

长三角地区城市化空间关联特征及内在机制

崔耀平^{1,2}, 刘玄², 李东阳², 邓晴心², 徐佳宁², 石欣瑜², 秦耀辰^{1,2}

(1. 黄河中下游数字地理技术教育部重点实验室, 开封 475004;

2. 河南大学环境与规划学院, 开封 475004)

摘要: 中国正处于城市化快速发展阶段, 但当前研究在综合反映城市化的时空特征时, 往往忽略区域城市间的空间关联及其演化过程, 无法有效地揭示区域城市间的相互影响和内在机制。基于空间极化及扩散理论和系统分析方法, 剖析了长三角地区城市化的空间演化过程。结果显示: ① 1995—2015年间长三角地区城市化的规模等级特征明显, 作为区域增长极, 上海处于第一等级, 南京、杭州、苏州为第二等级; 城市化空间关联指数也表明, 以上海、苏州、杭州等10个城市构成区域最为密集的空间联系网络。② 研究时段内, 城市化过程中空间极化和空间扩散同时存在, 且空间极化的城市往往会进入新的扩散阶段, 以南京、杭州等城市表现最为明显。该结果证实了各城市间在不同发展阶段具有不同的空间作用关系。本文还探讨了区域城市化的驱动机制, 表明区域内产业升级和转移是形成空间极化或扩散作用的主要内生动力。本研究可为区域发展规划提供重要的科学支撑。

关键词: 空间极化; 空间扩散; 时空演化; 城市首位度; 区域辐射

DOI: 10.11821/dlxb202006015

1 引言

中国的城市化正处于快速发展阶段, 当前也是城市化转型发展的关键时期^[1]。中国城市化的区域分异日益为全社会所关注。研究区域城市化发展的空间关系, 分析城市化空间极化及扩散的演化规律, 对区域城市及城市群的发展规划具有重要的现实指导意义。

在城市化过程中, 区域内的城市往往表现出一定的空间极化和扩散现象。空间极化指的是各种经济和社会要素在空间上的分化与集聚, 通过资源配置在一定地理区域中形成增长中心的过程, 它是一种动态演化, 也是区域发展的重要推动力^[2]。通常所说的某城市“吸血”或“首位度”即指该城市在一定区域内出现了不同程度的极化现象。而空间扩散则是指区域范围内通过空间的交互作用推动区域协调或同步发展的过程。空间极化与空间扩散是城市化过程中出现的两个截然不同的现象, 两者相互作用, 共同促进或制约着区域城市发展。

城市化空间关联作用明显, 空间极化或扩散现象在全球范围内被广泛关注。无论是发达国家(如美国、德国), 还是发展中国家(如俄罗斯等)均存在城市化过程中的极化现象^[3-5]。有学者发现世界经济在1960—1999年变得更加两极分化, 且加入世界贸易组织(World Trade Organization, WTO)后并不能缩小各成员国之间的差异和极化水平^[6]; 另有

收稿日期: 2018-12-30; 修订日期: 2020-02-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671425, 41401504); 河南大学人才特区科研项目 [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41671425, No.41401504; Scientific Research Start-up Funding of Special Talent Zone in Henan University (Feng)]

作者简介: 崔耀平(1984-), 男, 河南周口人, 教授, 博导, 研究方向为国土资源利用。E-mail: cuiyp@lreis.ac.cn

学者认为不同的城市化水平具有显著的空间依赖性^[7-8]；还有研究认为高度集中的城市化可能阻碍了区域可持续发展^[9]。国外很多研究从城市网络和流动空间理论开展城市网络研究，但是区域城市及城市化过程中的空间关联和相互作用远非简单通过城市网络就能测度^[10-11]。中国城市化与经济发展水平之间的省级规模存在显著的区域差异，极化现象在区域上非常明显^[12]，城市群、城市湾区等的不断扩张也显示出区域城市化对区域发展的引导作用^[13-14]。国内学者的相关研究主要表现在两个方面：① 承接国外学者有关城市网络的影响研究，从多尺度（区域城市、城市群、单体城市、城市内部空间等）到多领域（人口、资本、交通、科技流等）均有涉及，尝试从城市网络、中心城市及影响力的角度开展城市空间关联分析^[11, 15-18]。虽然网络研究可以通过矢量的点与线来表达各城市化要素的流动性，但很难表达出城市作为面空间的土地城市化。② 针对人口等单一指标开展城市空间相关作用的研究，但当前很少有研究在时空双重维度下，将人口、经济、土地等多项指标，即将空间极化与扩散结合起来系统分析和衡量区域城市的空间关联特征。而区域城市间关系密切，空间关联也不仅体现在单一城市化要素的空间极化上，且空间关联特征伴随时间会不断演化^[19]。

本文基于经济、人口、土地空间数据，构建了城市化空间发展指数度量区域城市化下各城市发展规模等级和空间联结强度，并引入空间自相关分析和极化指数，量化长三角地区空间发展的差异性，然后综合城市化空间增长指数，系统分析城市总体发展的空间极化或扩散情况。本文还进一步结合产业升级和产业转移等探讨区域城市空间演化的内在机制。

2 研究区概况及数据来源

2.1 研究区概况

长三角地区面积达35万 km²，是中国经济实力最强，经济、人口和城镇密度最高的地区^[20-21]。长三角地区包括上海市及江苏、浙江和安徽等3省41个地级市，整体属于长江中下游平原（图1）。其中，安徽南部和浙江大部分区域分属江南丘陵和浙闽丘陵，地形环境的差异性对生产活动的制约影响了区域内的人口分布，塑造了长三角地区人口北多南少的分布格局。国家统计局的数据显示，2015年长三角地区GDP超过16万亿元，几乎占全国的1/4。当年中国平均人口城市化率为56.1%，而长三角地区中江苏省、浙江省、安徽省和上海市的人口城市化率分别达到67.7%、67%、51%和87.6%。

