

中国城市市场强格局演化及空间自相关特征

黄金川¹, 孙贵艳^{1,2}, 闫 梅¹, 刘 涛³, 肖 磊^{1,2}

(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;

3. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871)

摘要: 将城市市场强与空间自相关结合起来, 研究中国 661 个城市辐射场强和城市间的互动关联强度。从场强看, 北京、上海、广州等超大城市辐射作用增长迅速, 已形成全国性的辐射圈层结构; 围绕沿海特大城市及武汉、郑州、重庆、成都等中西部的区域中心城市, 已具备孵化若干区域级城市群的城市化土壤; 在地区尺度范围, 全国大量地区性中心城市所形成的辐射场强, 则培育了都市区发育的城市化土壤。从互动关联强度看, 沿海地区城市间相互作用和互动关联性明显高于内陆地区, 不仅促进了珠三角、长三角、环渤海等超级城市群的日趋成熟, 而且推动辽中南、山东半岛等次级城市群发展壮大。然而, 内陆地区大部分城市目前还处于相对孤立发展状态, 城市间互动关联性较弱, 城市群发育潜力尚未得到真正激发。

关 键 词: 空间自相关; 城市作用场强; 距离摩擦系数; 城市群

文章编号: 1000-0585(2012)08-1355-10

1 引 言

改革开放以来, 我国城市化获得了较大发展, 城市化率从 1978 年的 17.92% 快速提升到 2010 年的 49.68%, 年均增长约 1 个百分点, 成为 30 年来城市化率增速最快的国家之一。尤其是 1990 年以后, 中国城市化增速接近 1.2 个百分点。随着中国城市化进程的加快, 中心城市对周边区域的辐射作用不断加强, 不同城市间的互动依赖关系日益密切, 越来越多的城市群在此过程中不断产生、发展和壮大, 由此引起国家区域发展及其空间格局的不断重构。各级城市在区域内的辐射作用, 既体现为中心城市对周边区域人口与资本等各种要素集聚能力, 也表现为中心城市对外围地区辐射扩散作用, 它既是区域城市化提高的直接动力, 也是城市群发育的潜在土壤。作为认识区域发展结构、测度城市群发育特征的重要工具, 城市辐射作用强度的刻画与城市间互动依赖关系的测度一直是城市地理学研究的重要内容。经典的引力模型在划分城辐射范围以及梳理和归纳区域城镇体系结构方面发挥了重要作用^[1]。早在 19 世纪 80 年代, Ravenstein 就已经采用引力模型测度了城市间的人口迁移强度^[2]; 1929 年, Reilly 通过引力模型研究城市间的零售市场范围, 提出了著名的断裂点公式^[3]; 1970 年代以来, Huff 等利用引力模型对城市与区域的交互作用进行了大量实证研究^[4~7]。城市辐射范围的定性分析最早源于 Christaller 中心地理论^[8], 引力模型使其定量研究掀起热潮, 并产生了许多与城市辐射范围相似的概念, 如城市市场^[9]、城市经济影响区域^[10]、城市经济区^[11,12]、城市吸引范围^[13,14]、城市腹地^[15~17], 等等。实

收稿日期: 2011-08-13; 修订日期: 2011-12-15

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题 (2012BAJ15B01)

作者简介: 黄金川 (1973-), 男, 河南开封人, 副研究员, 博士后, 主要从事城市与区域规划研究。

Email: huangjc@igsnrr.ac.cn

证研究对象的尺度也比较广泛,既有大尺度的国家^[18~22],也有中尺度的区域^[23~26],还有小尺度的地区^[27,28]。关于城市互动依赖关系的测度,最直接的方法就是测度城市间的各种联系流。但是,由于城市流数据普遍难以获取,目前还主要采用引力模型进行间接计算^[29,30]。近年来,由于地统计学方法具有对区域化变量空间分布及其关联性强度测度的功效,在城市人口分布等多个研究领域日渐受到重视^[31],但是在城市间互动关联性的研究还鲜有所见。本文拟将引力场强与空间自相关两种方法结合起来,强化空间自相关模型对城市空间互动关联强度的测度功效,在动态考察 1990~2005 年间中国城市的辐射作用场强格局基础上,进一步分析城市间的互动关联特征,进而辨识中国区域空间结构演变趋势。

2 研究方法

2.1 数据来源

以中国 2005 年 661 个县级以上城市为样本(暂不包括港澳台)。用城市非农产业 GDP(90 年不变价)来反映城市规模,时间截面取 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年,有关数据分别取自 1991 年、1996 年、2001 年和 2006 年的《中国城市统计年鉴》。地级以上城市采用的统计范围为市区,县级市采用的为市域,其非农业产值基本反映城市实体地域的经济规模,误差不影响宏观格局的分析。另外,城市间的距离、城市到区域的距离均取直线距离,并借助 GIS 在全国最新版县级行政区划矢量图上直接量算。需要说明,为了减小城市中心点间空间距离在距离较近时的计算误差,从我国城市间距的实际情况出发,设置了城市间最小空间距离为 20km 的纠错门槛,一旦图面量算的城市间距离小于 20km,则计算机就自动取其最小空间距离。

