

基于边际 K 函数的长三角地区城市群经济空间划分

葛莹¹, John Miron², 蒲英霞³, 赵慧慧¹, 李云婷¹

(1. 河海大学地球科学与工程学院, 南京 210098; 2. 多伦多大学地理系, 加拿大 多伦多 M1C1A4;
3. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210023)

摘要: 基于空间点模式分析的Ripley's K 函数, 结合微观经济学的边际分析法, 通过集聚度和边际集聚两个指标, 从理论上探索城市群集聚效应的定量测度方法, 提出一种城市群的经济空间划分方法。本文的不同在于, 多尺度估算城市的集聚度和边际集聚, 以城市的边际集聚极值点时的城市区域布局模式为最优, 据此划分城市群的经济空间, 并以长江三角洲地区为例, 对本文提出的方法进行实证。研究结果表明: ① 城市的集聚度估计显示, 长三角地区2010年城市空间布局为随机分布型, 但随着观测尺度的增加, 城市的集聚度呈快速上升趋势。② 边际集聚估计揭示, 当城市区位和城市规模的集聚尺度分别为173 km和185 km时, 城市区位或规模的集聚效应达到峰值, 此时长三角地区城市空间布局出现最优模式。③ 空间聚类分析展示, 在城市区域布局的最优空间模式下, 长三角地区呈现“中心—外围”的经济空间结构, 高集聚度子群是区域经济发展中心, 全部位于上海经济辐射圈, 而低集聚度子群是外围欠发达地区, 全部位于区际行政边界, 暗示边际负效应仍阻碍着地区内外人员的往来。

关键词: 经济空间划分; Ripley's K 函数; 边际分析法; 城市群; 长江三角洲地区

DOI: 10.11821/dlxb201504002

1 引言

近年来, 经济全球化加快了长三角地区城市化进程, 城市体系的空间结构发生了巨大变化, 最为突出的是城市群的涌现^[1]。城市群对区域经济增长具有重要作用, 它的出现源于追求集聚效应的城市在空间上聚集。这种集聚效应的好处是, 城市群具有共享基础设施、知识溢出和劳动力市场等正的外部性, 提高了群聚区域内各城市的竞争力, 从而促进城市群的发展和壮大^[2]。正因为如此, 目前城市群研究已成为国内外学者关注的热点^[3]。根据方创琳城市群文献综述^[4], 关于城市群地域范围的识别研究, 主要围绕城市群范围识别^[5-6]和城市群空间范围^[7-9]两个方面展开。

城市群是指不同性质、类型和等级规模的城市在特定地域范围内的空间集聚^[10]。在城市群内部, 城市的空间集聚程度各不相同, 由此引致城市集聚效应强度的差异。从城市经济学和新经济地理学角度看^[11-12], 当城市的空间集聚达到一定程度时, 城市“拥挤成本”产生的负外部效应正好抵消城市集聚效应产生的正外部效应, 于是城市在空间上便由聚集走向分散。这两类外部效应会对区域经济增长施加影响力, 改变着城市群的经济空间结构, 所以探讨城市群的经济空间划分势必要测算城市的空间集聚程度, 以下简称城市的集聚度。

收稿日期: 2014-08-25; 修订日期: 2015-01-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071347) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41071347]

作者简介: 葛莹(1963-), 女, 浙江省慈溪县人, 博士, 教授, 中国地理学会会员(S110009069M), 主要从事产业集聚、空间统计学及GIS等研究。E-mail: geying@hhu.edu.cn

在城市的集聚度测算方面,Getis运用Ripley's K 函数估算了1970年美国芝加哥城市内部的人口集聚度^[13]。许学强和叶嘉安采用最近邻分析法估算城市的集聚度,以检验1978年中国城镇区位是否属于集聚型分布^[14]。顾朝林采用空间点模式分析,通过随机分布模型计算中国各省区1985年城市的集聚度,据此识别城市群^[15]。Ioannides和Overman运用非参数核密度法估计美国1900-1990年期间城市的集聚度^[16]。杨国安和甘国辉利用最近邻距离和空间自相关等定量方法,对中国1985年和2001年城镇体系的空间结构进行分析^[17]。李震等沿用顾朝林的思路,在考察中国城市区位集聚度的同时,还引入城市规模变量来探讨城镇体系地域空间结构的划分,只不过作者利用牛顿力学方程改进了随机分布模型来识别2002年中国的城市群^[18]。Wong和Lee采用点模式分析方法对美国俄亥俄州城市空间分布模式进行全方位探索^[19]。王丽等通过市场潜力模型测算城市作用程度,再通过聚类分析识别2009年中国的城市群^[9]。汤放华等借助引力模型结合社会网络分析方法对长江中游城市群经济网络进行测度,以此识别城市群的凝聚子群^[20]。李佳洺等采用城市基尼指数和首位城市集聚度两种方法对城市集聚程度进行估算和分析^[21]。从已有文献来看,以城市的集聚度为指标,采取空间点模式分析来探讨城市群的经济空间结构研究尚不多见。

城市的集聚效应对城市群的经济空间划分有着不可忽视的影响力,然而目前城市的集聚度估计差异却很大。更深入分析后发现,这些研究有两方面的问题值得进一步探讨:一是测度指标的选取,即采用何种指标考察城市的集聚度大小,是选择单一尺度的指标,还是多尺度的指标来划分城市群的经济空间;二是集聚尺度的确定,集聚效应是距离函数,在地域空间上具有一定的影响范围,如何确定城市集聚度的临界点,进而划分城市群的经济空间值得研究。

