

西北城市体系分形研究

郑 国¹, 赵 荣²

(1. 北京大学 环境学院, 北京 100871; 2. 西北大学 国际文化交流学院, 陕西 西安 710069)

摘要:城市是人口和经济的聚集地, 区域城市体系在一定时空条件下具有分形特征, 其分形生长在不同阶段所对应的规模容量和分维数(均衡度)有所不同。以柯尔莫哥诺夫容量维对西北地区城市体系人口和经济的规模容量及分维数进行了测算, 绘制了其年际变化曲线, 最后结合实际对各城市体系的特点和发展态势进行了概括。

关键词:西北地区; 城市体系; 分形

中图分类号: F299.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-274X(2002)06-0687-04

城市体系具有自相似性, 是一个分形体, 城市体系的规模分形结构作为城市体系的一个重要的组织特征, 具有不依赖于人的意志为转移的客观发展规律。本文分别利用城市市区非农业人口和市区国内生产总值作为城市的规模指标, 利用柯尔莫哥诺夫容量维对西北地区城市体系人口和经济两方面的分维数进行了测算, 分析了城市体系的演化态势。

1 分形理论和分维数的测算模型

分形(fractal)理论研究的是自然界和社会活动中广泛存在的表现混乱、不能用常规的方法对其进行描述, 但却在统计上具有组成部分以某种方式与整体相似的自相似性^[1]。应用分形理论刻画自然界中一些不规则、不稳定和具有高度复杂结构的现象, 已经收到了异乎寻常的效果, 深化了对纷繁复杂的地理现象特征及其内在成因机制的认识。

建立在满足克里斯塔勒所假设条件的“理想地表”上的中心地模式是一个典型的经典分形体。但是, 事实上这样的“理想地表”不可能存在, 实际上某一区域的城市体系在统计意义上满足自相似性, 是统计意义上的分形体, 具有分形生长的能力。城市体系的分形生长能力, 根源于自然界生态空间的随机性、奇异性和复杂性, 其动力来自于城市与城市、城市与区域的相互作用。分形体是大自然优化的结果,

分形体可以有效地占据空间。城市体系的分形特征意味着人文地理系统的自组织演化受到某种隐含规则的支配, 具有优化趋向。

分维(fractal dimension)是分形特征的定量描述, 目前人们已经提出了多种分维值的测算方法, 如豪斯道夫维、相似维、关联维、容量维、信息维等。本研究采用柯尔莫哥诺夫容量维(kolmogorov capacity dimension), 其定义为: 对于一个体积为 A 、分维数为 D_{cp} (柯尔莫哥诺夫容量维)的几何对象, 用半径为 r 的小球测度, 所需小球数目为

$$N(r) = (A/C) \cdot r^{-D_{cp}} \propto 1/r^{D_{cp}},$$

这里 C 为结构因子。进行对数变换, 有

$$\ln N(r) = \ln(A/C) - D_{cp} \cdot \ln r^{[2]}.$$

于是可以根据一组测量尺寸 r 和测量结果 N_r 组成的点对序列 (r_i, N_i) 采用一元线性回归方法估计出研究对象的分维值, 并对回归效果进行显著性检验。在城市体系分维数的测算中, $N(r)$ 代表这个体系中第 r 位城市的规模, “ A/C ” 代表城市体系规模结构的最小容量, 即测度单元只有一个选择时的城市规模, 故将 $\ln(A/C)$ 称为城市体系的“容量”指标, 它表征着该城市体系人口或经济规模的发展潜力。 D_{cp} 为该城市体系的维数。

D_{cp} 值的大小是与城市体系所在的区域自然、经济、社会等情况相关的, 它表征了城市规模分布的均衡度。 D_{cp} 的值接近 1, 说明城市体系接近捷夫

收稿日期: 2002-09-15

基金项目: 国家社会科学“九五”规划重点资助项目(96AZS027)