2.2 城市作用场强

类比物理学中的经典万有引力,地理学提出了引力模型,用来研究城市与区域的空间相互作用。城市作用场强作为引力概念的延伸,主要用于描述一定区域范围内某一点受周围城市辐射作用的强弱,即某地区的城市作用场强是区域内所有城市对该地区辐射作用的总和,计算公式为^[4]:

$$E_j = \sum_{i=1}^{661} \frac{M_i}{r_{ij}^b} \quad (1)$$

式中, E_j 为区域内 j 点受所有城市作用的场强。根据城市作用场强值的大小,将全国按照受城市辐射作用的大小划分为高强度、中高强度、中强度、中低强度和低强度等五类地区; M_i 为城市 i 的规模,通常用城市人口数量或经济总量反映,本文采用的是城市非农业产值数据,因此所得城市作用场强应能间接反映区域内城市之间相互联系的强度; r_{ij} 为区域内 j 点到城市 i 的距离; b 为距离摩擦系数,反映城市作用场强相对于距离的敏感程度,取常数。 b 值越小,表示城市作用场强对距离越不敏感,而对城市规模越敏感,所获得的城市场强图主要反映高等级或规模较大城市的区域辐射作用,反之亦反。因此,利用距离摩擦系数可以划分中国城市体系的空间层域^[28]。本文将全国城市划分为国家级、区域级、地区级三个等级,并通过 b 的不同取值(1、2、3),反映各级城市的场强格局。

2.3 空间自相关

Tobler 曾指出,任何东西与别的东西之间都是相关的,但近处的东西比远处的东西相关性更强,这就是地理学第一定律^[29]。区域内城市之间受空间相互作用和空间扩散的影响,彼此之间可能不再相互独立,而是相关的。地统计学提出了对这种区域化变量相关

强度度量的统计量,使得地理学第一定律有了定量化研究的手段。由于空间自相关统计量能够刻画一些变量在同一个分布区内的观测数据之间潜在的相互依赖性 or 联系的紧密性,所以在研究区域内城市间空间联系强度方面有重要应用价值,成为区域城市体系空间结构研究的重要方法^[33~36]。本文采用局部自相关指数 (Local Moran's I) 衡量区域内城市的空间联系特征,计算公式为^[37]:

$$I_i = \frac{(X_i - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2} \sum_j W_{ij} (X_j - \bar{X}) \quad (2)$$

式中, I_i 为城市 i 的局部自相关值, x_i 、 x_j 代表城市 i 、 j 的规模; w_{ij} 为空间距离权重矩阵 W 的元素, $(X_i - \bar{X})$ 值代表该城市 i 的规模与邻近区域内所有城市平均规模的差距。 I 值的正负号代表自相关类型,绝对值代表自相关强度。 I_i 值越大,说明局部区域内城市间的空间关联越强,反之则反。

空间距离权重 W_{ij} 是空间自相关统计量的关键参数,本文确定其计算公式为:

$$W_{ij} = 1/r_{ij}^b \quad (3)$$

其中, r_{ij} 为城市 j 到城市 i 的距离 (不考虑 r_{ii} 的情形); b 为距离摩擦系数,能间接反映城市联系邻域范围的大小。

根据城市自身规模及其与邻域城市的联系强度,将所有城市分为四类:一是城市自身规模大,与周边城市联系紧密的高一高类城市 (龙头城市);二是城市自身规模大,但与周边城市联系较弱的高一低类城市 (孤岛城市);三是城市自身规模虽小,但与周边大城市联系紧密的低一高类城市 (龙尾城市);四是城市规模小,且与邻域城市缺乏联系的低一低类城市 (孤点城市)。龙头城市与龙尾城市密集的区域,城市群发育程度比较高,而孤岛城市和孤点城市密集的区域,城市群发育程度比较低。从加强城市间联系,推动区域城市化健康发展的角度,积极促进孤岛城市和孤点城市分别向龙头城市和龙尾城市转变。

3 中国城市市场强的空间格局

3.1 国家级城市的场强空间格局

根据城市作用场强公式,距离摩擦系数 $b=1$,得到主要反映国家级城市辐射作用的场强空间格局 (图 1)。结果显示:2005 年国家级城市的场强为以沿海三大城市群为核心的圈层结构,从三大城市群到内地的城市市场强逐渐降低;河北、山东、河南、安徽、江浙以及湖北的东部地区是我国人口密集区,也是中高城市市场强的大片连绵地区,而华南地区只有珠三角局部城市的场强较大,原因在于华南一级城市广州、深圳经济规模弱于北京、上海,且缺少能与天津、济南、郑州规模相当的二级城市,尤其是江西、福建处于国家级城市辐射作用的薄弱地带;辽宁、山西、江西、两湖、福建以及广西东部地区属于城市市场强的中等强度地带,而大部分西部地区以及东北的黑龙江、吉林的城市市场强强度较弱;东北和西部地区存在个别城市市场强的较高强度区,但只局限在特大城市周边范围;海南虽处东部沿海,但因距离北京、上海等超大城市较远,城市市场强也处于较低层次。