就空间点模式分析而言,多数传统方法只提供单一观测尺度的统计量,很少有多尺度统计量的测定,所以鲜有研究关注到城市聚集会同时产生正、负两种截然相反的外部性。前者增强城市的集聚效应,而后者却减弱城市的集聚效应。当边际上这两种外部性正好抵消时,城市的集聚效应强度达到峰值,此时城市区域布局的空间模式最优。换言之,随着城市间距离的增加,城市的边际集聚先增强后减弱,暗示城市的边际集聚存在极值点^[22]。因此,仅将目光停留在单一或有限空间尺度来讨论城市的集聚度,很难发现城市群的最优经济空间结构,需要以多尺度指标为基础的全域性视角来考察城市的集聚度。

本文将以城市的集聚度和边际集聚为指标,通过空间点模式分析方法的应用,多尺度地考察城市的集聚效应,探索城市区域布局的空间集聚特征与城市群的经济空间划分间的关系。我们认为,如果城市的边际集聚存在极值点的话,就一定会在城市区域格局的检验中显现出来。本文的贡献在于提出一种城市集聚效应的定量测度方法,并以长三角地区城市群为例,利用中国2010年人口普查分县资料,全域和局域考察相结合,在引入城市规模的异质性基础上,多尺度地估算城市的集聚度,并找出城市的边际集聚极值点,据此划分城市集聚效应的空间影响范围,识别长三角城市群的经济空间结构,有针对性地研究区城市群的发展做出评价和比较。

2 数据来源及其处理

所选样本是长三角地区(即上海市、江苏省和浙江省)县级及其以上城市。从中国现有的统计资料来看,《中国城市统计年鉴》对地级市分别列出“地区”和“市区”两

项,而“地区”包括市区和下辖县、县级市。因此,本文所指的城市是直辖市、省会城市和地级市的市区及其下辖县、县级市,共计135个样本。与所选样本相对应,采用市区非农人口数作为城市规模的度量,数据来源是公开出版的《中国2010年人口普查分县资料》^[23],以及长三角地区各省(市)2010年《统计年鉴》^[24-26]。

在《国务院关于调整城市规模划分标准的通知》^[27]上,以城区常住人口为统计口径,中国城市分类如下:①超大城市(1000万以上);②特大城市(500~1000万);③I型大城市(300~500万);④II型大城市(100~300万);⑤中等城市(50~100万);⑥I型小城市(20~50万);⑦II型小城市(20万以下)。若按此标准来算,在2010年长三角地区135座县级及以上城市中,超大城市1座,特大城市2座,I型大城市1座,II型大城市13座,中等城市29座,I型小城市63座和II型小城市26座。在城市人口分布上,全区超大城市人口占城市总人口的比重为19.9%,特大城市为10.8%,I型大城市为3.3%,II型大城市为21.4%,100万人以下的城市只占全区城市人口的比重不足45%。至今,长三角地区已形成包括超大城市、特大城市、大城市、中等城市、中小城市和小城市在内的较为完整的城市体系。

在详细论述本文提出的方法之前,先对假设做简单的说明。利用GIS工具,将每一个城市无论其规模大小,在图上被标识为一个点,依据城市政府驻地采集区位坐标。为了反映城市人口规模对城市地域空间结构的影响程度,将城市规模作为点状要素的属性参与估计。长三角地区行政边界矢量数据来自1:400万中国基础地理信息数据。

3 城市群空间模式的分析

3.1 城市的集聚度测定

集聚效应是一种无形变量,无法直接进行测度,引入集聚度作为城市集聚效应的间接度量指标,一般可通过Ripley's K 函数^[28-29]测算城市的区位分布来获得城市的集聚度^[30]。在本文中,关于Ripley's K 函数形式,主要参考《Perspectives on Spatial Data Analysis》^[31]一书。该函数形式的不同之处在于:①通过将城市人口规模纳入函数可以考虑各城市的异质性;②通过从函数中去除研究区面积变量来解决 K 函数失真的问题。

假设在特定地域范围内有 N 个城市,且每个城市的人口规模分别为 x_i ($i = 1, 2, \dots, N$),采用 d 个空间尺度来衡量城市的集聚度。Ripley's K 函数形式是:

$$K(d) = \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i \neq j} x_j(d)}{\left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2 - \sum_{i=1}^N (x_i)^2} \quad (1)$$

式中: $x_j(d)$ 表示城市 j 位于以城市 i 为圆心,以 d 为半径的邻域内人口规模; x_i 、 x_j 分别表示城市 i 和城市 j 的规模, $i \neq j$ 表示任何城市的集聚效应不能预测自身。

Ripley's K 函数是一种全域统计指标,度量城市 j 选址在以城市 i 为圆心,距离 d 为半径的圆内的概率,能反映不同空间尺度上城市的集聚度的整体变化趋势,能够度量地理上邻近的其他城市的人口规模对某一城市吸引人口流入的影响程度,也可以认为是度量了一种城市的集聚效应。若令 $x_i = 1$ ($i = 1, 2, \dots, N$),则式(1)简化为:

$$K(d) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{i \neq j} I(d_{ij})}{N(N-1)}; I(d_{ij}) = \begin{cases} 1 & d_{ij} \leq d \\ 0 & d_{ij} > d \end{cases} \quad (2)$$

式中参数解释同式(1)。该公式能度量城市区位的集聚度,说明在特定地域范围内城市

区位的空间分布格局。本文采用蒙特卡洛法判断式(1)和式(2)的显著性^[32]。通过模拟运算,在给定显著性水平下,得到 K 函数置信区间的上下限,也称之为包络线。总的来说,若 K 函数曲线位于包络线上方,则表示城市分布在空间上显著集聚。 K 函数值越大,城市的集聚度越强。反之,若 K 函数曲线位于包络线下方,则表示城市分布在空间上显著分散。 K 函数值越小,城市的分散度越强,而城市的集聚度越弱。仅当 K 函数曲线位于包络线内,则城市分布在空间上随机分布。