作者简介: 郑 国(1977-), 男, 四川达县人, 北京大学博士生, 从事城市问题的研究。

(G. K Zipf)理想的位序-规模分布状态;Dcp 值大于 1,说明规模分布比较集中,大城市很突出,而中小城市不够发育,首位度高^[3],均衡性较差;Dcp 值小于 1,说明高位次城市规模不很突出,中小城市比较发育,城市规模的均衡性较好。当进行多年对比时,Dcp 值变大,说明城市规模分布趋于集中的力量大于分散的力量,城市规模的均衡性越来越差;Dcp 变

小,则说明分散的力量大于集中的力量,城市规模分布朝着均衡方向发展。城市体系的分形生长在不同阶段所对应的规模容量和分维数(均衡度)有所不同,将 Dcp 的值同容量结合起来分析,可以从城市规模结构的角度的总结出城市体系的一般演化过程,表 1 是维数和容量的不同变化趋势所代表的城市体系的演化状态。

表 1 城市体系的演化状态表

Tab. 1 the evolution state of city system

容 量	Dcp 减小(a)	Dcp 增加(b)
减 小(a)	大城市衰减,小城市的地位相对增强 (低水平均衡)(aa)	城市体系整体衰减,中小城市衰减速度更快, 大城市的地位相对增强(ab)
增 加(b)	城市体系整体发育,但中小城市发育速度更快, 大城市地位相对减弱(高水平均衡)(ba)	城市体系整体发育,但大城市发展速度快于中小城市, 大城市地位相对增强(bb)

2 西北城市体系

西北地区城市体系的发育和演化有其独特的区域背景:属暖温带和温带干旱、半干旱气候,国土面积 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占全国土地总面积的 1/3。该区自然条件较差,高原、山地和荒漠占该区国土面积 80% 以上,绿洲、河谷和平原是经济和人口集中的地方。全区共有人口 8 903 万(1998),少数民族人口占 1/5 左右,矿产资源丰富^[4]。建国以前,西北地区经济技术条件十分薄弱,工农业的生产条件都很差,建国后,尤其是“一五”时期和“三线”建设时期,根据国家生产力布局和国家安全的需要,国家作为投资主体,对西北地区进行资源开发式建设和军工企业的建设,促进了西北地区区域经济和城市的发展^[5]。但是,由于西北地区特殊的自然、区位、历史条件,西北地区经济发展水平仍位居全国后列。这些形成了西北城市体系分形生长的区域背景。

1998 年西北地区有城市 54 座,其中超大城市 1

座,特大城市 2 座,大城市 1 座,中等城市 7 座,小城市 43 座,城市等级结构不尽合理,突出地表现为大城市太少,中等城市不足。这种状况不利于首位城市辐射由高到低的逐级传递,不利于次一级城市所在区域的发展,同时也使首位城市的发展得不到有利的基础支撑。

3 西北城市体系容量和均衡度测算

城市是人口和经济的聚集地,本研究分别选取市区非农业人口和市区国内生产总值(GDP)来作为城市的规模指标,从人口和经济两方面对西北城市体系和西北各省区城市体系的容量和均衡度进行测算。但是,由于城市体系的分形特征是建立在统计意义基础上的,而青海和宁夏两省区的城市数量太少(分别为 3 个和 5 个),因而不对两省区的城市体系的分形特征单独分析。所测算的各城市体系的回归效果均很显著,各城市体系容量和维数见表 2 和表 3,将其在图上表示得图 1—图 4。

表 2 西北城市体系容量

Tab. 2 the capacity of the systems of northwest China

	西 北		陕 西		甘 肃		新 疆	
	人口/万人	GDP/亿元	人口/万人	GDP/亿元	人口/万人	GDP/亿元	人口/万人	GDP/亿元
1989	5.531 4	13.996	4.971 9	13.258	4.373	12.915	4.281 5	12.843
1991	5.56	13.879	5.004 9	13.263	4.422 3	12.971	4.308 8	12.807
1993	5.551 6		5.002 3		4.467 7		4.328 7	
1994	5.567 3	15.021	5.026 2	14.366	4.479 2	13.884	4.342 9	14.137
1995	5.593 8	15.256	5.065	14.552	4.502 5	14.108	4.360 2	14.378
1996	5.598 5	15.401	5.084 1	14.708	4.53	14.275	4.381 5	14.502
1997	5.668 9	15.544	5.130 3	14.915	4.581 9	14.203	4.523 1	
1998	5.690 9	15.705	5.139 3	15.026	4.612 5	14.423	4.563 4	14.612