2000 年以前,中国基本被国家级城市的中低和低辐射强度区所覆盖,尤其在 1990 年,几乎所有地区国家级城市的辐射场强都比较低。这说明国家级城市功能不断升级、辐射范围迅速扩大,使得 2005 年宁夏地区所受国家级城市的辐射强度比 2000 年浙江地区所受国家级城市的场强还要大。

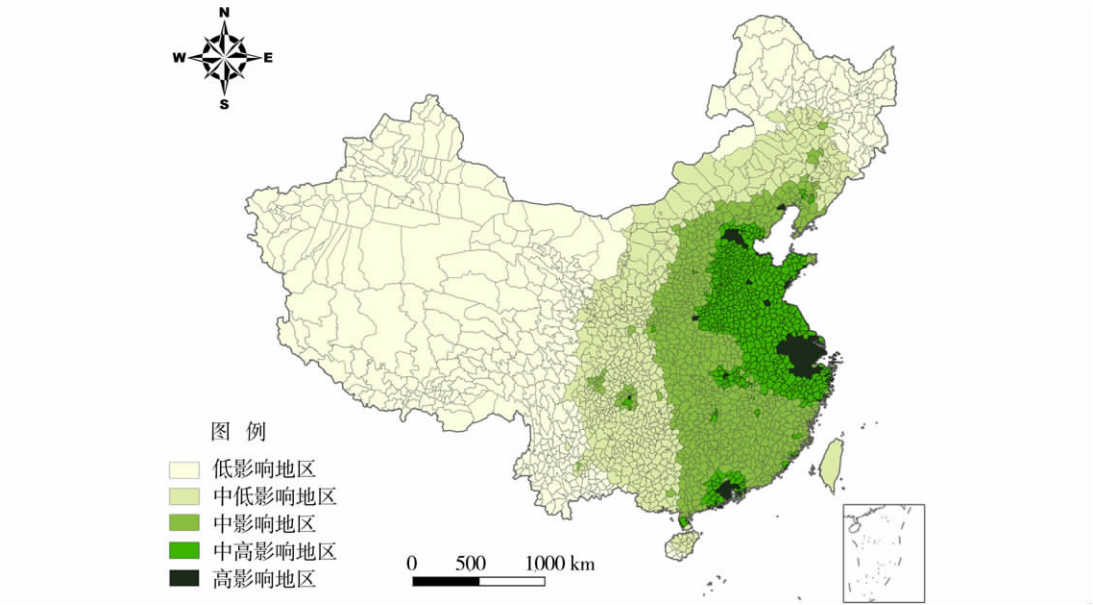


图 1 2005 年中国的国家级城市市场强格局图

Fig. 1 Pattern of city influences on national scale in China in 2005

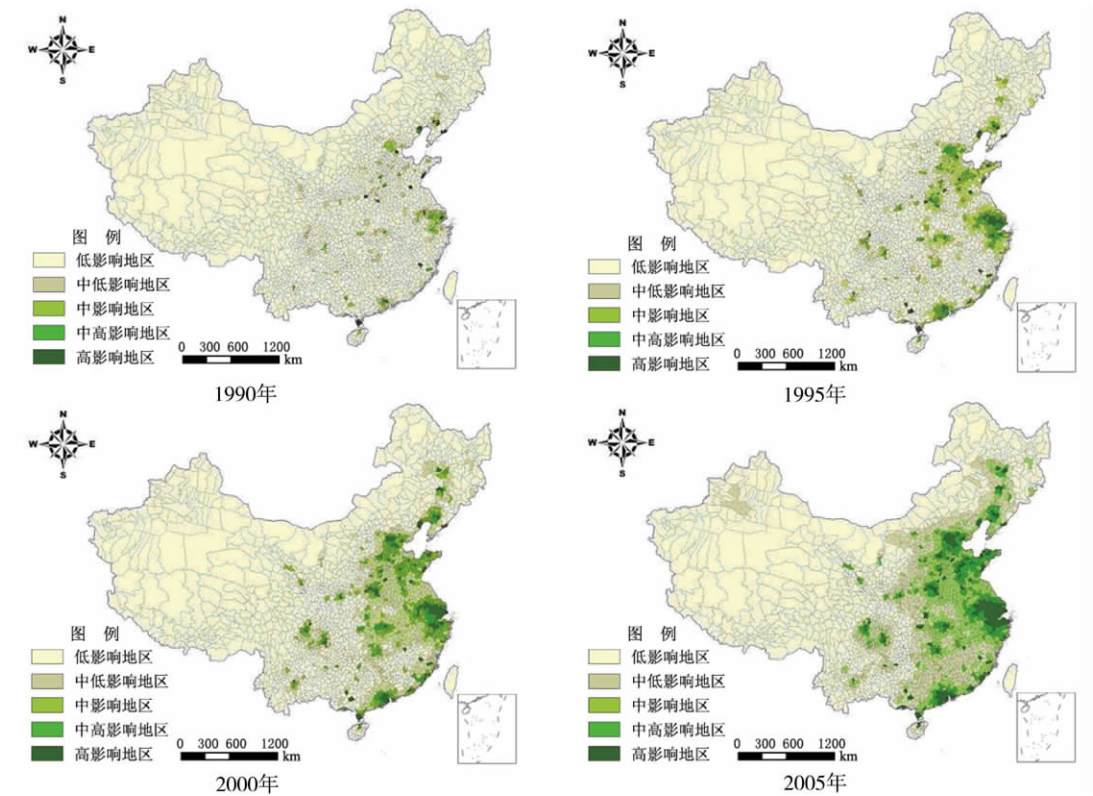


图 2 1990-2005 年中国的区域级城市市场强格局时空演化图

Fig. 2 Evolution of city influences on regional scale in China from 1990 to 2005

3.2 区域级城市的场强空间格局

距离摩擦系数 $b=2$ ，得到主要反映区域级城市辐射作用的场强空间格局（图 2，2005 年）。结果显示：沿海三大城市群依然是城市市场强的高强度区；京津、山东、江苏、上海、浙江北部存在局部连绵的城市市场强中高强度区，而苏北和鲁西北地区的城市市场强强度一般；成都、重庆、长沙、武汉、郑州、南宁、西安、沈阳、长春、哈尔滨等区域中心城市的辐射作用开始显现，在其周围已经形成辐射圈层；东北地区的哈尔滨—长春—沈阳附近分别形成城市辐射中等强度区，且具有连绵趋势；中部地区的长沙、郑州、武汉和西南地区的重庆、成都等城市周围密集了较高的辐射强度区，已具备发展城市群的城市化条件，其中，武汉和长沙、成都和重庆均呈现双核城市群的结构；福建西部、苏北、河北南部、广西及海南等沿海地区的城市辐射场强却比较低，城市群的发育条件明显较弱。