为了考察长三角地区城市的集聚度,以研究区域为边界,以每个城市区位为圆心,以10 km为起始距离,以10 km为一个观测单位,不断增加距离尺度,直到观测尺度达到300 km为止。在给定显著性水平1%下,每个尺度模拟1000次,利用式(1)和式(2)得到 K 函数观测值及其显著性。为简单起见,将空间尺度缩小100 km来讨论 K 函数值与空间尺度 d 之间的关系(图1)。

由图1可知,在所有观测尺度上, K 函数曲线全部位于包络线范围内。但随着空间尺度的增加, K 函数曲线上升速度明显加快。这表明,从集聚度的总体趋势来看,长三角地区无论是城市区位还是城市规模的空间格局均属于随机型分布,但城市的集聚度呈上升趋势。空间尺度越大,则城市的集聚现象越明显。比较图1a和图1b,城市规模的集聚度略大于城市区位的集聚度,表明城市规模对城市的集聚效应具有正向影响力。

进一步观察后发现,城市在小尺度上趋向于随机分布,而在大尺度上逐步趋向于集聚分布。这从一个侧面反映了当前中国城市化政策——“行政区划兼并”的影响。自2000年以来,为了壮大中心城市、培育区域经济,许多地区进行了“撤县(市)设区”的区划调整,绝大多数发生在长三角地区^[33]。这种都市区治理政策的实施,扩大了中心城市的发展空间,同时减少了周边县(市)的数量。另一方面,改革开放以来,长三角地区形成了以上海为经济核心的多中心城市群^[34]。无论是从数值还是从趋势上判断,长三角地区城市空间分布格局呈现“小随机、大集聚”的局面。

3.2 集聚尺度的确定

由式(1)和式(2)可知,集聚度指标揭示了在特定地域范围内城市分布的一种总体变化趋势。仔细分析图1后发现,在10 km和300 km距离间,虽然 K 值持续增加,但增幅却在减少。根据城市经济学理论,当 K 值增幅为0时,城市的单位集聚度取得极大值,此时城市地域空间模式最优^[35]。究竟如何求取这个极大值呢?本文尝试引入新古典

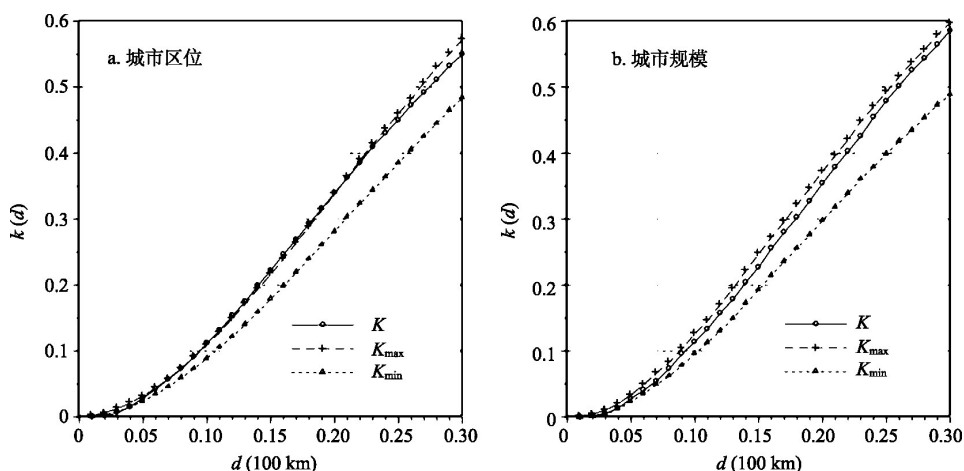
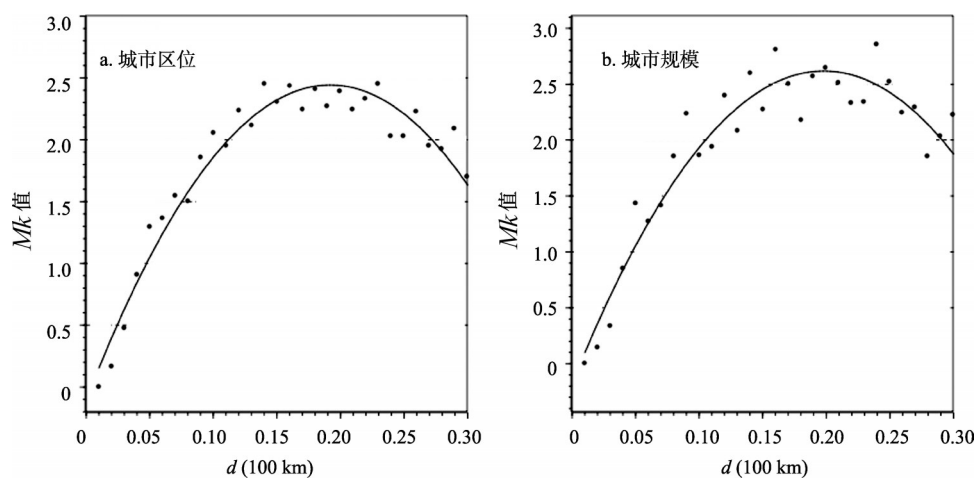


图1 2010年长三角地区城市分布的 K 函数曲线

Fig. 1 K function curve of urban distribution for the Yangtze River Delta in 2010

图2 空间尺度 d 和边际集聚 MK 的关系Fig. 2 Relations between spatial scale d and marginal agglomeration MK