表 3 西北城市体系维数

Tab. 3 the fractal dimension of the systems of northwest China

	西 北		陕 西		甘 肃		新 疆	
	人口/万人	GDP/亿元	人口/万人	GDP/亿元	人口/万人	GDP/亿元	人口/万人	GDP/亿元
1989	1.034 39	1.096 55	1.308 78	1.311 91	1.153 68	1.161 46	0.968 62	1.158 1
1991	1.025 67	1.033 87	1.295 42	1.269 73	1.148 67	1.206 62	0.955 49	1.116 24
1993	0.994 42		1.230 36		1.138 71		0.926 76	
1994	0.985 61	1.101 47	1.227 79	1.360 37	1.109 64	1.240 02	0.918 74	1.278 87
1995	0.982 5	1.114 32	1.226 34	1.356 86	1.097 68	1.251 23	0.908 9	1.308 42
1996	0.969 67	1.111 83	1.218 81	1.361 68	1.097 63	1.252 45	0.894 87	1.282 15
1997	0.980 85	1.155 84	1.232 74	1.426 95	1.124 98	1.175 77	0.923 56	
1998	0.980 87	1.157 31	1.230 88	1.436 62	1.131 36	1.312 95	0.931 2	1.272 3

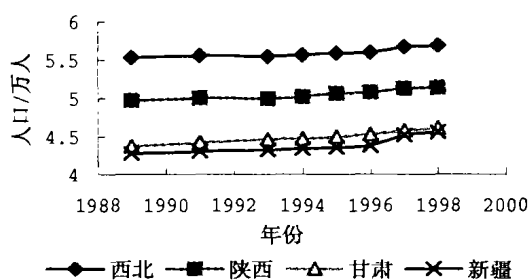


图 1 西北城市人口容量

Fig. 1 The population capacity of the city systems of the northwest China

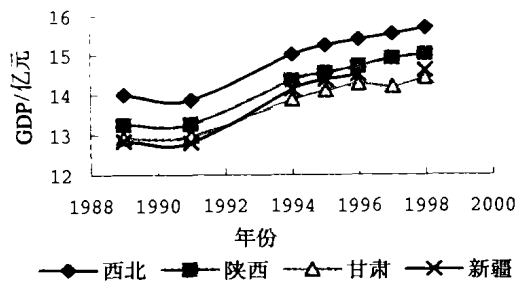


图 2 西北城市 GDP 容量

Fig. 2 The GDP capacity of the city systems of the northwest China

由表 2 和图 1、图 2 可知,西北地区城市体系和各省区城市体系的人口和 GDP 容量自 1989 年以来一直保持着不断上升的趋势。从西北各省区城市体系来看,陕西城市体系的人口容量和经济容量是西北各省区中最高的,甘肃城市体系的人口容量在西北各省区中位居第二,新疆城市体系的人口规模容量略小于甘肃,但经济规模容量已在 1993 年超过甘肃而位居西北第二。

由表 3 和图 3、图 4 可知,1989 年以来各城市体系人口分维数从整体上看呈下降态势,而 GDP 分维数从整体上看呈上升态势。这说明西北城市体系(包

括各省区城市体系)的人口向着均衡化方向发展,而城市经济向着集中化方向发展,特大城市在各城市体系中的地位越发显得重要。到 1998 年,西北各城市体系人口维数由大到小的顺序为:陕西城市体系、甘肃城市体系、西北城市体系和新疆城市体系,城市人口的均衡度为新疆最好,陕西最差;而 GDP 分维数由大到小的顺序为:陕西城市体系、甘肃城市体系、新疆城市体系、西北城市体系;对应的城市体系经济均衡度由好到差的顺序为:西北城市体系、新疆城市体系、甘肃城市体系、陕西城市体系。