从区域级城市辐射作用的演化过程来看（图 2）：1990 年全国绝大多数地区城市市场强较低，但沿海地区的三大城市群已初露端倪；1995 年沿海三大城市群见雏形，已形成城市辐射的圈层结构，同时京津、山东、长三角地区也出现了城市市场强中等强度的连绵区，次级中心城市的辐射作用开始明显。到 2000 年，次级中心城市的辐射作用更加显著，成都、重庆、武汉、长沙、西安、郑州、哈尔滨、长春、沈阳等地区出现了较明显的城市辐射的圈层结构，具备了次级城市群发育的区域城市化条件。到 2005 年，全国城市化整体格局已经形成，各级城市群发育的框架显现，并呈现不断深化的趋势。

3.3 地区级城市的场强空间格局

距离摩擦系数 $b=3$ ，得到主要反映地区级城市辐射作用的场强空间格局（图 3，2005 年）。结果显示：超大城市的全国性辐射作用圈层结构消失，而围绕沿海大型城市群和内地特大城市城市辐射中高强度区相对显著；沿海各大城市群内的地区级城市辐射强度十分明显，但其作用范围均局限在有限范围内，使得同处沿海地区的苏北、苏中、安徽、浙江西南、鲁西南、河北东南部的城市辐射作用较弱；成都、武汉、重庆、郑州、长沙等次级中心城市对周边出现大范围空间连续的城市辐射中等以上强度区，并呈现地区范围的辐射圈层结构，成渝、中原、武汉、长株潭等城市群和东北地区围绕三个省会城市的都市区发育也日渐明朗；昆明、贵阳、太原、兰州、南宁、乌鲁木齐、洛阳等城市的辐射作用在地区小范围内呈现出来，在全国范围形成了 30 多处形态清晰的城市辐射中高强度区。

从地区级城市辐射作用的演化过程来看（图 3）：随着时间推移，各城市对周边地域的辐射作用日益加强，逐渐在全国形成了以各级中心城市为核心的城市辐射圈层结构。1990 年只有京津冀、长三角和珠三角出现连绵的城市辐射中等强度区，大部分地区的城市辐射强度都很薄弱。到 1995 年，围绕京津、长三角、珠三角、成都—重庆、济南—青岛、郑州、武汉、哈尔滨、吉林、沈阳等城市出现辐射作用的圈层结构。到 2000 年，形成围绕长三角、珠三角、京津冀、山东半岛、辽中南、长株潭、成渝、武汉、关中、沈阳、长春、哈尔滨、昆明以及若干二线城市的城市辐射高强度区。到 2005 年，这种格局进一步强化，沿海、中部和东北地区的开始形成空间连续的城市辐射中高级以上强度区。

4 中国城市间互动关联的空间格局

根据式（2）和式（3），将距离摩擦系数 b 分别取值 1、2 和 3，得到全国、区域和地区三个地域范围内各城市间的空间自相关值，反映不同空间尺度城市间的相互关联强度。