经济学的边际分析法解决该问题^[36]。

再构造一个指标——边际集聚，度量城市的边际集聚的差异，指的是城市的集聚度随空间尺度变化而变化的程度，即空间尺度变化一个距离单位，城市集聚的平均程度因此而改变的量。边际集聚 MK_i ($i = 1, 2, \dots, N$) 定义如下：

$$MK_i = \frac{(K_i - K_{i-1})}{(d_i - d_{i-1})} \quad (3)$$

式中： K_i 表示空间尺度 d_i 下估计的 K 函数值，且令 $K_1 = 0$ 。由此可知， d 、 K 和 MK 都是离散的观测值。

如同图1，也将空间尺度缩小100 km来讨论城市的边际集聚差异与空间尺度间的关系（图2）。在图2中，离散点表示不同尺度下城市的边际集聚值，实线表示对边际集聚离散点的曲线拟合。通过图2a和2b可以清楚地看到，在长三角地区，城市边际集聚 MK 与空间尺度 d 呈非线性相关，且曲线向下。空间尺度从10 km增加到300 km，城市的边际集聚首先随着空间尺度的增加而急剧上升，在达到峰值之后缓慢下降，空间尺度与边际集聚的关系呈倒U型变化。因此，对于具有凸的边际集聚的城市空间分布，一定会存在在边际集聚的最优值。

微观经济学中一般采用边际分析法解决最优化问题。在利用边际分析法解决最优化问题时，首先用连续函数对离散数列进行曲线拟合。本文选取两种常用的二次多项式（模型1）和三次多项式（模型2）进行曲线拟合。多项式模型如下：

$$MK_i = A_0 + A_1 d_i + A_2 d_i^2 + A_3 d_i^3 \quad (4)$$

式中： A_0 、 A_1 、 A_2 和 A_3 为待定参数。借助 Stata 软件对城市区位和城市规模数据进行非线性最优拟合，得到回归结果（表1）。

比较两个模型的判定系数和调整的判定系数，无论是城市区位还是城市规模，边际集聚曲线的三次多项式拟合效果更好，且待定参数全部显著，于是得到最优回归方程分别为：

$$MK_i = -0.411 + 37.518d_i - 156.154d_i^2 + 186.956d_i^3 \quad (5)$$

以及

$$MK_i = -0.459 + 38.356d_i - 151.618d_i^2 + 172.726d_i^3 \quad (6)$$

上述模型为曲线回归，说明边际集聚 MK 与空间尺度 d 存在高度的正相关性。

在本文中, 利用边际分析法求取上述函数在边际点上的极值, 研究城市边际集聚在某一空间尺度上递增或递减变动的规律, 这种边际点的函数值就是极大值或极小值, 边际点的空间尺度是作出判断并加以取舍的城市的集聚度的最大值。在本文中, 对于上述两个拟合曲线, 分别可求得 $d \approx 173$ km 和 $d \approx 185$ km 时, MK 的边际值为零, 也就是 MK 取得最优值, 即在空间尺度 d 约为 173 km 或 185 km 处, 城市的边际集聚最大, 分别等于 2.365 和 2.541。

同时, 也看到当 $d < 173$ km 或 $d < 185$ km 时, 空间尺度很小的变化可大幅提高城市的集聚度, 但增加的幅度随着空间尺度的增加而减缓, 城市集聚的正外部性仍大于负外部性; 而当 $d > 173$ km 或 $d > 185$ km 时, 空间尺度很小的变化却大幅降低城市的集聚度, 减少的幅度随着空间尺度的增加而减缓, 城市集聚的负外部性已经超出正外部性。也就是说, 当城市间的平均距离等于 173 km 和 185 km 时, 城市的集聚效应达到最高点, 此时城市区域布局的空间模式最优。

3.3 局域集聚度的测算

Fujita 和 Thisse 认为, 在国家或地区层面上, 城市的空间布局具有“中心—外围”二元结构^[37]。也就是说, 中心与外围地区存在着不平等的发展关系, 中心地区获得更快地发展, 而外围地区发展相对较缓慢。于是, 当 $d \approx 185$ km, 在城市区域布局的最优空间模式下, 长三角地区是否会出现类似的“二元”空间结构? 为了回答这个问题, 本文参照局域自相关的分解方法^[38], 将式 (1) 分解为局域 K 函数, 以考察某一空间尺度下每一个城市的集聚度。局域 K 函数的计算公式如下:

$$K_i(d) = \sum_{j \neq i} x_{ij}(d) / \left(\sum_{i=1}^N x_i - x_i \right) \quad (7)$$

式中: K_i 表示城市 i 集聚度, 其他参数的解释同式 (1)。由上可知, 城市规模集聚的最优空间模式出现在 $d \approx 185$ km 处, 于是将该值代入式 (7) 计算局域 K 函数。

为了直观地了解长三角地区城市集聚的空间局域差异, 分别选择城市规模的局域 K 函数值排序前 10 位和后 10 位城市的相关数据加以整理, 列于表 2 中。

通过比较发现, 排序前 10 位的城市全部位于长三角地区中部——环太湖和长江以南。除了长兴县和安吉县, 其余 8 座全部是大城市, 占全区非农人口的 12.7%。这 10 座城市的人均 GDP 全部在 4 万元以上, 形成长三角地区城市群的经济“中心”。处在如此的核心区域, 即便是城市规模较小的长兴县和安吉县, 也具有较好的集聚效应和发展动力。该结论与王小鲁和夏小林的研究基本吻合^[39], 规模在 100 万至 400 万人之间的城市, 集聚效应最高。超出这个规模区间, 集聚效应逐渐减少, 而规模小于 10 万人的城市, 则无法发现集聚效应。