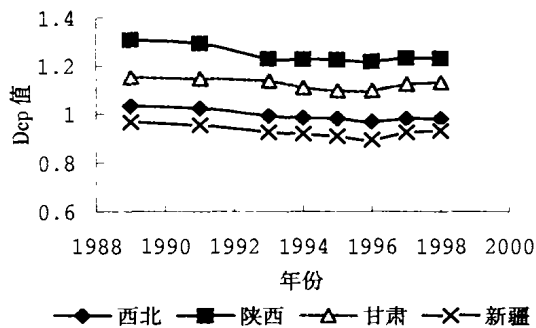


图 3 西北城市人口分维数

Fig. 3 The fractal dimension of population of the city systems of the northwest China

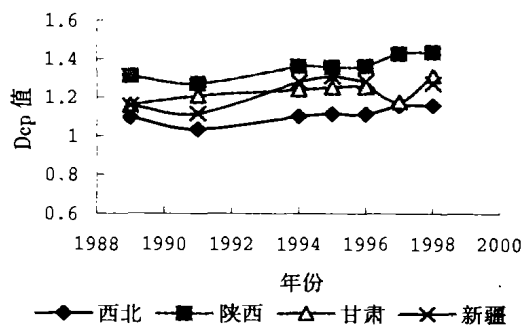


图 4 西北城市 GDP 分维数

Fig. 4 The fractal dimension of GDP of the city systems of the northwest China

从人口的角度看,西北城市体系和西北各省区

城市体系演化均处于 ba 阶段(见表 1),城市体系的人口规模容量不断上升,中小城市的人口在整个城市体系人口中的地位不断升高,特大城市的地位相对减弱。从经济的角度看,城市体系的演化均处于 bb 阶段,城市体系的经济容量有大幅度升高,但特大城市发展速度更快,在城市体系中的经济地位仍然在上升。这一点和沿海经济发达地区的发展态势差异较大,笔者曾对沿海 5 个城市密集地区的城市体系作了分形测算,这 5 个城市体系自 1989 年以来城市体系的经济已朝着均衡化方向发展,一大批中小城市正在迅速崛起。从城市发展阶段来分析,西北城市体系和沿海城市体系的发展水平还存在很大的差距。

4 结 语

城市是非农业人口和现代经济的集聚地,本研究从非农业人口和城市经济两个侧面测算了西北地

区各城市体系的分形特征。两者的结果有较大的差别,这一方面是因为人口和经济的空间变化并非完全一致,总有一些偏差;二是市区非农业人口和城市的实际人口规模尚有较大差距,以市区非农业人口来作为城市的人口规模指标不能准确反映城市体系的人口分形特征,而市区国内生产总值可以较好地反映一个城市的发展水平,能相对更客观地反映城市在经济上的分形特征。

分形理论自创立以来在众多学科里得到广泛应用,促进了不同学科的发展,同时也使其理论本身处于一个不断完善的过程。分形理论为城市体系的研究提供了一个新的理论和方法,通过分形研究可以得到许多有关城市体系的信息,它为我们全面了解和把握城市体系的特点和城市体系的发展演化态势提供了一个新的方法,为正确制定区域城市体系的发展战略提供了科学的依据,为城市地理学的发展提供了一个新的支撑点。

参考文献:

- [1] 张济中. 分形[M]. 北京:清华大学出版社,1995.
- [2] FRANKHOUSER P. Aspects fractals des structures urbaines[J]. *L'Espace Geographique*, 1990, 91(1): 45-69.
- [3] 许学强,周一星,宁越敏. 城市地理学[M]. 北京:高等教育出版社,1997.
- [4] 王 非,赵 荣. 近现代西北城市体系的空间发展及其影响机制分析[J]. *人文地理*, 1999, 14(4): 42-45.
- [5] 何炼成. 历史与希望——西北经济开发的过去、现在与未来[M]. 西安:陕西人民出版社,1997.

(编辑 徐象平)

Fractal research on the city system of northwest China

ZHENG Guo¹, ZHAO Rong²

(1. Institute of Environment, Beijing University, Beijing 100871, China; 2. Department of Urban and Resource, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: The city system of an area has the trait of fractal, and it has different capacity and fractal dimension in different evolution stage. The population and GDP capacity and fractal dimension of the northwest China is calculated by means of Kolmogorov capacity dimension and their annual changing curve is drawn. Finally, The fractal trait and the evolution state of each city system are summarized.

Key words: northwest China; city system; fractal