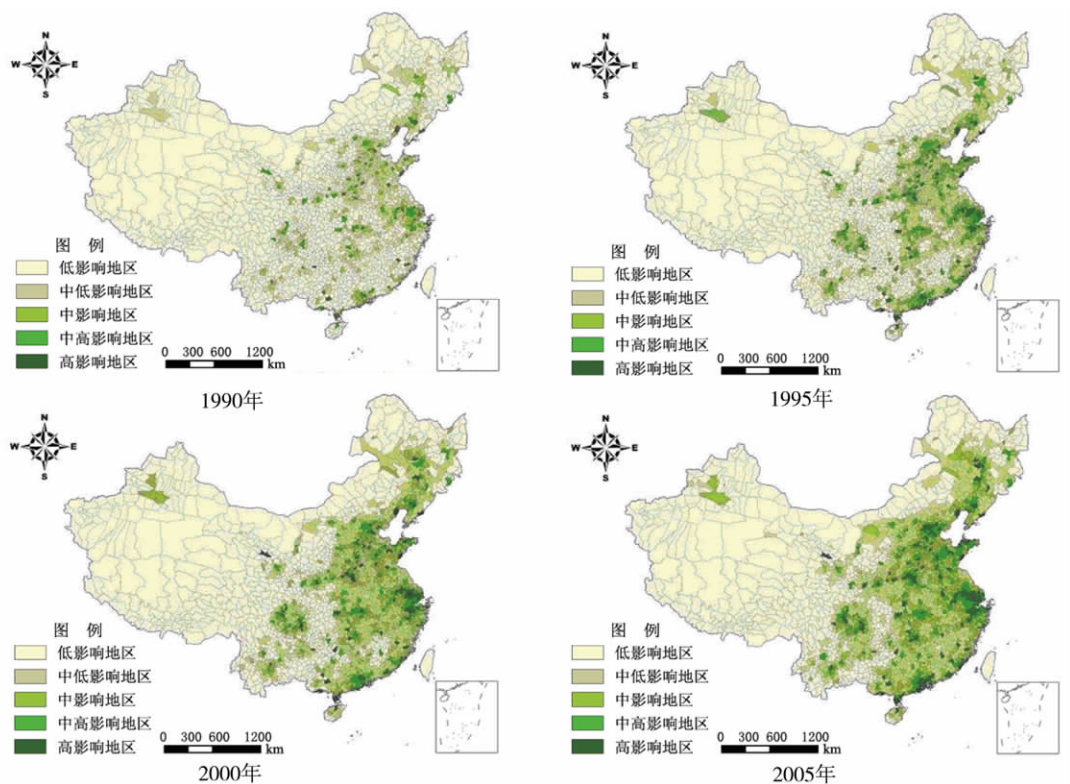


图 3 1990-2005 年中国的地区级城市市场强格局时空演化图

Fig. 3 Evolution of city influences on local scale in China from 1990 to 2005

4.1 全国尺度城市间互动关联的空间格局

距离摩擦系数 $b=1$, 得到全国尺度上城市联系的空间格局 (图 4)。结果显示: 东部沿海地区, 尤其是长三角、珠三角、京津冀、山东半岛、辽中南等地区, 城市间相互联系紧密, 是龙头城市和龙尾城市的主要集聚区, 城市群发育程度较高; 长三角、珠三角和山东半岛等三个城市群的龙头城市密集, 呈现区域发展的多核特征; 海南和广西虽为沿海省份, 但除了海口、南宁、柳州三个孤岛城市之外, 其余均为孤点城市, 区域内的城市间联系较弱; 内陆地区分布着大量的孤岛城市和孤点城市, 城市间的互动关联十分微弱。

4.2 区域尺度城市间互动关联的空间格局

距离摩擦系数 $b=2$, 得到省际区域尺度上城市联系的空间格局 (图 5)。结果显示: 长三角、山东半岛、京津冀、珠三角、辽中南等沿海地区城市间相互联系的空间格局与全国尺度基本类似, 龙首和龙尾类型的城市密集, 城市间彼此联系作用较强; 福建西部、辽宁北部在区域尺度上城市间联系强度明显弱于全国尺度上的城市联系强度, 表明这一地区虽能接收到距离较远的高级城市功能辐射, 却难以获得相应的区域级城市的功能辐射; 海南和广西的孤点城市较多, 说明大量中小城市相对孤立发展, 区域级的大城市对该地区的带动能力有限; 中西部的特大城市多属于孤岛城市类型, 如武汉、成都、重庆、长沙、郑州、昆明等, 但是在其周围出现一些龙尾城市, 这说明在省际区域尺度上, 这些特大城市对周边地区以单向带动为主, 而这些特大城市与邻近大城市互动关联有限, 大城市之间尚