直观理解, 如果长三角地区城市的集聚效应存在空间溢出的话, 则上海经济发展将向这些城市进行扩散, 且扩散强度和速度依赖于空间距离等地理要素。在排名前 10 位的城市中, 没有出现长三角地区经济核心——上海, 主要是“撤县(市)设区”的区划调

表 1 各模型回归方程系数和检验参数值

Tab. 1 Coefficients and test parameter values of regression equations

	城市区位		城市规模	
	模型 1	模型 2	模型 1	模型 2
A_0	-0.105 (-1.00)	-0.411*** (-4.90)	-0.177 (-1.40)	-0.459*** (-3.52)
A_1	26.560*** (18.15)	37.518*** (14.54)	28.232*** (14.35)	38.356*** (9.16)
A_2	-69.220*** (-15.23)	-156.154*** (-7.60)	-71.300*** (-11.12)	-151.618*** (-4.67)
A_3		186.956*** (4.11)		172.726** (2.49)
R^2	0.949	0.970	0.913	0.927
调整的 R^2	0.945	0.966	0.907	0.927
样本数	30	30	30	30

注: 括号内为 t 统计; “***”、“**”、“*”分别表示在 1%、5% 与 10% 的显著性水平下显著。

整,极大地减少上海周边城市的数量,在某种程度上降低了城市的集聚效应。但同时,此举也会降低上海对周边城市产生的“集聚阴影”^[40]负向影响,所以在空间上与经济中心临近但又保持一定的距离的城市,其区域经济反而发展很快。至于长兴县和安吉县,与上海的距离稍远,这两个县承接上海的集聚效应扩散强度也最弱,较低的城市化进程延缓了这两个县人口集聚的速度。但是凭借位于杭嘉湖的地理优势,同时依托周边城市的工业转移,这两个县城的集聚效应依然强劲。可见,在长三角地区中部,核心城市对一个城市经济的促进作用非常明显。

反观排序后 10 位的城市,它们全部位于苏北和浙西南山区,城市人口仅占长三角地区城市总人口的 4.3%。其中,大城市 3 座分别是徐州市、铜山县和丰县;而浙西南没有大城市。然而,这 10 座城市的人均 GDP 全部在 4 万元以下。作为苏北地区中心城市—徐州市,虽然其城市化率约 90%,但它的经济发展却非常落后,人均 GDP 比仅有 46.66 万人的安吉县还要低将近 1 万元。在这样的空间结构中,城市的规模效应较低,又无法获取周边城市的协同效应,单凭行政力量推动城市发展,很难加快区域的城市化进程。

4 城市群的经济空间划分

为了更清晰地考察以集聚度为基础的城市的集聚效应,以 $d \approx 185 \text{ km}$ 处的局域 K 函数数值为指标,结合蒙特卡洛模拟的置信区间 $[0.268, 0.338]$,通过 GIS 空间聚类分析技术,按高度集聚、集聚、随机、分散和高度分散 5 个等级对城市区域布局的最优模式进行空间划分,获得长三角地区城市群的经济空间结构图。很显然,颜色相同的城市集聚,这意味着该颜色所代表的城市是集聚效应最相近的一类,它们构成对应的子群,因而可通过集聚度进行城市区域布局的空间划分,描绘五类子群的空间集聚组合。

将集聚度指标分为 5 个区间,第一个区间为 $K_i > 0.5$,表示城市在空间上的分布高度集聚;第二个区间为 $0.338 < K_i < 0.5$,表示城市在空间上的分布集聚,但强度有所减弱;第三个区间为 $0.268 < K_i < 0.338$,表示城市在空间上随机分布,有集聚效应但无规律;第四个区间为 $0.1 < K_i < 0.268$,表示城市在空间上的分散分布,从集聚走向分散;第五个区间为 $K_i > 0.1$,表示城市在空间上高度分散,不存在任何集聚效应。按照这一标准,将长三角地区 135 个城市 2010 年的集聚度分类排序描绘于图 3 中。

在长三角地区内,高度集聚的城市有 29 座,占全部城市的 21%;集聚的城市有 21 座,占全部城市的 16%;随机的城市有 20 座,占全部城市比重达 15%;分散的城市有 53 座,占全部城市的 39%;高度分散的城市有 12 座,占全部城市的 9%。进一步分析可知,尽管分散的城市比集聚的城市所占的比例高 10% 以上,但随机分布的城市所占比例

表 2 局域 K 值前 10 位和后 10 位城市
Tab. 2 The first 10 cities and last 10 cities ranked based on local K values

	城市	局域 K 函数值	人口 (万人)	城市化率 (%)	人均 GDP (元/人)
最高值	湖州市	0.6868	129.32	57.88	54854
	长兴县	0.6448	64.20	48.97	45664
	无锡市	0.6425	354.37	77.82	92167
	宜兴市	0.6349	123.55	57.50	64214
	江阴市	0.6306	159.51	63.55	126532
	常州市	0.6251	329.09	68.59	67327
	张家港市	0.6233	124.68	61.17	129535
	吴江市	0.6166	127.39	61.37	83024
	安吉县	0.6081	46.66	47.49	41568
	苏州市	0.6046	407.21	81.09	93043
最低值	赣榆县	0.0958	95.05	43.54	23199
	庆元县	0.0850	14.15	45.96	24929
	铜山县	0.0844	108.66	44.14	31289
	徐州市	0.0790	196.72	88.20	34084
	衢州市	0.0677	80.60	52.45	39813
	开化县	0.0626	24.51	37.96	22843
	沛县	0.0591	114.19	43.43	26727
	江山市	0.0552	46.79	42.82	29340
	常山县	0.0524	24.14	37.73	28552
	丰县	0.0488	96.35	40.55	15414

