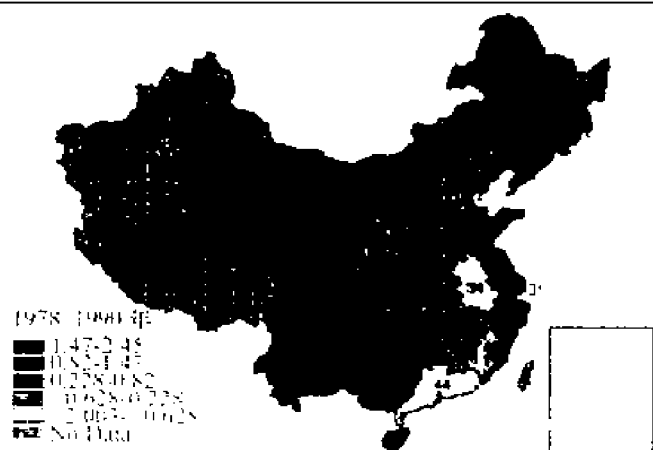
基于标准化 $Z(I_i)$ 值的空间关联图。

从表 2 和图 3 可知, 在 1978~ 1990 年的最初 12 年里, 我国各省人均 GDP 的增量变化在东、中、西三个区域上呈现出两种空间结构形态: 东部沿海地区(广东省除外) 和西部地区呈现明显的空间正相关性, 中部地区则呈现空间负相关性。经过与图 1 比较可以发现, 东部沿海地区人均 GDP 增量变化具有同步高增长的趋势(强强效应), 尤其是上海、江苏、浙江、北京、天津和辽宁一带。西部地区尤其是西南三省以及广西、甘肃等 5 省人均 GDP 的增量变化具有较强的趋同性, 形成一个低增长的空间积聚区域(弱弱效应), 相互之间的空间作用强烈, 对距离较远的西藏、新疆的空间作用则较弱。

对比图 3 和图 4 可以发现, 从 1990~ 2000 年这 10 年里, 全国人均 GDP 的增量变化的基本空间结构形态没有明显变化, 东、中、西部三个区域各自的空

表 2 我国各省人均 GDP 的增量及局域统计的标准化值 $Z(I_i)$ ①

区域	行政代码	名称	1978~ 1990 年		1990~ 2000 年	
			人均 GDP 增量(元)	$Z(I_i)$	人均 GDP 增量(元)	$Z(I_i)$
华北	11	北京	3 591	2. 047	17 579	2. 197
	12	天津	2 101	1. 911	14 732	2. 383
	13	河北	1 011	- 0. 628	6 288	0. 047
	14	山西	1 052	- 0. 358	3 720	- 0. 755
	15	内蒙古	1 161	- 0. 427	4 394	- 0. 488
东北	21	辽宁	1 772	1. 470	8 774	0. 994
	22	吉林	1 365	0. 139	5 101	- 0. 406
	23	黑龙江	1 464	0. 102	6 534	0. 082
华东	31	上海	3 412	2. 450	28 637	3. 791
	32	江苏	1 673	0. 820	9 670	1. 243
	33	浙江	1 791	0. 643	11 339	1. 513
	34	安徽	938	- 0. 744	3 685	- 0. 913
	35	福建	1 490	0. 163	9 838	0. 534
	36	江西	858	0. 125	3 717	- 0. 275
	37	山东	1 499	0. 467	7 740	0. 491
中南	41	河南	859	- 0. 035	4 353	- 0. 212
	42	湖北	1 224	0. 098	5 632	- 0. 045
	43	湖南	942	0. 550	4 411	0. 162
	44	广东	2 170	- 2. 003	10 348	- 0. 745
	45	广西	841	1. 348	3 253	1. 022
	46	海南	1 275	0. 228	5 305	0. 371
西南	50	重庆	770 ^②	1. 902	4 134	1. 029
	51	四川	881	2. 041	3 650	1. 647
	52	贵州	635	2. 295	1 852	1. 840
	53	云南	984	0. 820	3 427	0. 919
	54	西藏	896	0. 125	3 288	0. 503
西北	61	陕西	941	0. 221	3 314	- 0. 105
	62	甘肃	751	1. 894	2 739	1. 503
	63	青海	1130	0. 662	3 529	1. 181
	64	宁夏	1 023	0. 581	3 446	0. 683
	65	新疆	1 486	- 0. 106	5 671	0. 198



1978~1990年,基于 Local Moran's I_i 标准化

图3 我国各省人均 GDP 增量变化的空间相关分析



1990~2000年,基于 Local Moran's I_i 标准化

图4 我国各省人均 GDP 增量变化的空间相关分析

间正负相关性更加显著。东部沿海人均 GDP 增量大的地区趋同性加强,西部人均 GDP 低增长的区域连成一片。以甘肃到海南的直线为界,左边区域经济发展的空间相关性增强,相距较远的西藏、新疆也明显地受到这种空间作用的影响;右边中部地区经济发展的空间负相关性加强,增长量大的省份和增量小的省份在空间上错落分布。同时也可以看出,改革开放 20 多年来,广东省人均 GDP 的增量一直远高于全国平均水平,但与周边区域的经济存在显著的空间负相关性,与之相邻的广西、湖南、江西、福建等省的人均 GDP 增量并没有随之显著变化,形成经济学上的“极化效应”^[15]。