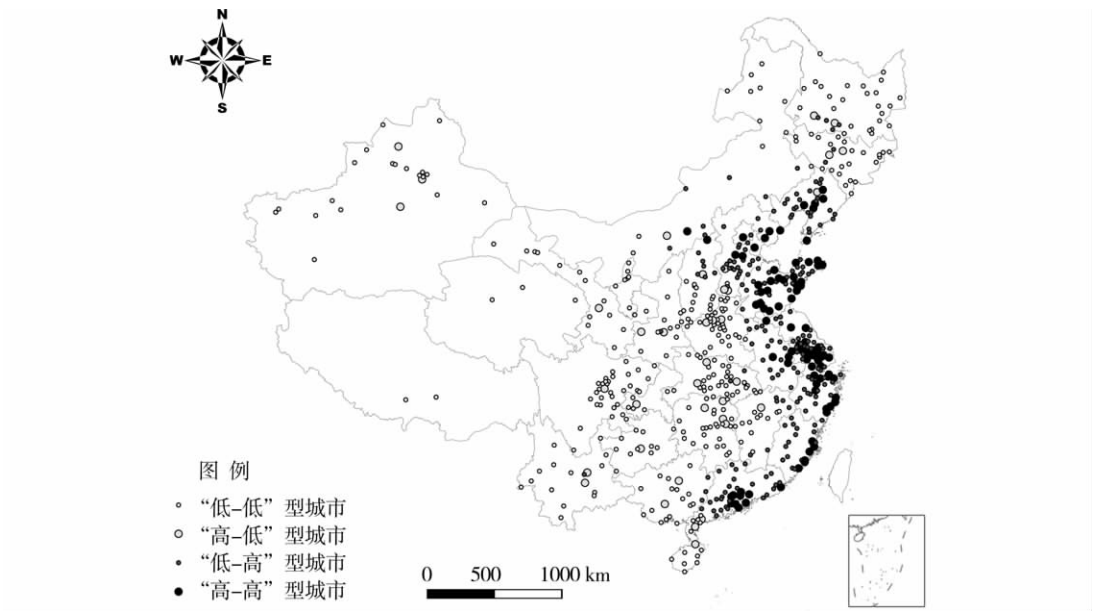


图 4 2005 年全国尺度的城市空间自相关格局

Fig 4 Pattern of spatial autocorrelation among cities on national scale in 2005

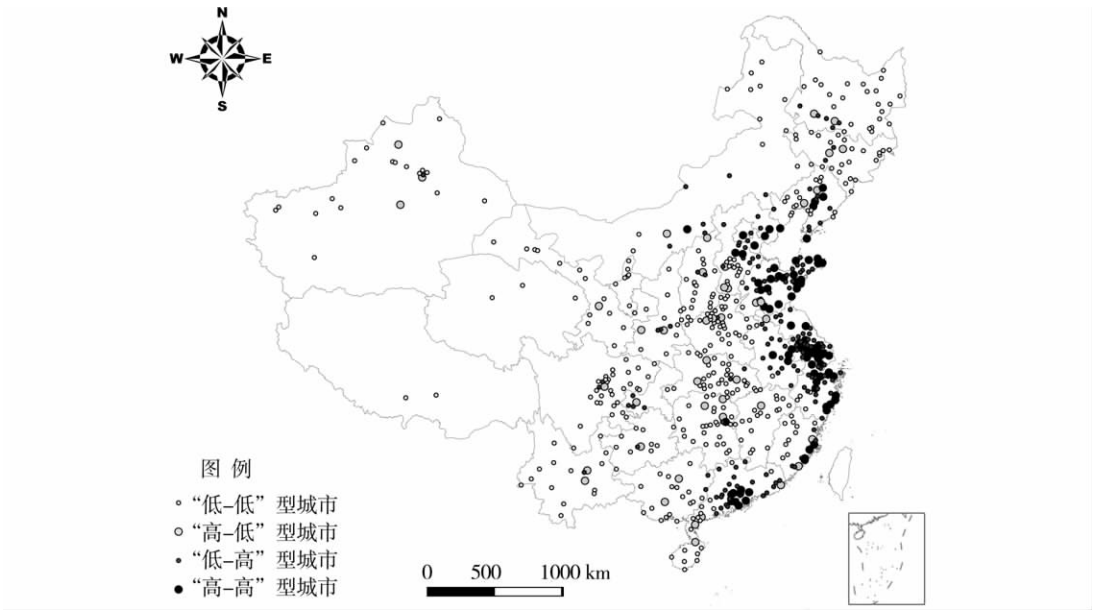


图 5 2005 年中国区域尺度的城市空间自相关格局

Fig 5 Pattern of spatial autocorrelation among cities on regional scale in 2005

处于独立发展状态。

4.3 地区尺度城市间互动关联的空间格局

距离摩擦系数 $b=3$ ，得到地区小尺度上城市联系的空间格局（图 6）。结果显示：沿

海地区邻近城市的联系程度明显高于内陆地区,内陆地区仅在少数特大城市周边存在较强的城市间联系;京津冀、山东半岛、长三角、珠三角等地区的城市间联系仍然显著,表明在地区尺度上,沿海各大城市群内的城市联系依然十分突出;河南、河北、山东、江苏等省份的省际交界处出现较多孤点城市,说明在地区尺度上,沿海各大城市对苏北、冀南等地的辐射带动不足;相对于较大尺度的城市联系格局,东部沿海地区的龙头和龙尾城市变少,而且分布更加分散,然而内陆特大城市,如昆明、长沙、成都、重庆、兰州、郑州、西安、太原等,附近均有距离较近的小城市由孤点城市转为龙尾城市,说明这些城市与区域级龙头城市的联系较弱,但与地区级城市的联系较强;在地区尺度上,内陆地区很少有龙头城市,说明西部地区城市之间的互动即使在地区层面仍然很弱。