仅15%。总的来说,目前长三角地区不存在集聚效应的城市仍然偏多,区域经济发展还有待进一步提高。

从图3中可清晰地看到,在城市区域布局的最优空间模式下,长三角地区城市的集聚度在空间上呈现出由中心向外围逐级递减的态势,形成“中心—外围”特征的经济空间结构,基本上与该地区经济发展模式相吻合。具体表现在:

(1) 高度集聚子群位于长三角地区中部,大多数分布在长江两岸和环太湖地区,它是长三角地区制造业中心。这里有发展历史悠久的苏锡常城市群、杭嘉湖城市群,还有南通、泰州等新近发展的城市群。这些城市全部是中国经济百强县中的一员。该子群形成的主要原因:一是上海这座中国经济中心的集聚效应的空间溢出;二是这些城市自身强劲的经济发展的集聚效应。

(2) 集聚子群分别是上海及沿海城市群、宁波城市群和镇江城市群。其中,上海是中国经济发展的核心,其人口规模在中国遥遥领先,但城市的集聚度略低于高度集聚子群。我们认为,造成上述现象发生的主要原因是,上海市辖区地域范围较广,城市集聚的正外部性与负外部性部分抵消,导致上海自身的集聚度下降。尽管如此,上海对其周边城市的经济仍然具有明显的带动作用,高度集聚子群全部处于上海经济圈内(185 km)就是明证。然而,自然地理屏障(如长江、东海)阻碍了上海的集聚效应向沿海城市群、宁波城市群的空间溢出,而地理距离阻碍了镇江城市群接受上海的经济辐射,这些城市的集聚度受制于上述影响因素。

(3) 高度分散子群主要位于江苏—山东交界、浙江—福建交界处。该子群属于长三角经济空间的外围地区,基本不存在集聚效应。首先,这些城市距离上海太远,无法享受上海集聚经济的空间溢出效应;其次,这些城市要么没有核心城市,要么核心城市的经济水平太低无法带动周边城市的经济发展;再者,省际间存在着负边界效应,前者由跨区域的贸易壁垒带来的,行政区的政策差异阻碍城市间的人口流动;而后者是由自然地理屏障(如山脉等)带来的,贸易的运输成本增加阻碍劳动力在跨区域的城市间流动的频率和程度。

总之,城市群能够驱动区域经济增长,主要是指那些具有一定工业化水平的城市在空间上聚集组合的城市群,并非是说只要城市的地理集聚就能提高区域内整体经济的运行效率。

5 总结

本文基于空间点模式分析方法,结合微观经济学中的边际分析法,定义了城市的集

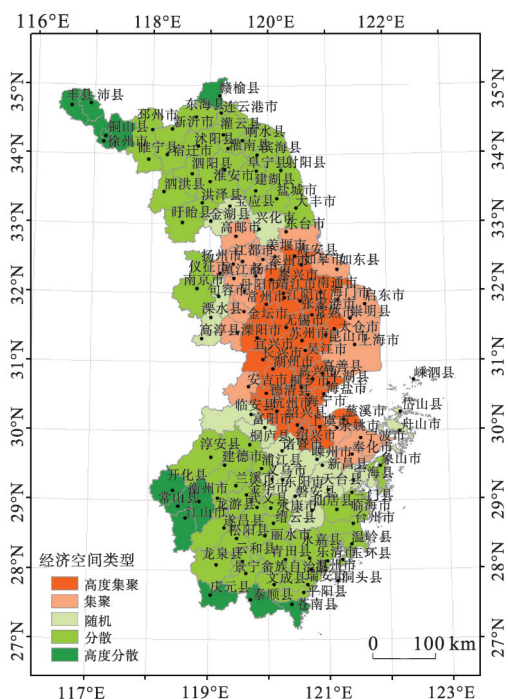


图3 2010年长江三角洲地区城市群的经济空间结构图

Fig. 3 Diagram of the spatial economic structure of urban agglomeration in the Yangtze River Delta in 2010

聚度和边际集聚两个指标,以长江三角洲地区为研究区,探索一种城市群的经济空间划分方法。研究表明,城市的集聚度能视为城市群的核心经济区域界定和识别的一个重要指标,考虑到城市群形成与发展的两种极端因素:正外部效应和负外部效应,寻找当它们均衡时城市空间组织中的最优化区域布局,据此划分长三角地区城市群的经济空间结构。

从本文的实证研究中,可以得出3个最基本的结论:①城市的集聚度估计结果显示,到目前为止,长三角地区无论是城市区位还是城市规模,其空间格局结构仍然是随机分布型,但随着空间尺度的增加,城市的集聚度呈现明显上升的趋势。②边际集聚估计结果显示,长三角地区的城市区位和城市规模均存在最优空间分布结构,空间尺度分别为173 km和185 km,此时城市的边际集聚最大,表明当时的集聚效应达到最高点。③在城市区域布局的最优空间模式下,长三角地区城市群的经济空间展现为“中心—外围”结构。一方面,长三角地区高集聚度子群位于区域中部成为经济发达的“中心”,它们通过集聚效应的空间溢出,增加了城市要素聚集的外部经济性,提高了城市群内生的规模经济效益驱动了区域经济增长。另一方面,长三角地区高分散度子群全部位于省际行政边界成为经济欠发达的“外围”,边界负效应带来了区域间市场交易费用的提高,尽管集聚经济的内生性和外生性提高了城市的集聚效应,但仍无法抵消边界效应所带来的负外部性,所以区域经济发展始终处于低水平阶段。