对比图 1~2 和图 3~4 可以发现,采用区域变量的空间自相关分析方法可以清楚地揭示出人均 GDP 增量变化的空间分布模式和空间结构特征,从一个侧面可反映出我国各省经济发展之间的空间相

互作用模式,而纯粹的人均 GDP 增量变化专题图则无法反映这种空间结构特征。

三、结语

本文通过对 1978~1990 年和 1990~2000 年两个时期以来我国省级人均 GDP 增量变化的全局以及局域空间相关性分析,可以得出如下结论: 1) 各省人均 GDP 的增量变化在全国范围内存在显著的空间正相关性,即各省经济发展变化在空间上具有趋同性,这种空间结构在两个时段内没有明显改变。2) 而局域相关分析的结果显示,在全国范围经济发展变化趋同的基础上,各个区域又呈现出不同的特点。东、中、西部地区人均 GDP 增量变化呈现三种不同的空间结构形态,分别为显著的空间正相关(+ +)、空间负相关(+ -, - +) 和空间正相关(- -)。3) 在改革开放的 20 多年里,广东省的人均 GDP 增量一直位居全国前列,但与周边区域的经济存在显著的空间负相关性,形成极强的空间“极化效应”。

空间统计分析的结果与著名国情研究专家胡鞍钢曾提出“一个中国四个世界”^[8]的观点基本相符,但是比纯粹的数据分析更进一步的是,空间统计分析的结果能够揭示出各省经济发展之间的空间相互作用模式。西部地区,尤其是广西、云南、贵州、四川、重庆、甘肃等 6 省市经济发展的趋同性,进一步说明了 1997 年设立重庆直辖市以及 1999 年提出的“西部大开发”战略决策的正确性。设立重庆直辖市实行政策倾斜,形成新的经济增长极,在空间关联性较强的西部地区,有利于充分发挥“扩散效应”,带动周边地区经济的发展。

影响人均 GDP 增长的因素有很多,如供给方面的劳动力、资金、能源等因素,需求方面的消费、投资、出口等因素,针对各省人均 GDP 增长间的空间相互作用模式,深入地分析形成这种空间结构的原因,对于正确的政策决策具有重要作用。在西部大开发如火如荼地进行之际,还应该关注一下影响中部地区经济发展的因素,探讨使广东省的“极化效应”转化为“扩散效应”的对策等。

注释:

① 表中人均 GDP 增量根据《中国妇女发展纲要(1995~2000)》的

终期监测评估报告, 经作者计算得到。

② 重庆市 1978 年的人均 GDP 取与四川省相同的值。

参考文献:

- [1] Anselin L. Spatial econometrics: Methods and models [M]. Boston: Kluwer Academic, 1988.
- [2] Anselin L. Spatial econometrics [A]. In Companion to econometrics [C]. Oxford: Basil Blackwell, 2000.
- [3] Cressie N A. Statistics for spatial data [M]. New York: John Wiley & Sons, 1993.
- [4] Goodchild. Spatially integrated social science [J]. International Regional Science Science Review, 2000, 23(2): 139-159.
- [5] Anselin L. The future of spatial analysis in the social sciences [J]. Geographic Information Sciences, 1999, 5(2): 67-76.
- [6] Can A. Geographic information systems in housing and mortgage finance [J]. Journal of Housing Research 9 (special issue), 1998.
- [7] Liverman D, Moran E, Rindfuss R. People and pixels, linking remote sensing and social science [M]. Washington, D. C.: National Academy Press, 1998.
- [8] 胡鞍钢. 地区与发展: 西部开发新战略 [M]. 北京: 中国计划出版社, 2001.
- [9] Odland J. Spatial autocorrelation [M]. California: Sage Publications, Inc., 1988.
- [10] Roger Bivand. A review of spatial statistical techniques for location studies [EB/OL]. <http://www.nhh.no/geo/gib/gib1998/gib98-3/lund.html>, 1999-05-05.
- [11] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics [J]. Geographical Analysis, 1992, (24): 189-206.
- [12] Getis A, Ord J K. Local spatial statistics: An overview [A]. Spatial Analysis: Modelling In a GIS Environment [C]. John Wiley & Sons, 1996. 261-277.
- [13] Anselin L. Local indicators of spatial association LISA [J]. Geographical Analysis, 1995, 27(2): 93-115.
- [14] Cliff A D, Ord J K. Spatial processes, models and applications [M]. London: Pion, 1981.
- [15] 艾伯特·赫希曼. 经济发展战略 [M]. 北京: 经济科学出版社, 1991.

Spatial feature analysis of increment of GDP per person in provinces of China

LIANG Yan-ping^{1, 2}, ZHONG Er-shun², ZHU Jian-jun¹

(1. School of Infor-physics and Geomatics Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Center of Geographic Information Industrial Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Spatial autocorrelation is one kind of spatial statistics, which is used to disclose the spatial structure of regional variable. The article analyzes the increment of GDP per person in the periods of 1978~ 1990 and 1990 ~ 2000 in each province of China. And by the national and local statistics analysis, the authors find out the increment of GDP per person wholly takes on a significant spatial positive correlation in China, but in three regions of east, central and west, it shows different spatial association structures. Furthermore, this essential spatial structure is not changed, but tends to strengthen by developing more than twenty years. The paper will offer an important reference when analyzing the spatial structure of regional economy and making decision.

Key words: GDP per person; spatial statistics analysis; spatial autocorrelation; spatial feature