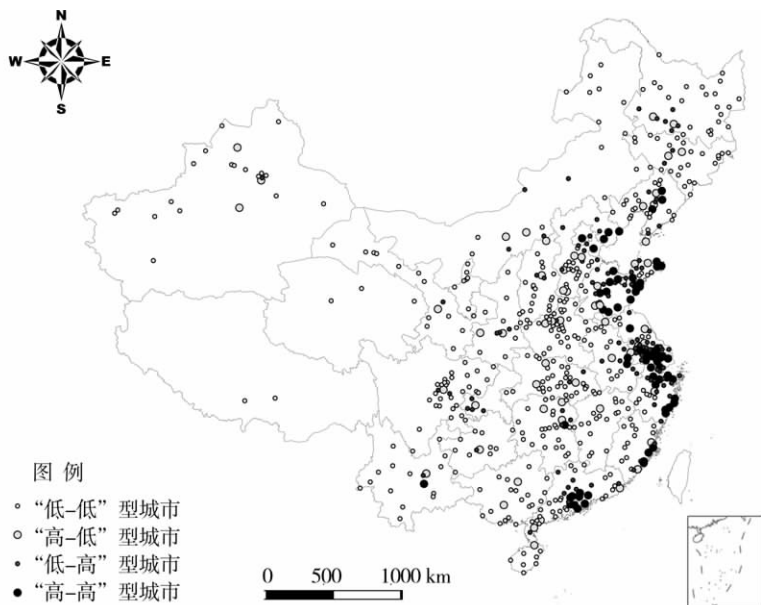


图6 2005年中国地区尺度的城市空间自相关格局

Fig 6 Pattern of spatial autocorrelation among cities on local scale in 2005

5 结论与探讨

借助城市辐射场强和空间自相关模型,本文根据距离摩擦系数的不同取值,分析了全国661个城市辐射场强格局的动态演化和城市间互动关联的特征。主要结论如下:

(1) 随着全国城市化水平的提高,城市辐射场强的分层圈层格局形成并不断强化,奠定了全国城市群发育的基本框架。北京、上海、广州、深圳等超大城市决定了国家级市场强的全国性圈层结构,为长三角、京津冀、珠三角等三个超级城市群的成熟提供了框架;沿海特大城市以及武汉、郑州、重庆、成都、沈阳、长春、哈尔滨等内地城市具有较强区域辐射作用,形成了若干个区域性圈层结构,为辽中南、山东半岛、武汉、中原、成渝等城市群的开发奠定了区域格局;西安、洛阳、昆明、南宁、兰州、太原等城市具有较强的地区辐射作用,与沿海特大城市一起,在全国形成了区域发展的基本结构。

(2) 沿海与内陆地区的城市化存在显著差异。沿海地区无论是城市辐射作用场强,还是城市间互动关联度均高于内陆,尤其是长三角、珠三角、京津冀、山东半岛、辽中南

等地区,大中小城市联系紧密,城市辐射作用较强,是龙头城市和龙尾城市的主要集聚区,处于整合发展的良性状态。内陆仅在特大城市附近有较高的城市辐射强度,而且各大城市间相互孤立发展,绝大多数城市受邻近城市的带动有限,城市群的发育相对迟缓。

(3) 苏北、鲁西南、冀东南、皖北地区受国家级城市的辐射强度相对较强,但受区域级和地区级城市的辐射强度较弱,而中西部特大城市周边地区则完全相反;广西和海南虽为沿海地区,但受各等级城市的辐射场强均比较弱。