本文的价值在于:进一步定量测算了城市的集聚效应,并据此划分城市区域布局的经济空间,建立了一套定量化界定和识别城市群的经济空间结构方法,以探索城市群与区域经济增长之间的关系。如何从理论上更加精确地阐述省际之间的贸易壁垒引发的边界效应对城市的集聚效应作用机制,将是下一步的研究方向。

参考文献(References)

- [1] Wu Fuxiang, Liu Zhibiao. Research on the mechanism of how city group drive economic growth: Empirical evidences from 16 cities of Yangtze River Delta. *Economic Research Journal*, 2008, 43(11): 126-136. [吴福象, 刘志彪. 城市化群落驱动经济增长的机制研究: 来自长三角16个城市的经验证据. *经济研究*, 2008, 43(11): 126-136.]
- [2] Fujita M, Krugman P, Venables A. *The Spatial Economy*. Cambridge: MIT Press, 1999.
- [3] Lin Xianyang, Chen Zhongnuan, Cai Guotian. A retrospect and prospect on research of urban agglomerations. *Tropical Geography*, 2003, 23(1): 44-49. [林先扬, 陈忠暖, 蔡国田. 国内外城市群研究的回顾与展望. *热带地理*, 2003, 23(1): 44-49.]
- [4] Fang Chuanglin. Progress and the future direction of research into urban agglomeration in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(8): 1130-1144. [方创琳. 中国城市群研究取得的重要进展与未来发展方向. *地理学报*, 2014, 69(8): 1130-1144.]
- [5] Gu Chaolin. A preliminary study on the division of urban economic regions in China. *Acta Geographica Sinica*, 1991, 46(2): 129-141. [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.]
- [6] Fang Chuanglin, Song Jitao, Zhang Qiang, et al. The formation, development and spatial heterogeneity patterns for the structures system of urban agglomerations in China. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(5): 827-840. [方创琳, 宋吉涛, 张蔷, 等. 中国城市群结构体系的组成与空间分异格局. *地理学报*, 2005, 60(5): 827-840.]
- [7] Ma Xiaodong, Ma Ronghua, Xu Jiangang. Spatial structure of cities and towns with ESDA-GIS framework. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(6): 1048-1057. [马晓冬, 马荣华, 徐建刚. 基于ESDA-GIS的城镇群体空间结构. *地理学报*, 2004, 59(6): 1048-1057.]
- [8] Zhang Qian, Hu Yunfeng, Liu Jiyan, et al. Identification of urban clusters in China based on assessment of transportation accessibility and socio-economic indicators. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(6): 761-770. [张倩, 胡云锋, 刘纪远, 等. 基于交通、人口和经济的中国城市群识别. *地理学报*, 2011, 66(6): 761-770.]
- [9] Wang Li, Deng Yu, Niu Wenyuan. The definition and identification of urban agglomerations. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(8): 1059-1070. [王丽, 邓羽, 牛文元. 城市群的界定与识别研究. *地理学报*, 2013, 68(8): 1059-1070.]

- [10] Henderson J V. Urban Development: Theory, Fact and Illusion. Oxford: Oxford University Press, 1988.
- [11] Arnott J R, Stiglitz J E. Aggregate land rents, expenditure on public goods, and optimal city size. *The Quarterly Journal of Economics*, 1979, 93(4): 471-500.
- [12] Fujita M, Krugman P, Venables A. *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*. Cambridge: MIT Press, 1999.
- [13] Getis A. Second-order analysis of point pattern: The case of Chicago as a multi-center urban region. *Professional Geographer*, 1983, 35(1): 73-80.
- [14] Xu Xueqiang, Yeh Gar-on. Provincial variation of urbanization in China. *Acta Geographica Sinica*, 1986, 41(1): 8-22. [许学强, 叶嘉安. 我国城市化的省际差异. *地理学报*, 1986, 41(1): 8-22.]
- [15] Gu Chaolin. *Urban System in China: Past, Present and the Future*. Beijing: The Commercial Press, 1992. [顾朝林. 中国城镇体系: 历史·现状·展望. 北京: 商务印书馆, 1992.]
- [16] Ioannides Y M, Overman H G. Spatial evolution of the US urban system. *Journal of Economic Geography*, 2004, 4(2): 131-156.
- [17] Yang Guo'an, Gan Guohui. Spatial characteristic and its change of urban system in China. *Geo-information Science*, 2004, 6(3): 12-18. [杨国安, 甘国辉. 中国城镇体系空间分布特征及其变化. *地球信息科学*, 2004, 6(3): 12-18.]
- [18] Li Zhen, Gu Chaolin, Yao Shimu. A quantitative study on regional spatial structure of urban system in contemporary China. *Scientia Geographica Sinica*, 2006, 26(5): 544-550. [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.]
- [19] Wong D, Lee J. *Statistical Analysis of Geographic Information with ArcView GIS and ArcGIS*. Beijing: China Financial & Economic Publishing House, 2008. [Wong D, Lee J. *ArcView GIS 与 ArcGIS 地理信息统计分析*. 北京: 中国财政经济出版社, 2008.]
- [20] Tang Fanghua, Tang Hui, Sun Qian, et al. Analysis of the economic network structure of urban agglomerations in the middle Yangtze River. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(10): 1357-1366. [汤放华, 汤慧, 孙倩, 等. 长江中游城市群经济网络结构分析. *地理学报*, 2013, 68(10): 1357-1366.]
- [21] Li Jiaming, Zhang Wenzhong, Sun Tieshan, et al. Characteristics of clustering and economic performance of urban agglomerations in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(4): 474-484. [李佳铭, 张文忠, 孙铁山, 等. 中国城市群集聚特征与经济绩效. *地理学报*, 2014, 69(4): 474-484.]
- [22] Wang Xiaolu. Urbanization path and city scale in China: An economic analysis. *Economic Research Journal*, 2010, 45(10): 20-32. [王小鲁. 中国城市化路径与城市规模的经济学分析. *经济研究*, 2010, 45(10): 20-32.]
- [23] Population Census Office under the State Council, Department of Population and Employment Statistics Nation Bureau of Statistics. *Tabulation on the 2010 Population Census of the People's Republic of China by County*. Beijing: China Statistics Press, 2012. [国务院人口普查办公室, 国家统计局人口和就业统计司. 中国2010年人口普查分县资料. 北京: 中国统计出版社, 2012.]
- [24] Shanghai Bureau of Statistics. *Shanghai Statistical Yearbook - 2011*. Beijing: China Statistics Press, 2011. [上海市统计局. 上海统计年鉴—2011. 北京: 中国统计出版社, 2011.]
- [25] Jiangsu Bureau of Statistics. *Jiangsu Statistical Yearbook - 2011*. Beijing: China Statistics Press, 2011. [江苏省统计局. 江苏统计年鉴—2011. 北京: 中国统计出版社, 2011.]
- [26] Zhejiang Bureau of Statistics. *Zhejiang Statistical Yearbook - 2011*. Beijing: China Statistics Press, 2011. [浙江省统计局. 浙江统计年鉴—2011. 北京: 中国统计出版社, 2011.]
- [27] The State Council, The People's Republic of China. China to apply new city classification standards. http://english.gov.cn/policies/latest_releases/2014/11/25/content_281475015213546.htm. 2014/11/20. [国务院. 国务院关于调整城市规模划分标准的通知. http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-11/20/content_9225.htm#, 2014/11/20.]
- [28] Ripley B D. The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of Applied Probability*, 13: 255-266.
- [29] Ripley B D. Modelling spatial pattern. *Journal of the Royal Statistical Society B*, 1977, 39(2): 172-212.
- [30] Anas A, Arnott R, Small K A. Urban spatial structure. *Journal of Economic Literature*, 1998, 36(3): 1426-1464.
- [31] Anselin L, Rey S J. *Perspectives on Spatial Data Analysis*. Berlin: Springer-Verlag, 2010.
- [32] Diggle P J. *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. London: Academic, 1983.
- [33] Zhang Jingxiang, Wu Fulong. From merger of administrative region to regional governance: Case study of Yangtze River Delta. *City Planning Review*, 2004, 28(5): 25-30. [张京祥, 吴缚龙. 从行政区兼并到区域管治: 长江三角洲的实证与思考. *城市规划*, 2004, 28(5): 25-30.]
- [34] Gu Chaolin, Zhang Min, Zhang Cheng, et al. Prospects of urban agglomeration in the Changjiang (Yangtze) River Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 2007, 27(1): 1-8. [顾朝林, 张敏, 张成, 等. 长江三角洲城市群发展展望. *地理科学*,