将引力模型的距离摩擦系数引入空间自相关模型,使其具有了分析城市空间互动关联的意义。但是受篇幅所限,本文未就城市空间自相关统计量的正负性在区域城市间互动发展中的极化或溢出特性深入探讨,也没有对距离摩擦系数 b 值大小对邻域范围大小的刻画功效做过多讨论,这些方面有必要在本文基础上做进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 周一星. 城市地理学. 北京: 商务印书馆, 2003.
- [2] Ravenstein E G. The laws of migration. *Journal of the Statistical Society*, 1885, 48(2): 198~199.
- [3] Reilly W J. Methods for the study of retail relationship. *University of Texas Bulletin*, 1929, 2944: 29~44.
- [4] David L Huff. The delineation of a national system of planning regions on the basis of urban spheres of influence. *Regional Studies*, 1973, 7: 323~329.
- [5] David L Huff, James M Lutz. Ireland's urban system. *Economic Geography*, 1979, 55(3): 196~212.
- [6] David L Huff, James M Lutz. Urban spheres of influence in Ghana. *The Journal of Developing Areas*, 1989, 23: 201~220.
- [7] David L Huff, James M Lutz. Change and continuity in the Irish urban system. 1966~81. *Urban Studies*, 1995, 32(1): 155~173.
- [8] Christaller W. Central places in Southern Germany (translated by C. W. Baskin). Englewood Cliff, NJ: Prentice Hall, 1966.
- [9] Friedmann J, Miller J. The urban field. *Journal of the American Institute of Planners*, 1965, 31(4): 312~319.
- [10] 陈田. 我国城市经济影响区域系统的初步分析. *地理学报*, 1987, 42(4): 308~318.
- [11] 周一星, 张莉. 改革开放条件下的中国城市经济区. *地理学报*, 2003, 58(2): 271~284.
- [12] 顾朝林. 中国城市经济区划分的初步研究. *地理学报*, 1991, 46(2): 129~141.
- [13] 隆国强. 确定城市吸引范围方法的进一步探讨. *城市问题*, 1988, (1): 12~16.
- [14] 王新生, 郭庆胜, 姜友华. 一种用于界定经济客体空间影响范围的方法——Voronoi 图. *地理研究*, 2000, 19(3): 311~315.
- [15] 陈联, 蔡小峰. 城市腹地理论及腹地划分方法研究. *经济地理*, 2005, 25(5): 629~631.
- [16] 周一星, 张莉. 中国大陆口岸城市外向型腹地研究. *地理科学*, 2001, 21(6): 481~487.
- [17] 张莉, 陆玉麒, 赵元正. 基于使劲可达性的城市吸引范围的划分——以长江三角洲为例. *地理研究*, 2009, 28(3): 803~816.
- [18] Abler R, Adams J, Gould P. *Spatial Organization: The Geographer's View of the World*. Englewood Cliff, NJ: Prentice Hall, 1971.
- [19] 李震, 顾朝林, 姚士谋. 当代中国城镇体系地域空间结构类型定量研究. *地理科学*, 2006, 26(5): 544~550.
- [20] 梁书民, 白石. 中国城市影响域的空间格局研究. *城市发展研究*, 2007, 14(6): 15~20.
- [21] 周一星, 胡智勇. 从航空运输看中国城市体系的空间网络结构. *地理研究*, 2002, 21(3): 276~286.
- [22] 顾朝林, 庞海峰. 基于重力模型的中国城市体系空间联系与层域划分. *地理研究*, 2008, 27(1): 1~12.
- [23] 李平华, 陆玉麒, 于波. 20 世纪 90 年代江苏省中心城市的增长模式和集聚扩散特征研究. *人文地理*, 2005, 20(3): 49~53.
- [24] 薛东前, 姚士谋. 关中城市群的功能联系与结构优化. *经济地理*, 2000, 20(6): 52~55.
- [25] 刘承良, 余瑞林, 熊剑平, 等. 武汉都市圈经济联系的空间结构. *地理研究*, 2007, 26(1): 197~209.
- [26] Kaolers J. *Human Geography: Spatial Design in World Society*. New York: McGraw-Hill, 1974.
- [27] 孔凡娥, 周春山. 广州城市腹地划分及变化研究. *城市发展研究*, 2006, 13(4): 7~12.

- [28] 顾朝林, 刘志红. 济南城市经济影响区的划分. 地理科学, 1992, 12(1): 15~26.
- [29] Tobler W. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 1970, 46(2): 234~240.
- [30] 王欣, 吴殿廷, 王红强. 城市间经济联系的定量计算. 区域与城市, 2006, (3): 55~59.
- [31] 罗守贵, 金芙蓉, 黄融. 上海都市圈城市间经济流测度. 经济地理, 2010, 30(1): 80~86.
- [32] 杜国明, 张树文, 张有全. 城市人口分布的空间自相关分析. 地理研究, 2007, 26(2): 383~390.
- [33] 王德, 郭洁. 沪宁杭地区城市影响腹地的划分及其动态变化研究. 城市规划汇刊, 2003, (6): 6~11.
- [34] 胡序威, 周一星, 顾朝林. 中国沿海城镇密集地区空间集聚与扩散研究. 北京: 科学出版社, 2000.
- [35] 陈刚强, 李郁, 许学强. 中国城市人口的空间集聚特征与规律分析. 地理学报, 2008, 63(10): 1045~1054.
- [36] 马荣华, 顾朝林, 蒲英霞, 等. 苏南沿江城镇扩展的空间模式及其测度. 地理学报, 2007, 62(10): 1011~1022.
- [37] Goodchild M, Haining R, Wise S. Integrating GIS and spatial data analysis: Problems and possibilities. *Geographical Information Systems*, 1992, 6(5): 407~423.

The spatio-temporal evolution of urban field strength and pattern of autocorrelation among cities in China

HUANG Jin-chuan¹, SUN Gui-yan^{1,2}, YAN Mei¹, LIU Tao³, XIAO Lei^{1,2}

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

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

3. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: According to GDP (without agriculture) data of all the 661 cities in China, this paper integrates the methods of spatial autocorrelation and urban field strength, and analyzes the space-time evolution of urban field strength and spatial autocorrelation. It is concluded that huge cities such as Beijing and Shanghai, have formed the circle structure of urban influence on the whole country. More mega cities have regional-wide influence, such as Wuhan, Zhengzhou, Chongqing and Chengdu. Many big cities only have local-wide influence, and are forming a multi-center structure. Cities in coastal areas have much greater influences than those in inland areas. Besides, there are significant connections and interactions among cities in large megalopolises. The largest three megalopolises or urban agglomerations, i. e., Pearl River Delta, Yangtze River Delta and Beijing-Tianjin-Hebei region, have developed rapidly. The regional patterns of urban agglomerations, such as southern Liaoning and Shandong Peninsula, have already emerged. However, there are weaker correlations among the cities in inland areas which are in independent status. Although the patterns of influence of cities in China varied slowly, great changes have taken place. With the booming economy, the regions affected by urban expansion have accelerated the development of related urban agglomerations.

Key words: spatial autocorrelation; urban field strength; distance friction coefficient; urban agglomeration