- 2007, 27(1): 1-8.]
- [35] Borukhov E. On the urban agglomeration and economic efficiency: Comment. *Economic Development and Cultural Change*, 1975, 24(1): 199-205.
- [36] Petersen H C, Lewis W C. *Managerial Economics*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.
- [37] Krugman P. Increasing returns and economic geography. *The Journal of Political Economy*, 1991, 99(3): 483-499.
- [38] Anselin L. Local indicators of spatial association-LISA. *Geographical Analysis*, 27(2): 93-115.
- [39] Wang Xiaolu, Xia Xiaolin. The optimization of urban scale and promotion of economic growth. *Economic Research Journal*, 1999, (9): 22-29. [王小鲁, 夏小林. 优化城市规模 推动经济增长. *经济研究*, 1999, (9): 22-29.]
- [40] Krugman P. *Development, Geography and Economic Theory*. Cambridge: The MIT Press, 1995.

Dividing economic space into urban agglomerations using the marginal K function: A case study of the Yangtze River Delta region

GE Ying¹, John MIRON², PU Yingxia³, ZHAO Huihui¹, LI Yunting¹

(1. School of Earth Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210097, China;

2. Department of Human Geography, University of Toronto Scarborough, Toronto, Ontario M1C 1A4, Canada;

3. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

Abstract: In this study, an economic space-dividing method for urban agglomerations is presented to theoretically explore the quantitative measurement of urban agglomeration clustering effects with two parameters (agglomeration degree and marginal agglomeration). A marginal analysis of microeconomics based on Ripley's K function of spatial point pattern analysis is also conducted. The study is novel in the aspect that economic space is divided via urban agglomeration degree and marginal agglomeration multi-scale estimation, and an optimal urban pattern is identified when marginal urban agglomeration reaches its maximum value. Finally, urban agglomeration economic spaces are determined accordingly. The Yangtze River Delta is taken as a case study to validate the proposed method. The results show that: (1) urban agglomeration degree estimates indicate that the urban spatial pattern of the Yangtze River Delta region in 2010 was random, but that of the region has shown a rapid increasing trend with the increase of scales of observation; (2) estimates of marginal agglomeration indicate that clustering effects of urban location and urban size reach peak values when city location and city size agglomeration scales reach 185 km to 173 km, respectively. At this point, the urban spatial pattern of the region achieves an optimized state; (3) results of spatial clustering analysis show that in the optimal spatial urban pattern, the Yangtze River Delta region exhibits a "core-periphery" spatial economic structure, in which highly clustered sub-agglomerations located in the Shanghai economic radiation circle form regional centers of economic development, while poorly clustered sub-agglomerations located along inter-regional administrative borders remain underdeveloped peripheral areas. This suggests that a negative marginal effect still hampers the migration of individuals across such areas.

Keywords: economic space division; Ripley's K function; marginal analysis; urban agglomeration; Yangtze River Delta