2.2 研究数据及预处理

本文采用长三角地区市级的GDP、

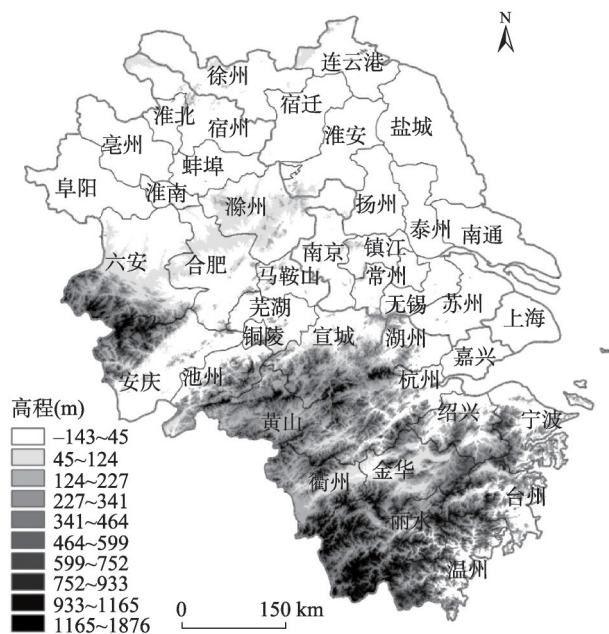


图1 长三角地区地形图

Fig. 1 Topographic map of the Yangtze River Delta region

户籍人口和城市建成区面积作为衡量长三角地区经济城市化、人口城市化和空间城市化的指标。研究时长为1995—2015年,本文主要以5年为间隔进行时间断面数据分析。所用数据来源于《上海市统计年鉴》(1995—2015年)、《江苏省统计年鉴》(1995—2015年)、《浙江省统计年鉴》(1995—2015年)、《安徽省统计年鉴》(1995—2015年)和《中国城市统计年鉴》(1995—2015年),及国家科技基础条件平台—国家地球系统科学数据共享服务平台的长江三角洲科学数据中心(<http://nnu.geodata.cn:8008>)。研究期间部分城市数据受行政区划调整或变更影响而缺失,例如2000年安徽省原阜阳市一分为二,成立一个新的省辖市亳州市。针对这类情况,为确保数据的连续性,本文将各市拆分为最小的行政单元,以最小行政单元1995—2015年的数据合并至2015年最新划分的地级市范围。

城市空间关联用综合距离度量,参考地理学第一定律选3个具体指标:直线距离、公路距离和高铁距离。其数据来源和预处理分别如下:直线距离由两地政府驻地的经纬度坐标计算得出,两地之间的公路距离来源于百度地图中两地间用时最短的公路路线长度,两地间的高铁距离数据来源于中国铁路总公司。

3 城市空间关联及演化量化方法

3.1 城市综合发展指数和空间距离关联性

为了反映各城市在研究区域内的相对综合实力、区域内部的发展变化以及城市发展的空间联系强度,本文采用城市综合空间发展指数(Urbanization Comprehensive Development, UD)与空间关联强度指数(Urbanization Spatial Correlation Intensity, UCI),根据地理学第一定律的思想内核并参考有关文献^[11, 18],联立城市经济、人口、城市空间3个方面来确定城市的规模等级和空间距离关联强度。

$$d_i = \sqrt[3]{p_i \times l_i \times e_i} \quad (1)$$

$$R_{ij} = \varphi_1 r_{zx} + \varphi_2 r_{gl} + \varphi_3 r_{gt} \quad (2)$$

$$UD_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} \quad (3)$$

$$UCI_{ij} = \frac{d_i \times d_j}{R_{ij}^2} \quad (4)$$

式中: p_i 表示*i*城市的总户籍人口; l_i 表示*i*城市的建成区面积; e_i 表示*i*城市的国民经济生产总值; φ_1 、 φ_2 、 φ_3 为权重指数; r_{zx} 表示直线距离; r_{gl} 表示公路距离; r_{gt} 表示高铁距离; R_{ij} 表示*i*城市和*j*城市综合距离。 UD_i 越大代表该城市的综合城市化实力水平越强,而 UCI_{ij} 越大表示*i*、*j*两城市的空间距离关联性越强。

3.2 城市空间分异性和空间关系

本文采用局部自相关分析中的Moran's *I*指数、LISA (Local Indicators of Spatial Association) 集聚与极化指数相配合来衡量长三角地区空间发展水平的差异及空间关系。局部自相关分析与极化指数二者具有互补性,可测度并指明不同城市发展水平在空间上集聚或分散的变化状况。极化指数可以量化出区域发展的两极分化程度,但其不具指向性,即无法观测出空间上具体的极化区域,而借助LISA集聚图可以观察区域的扩散效应和极化特征。

(1) 空间分异性测度。首先采用简单的二进制邻接矩阵来表示 n 个位置的空间邻近关系；然后用二进制邻接矩阵来确定空间权重矩阵，规定当区域内 i 与 j 邻近时用 1 表示，反之用 0 表示；最后，通过局部 Moran's I 指数检测空间分异特征。局部 Moran 指数 I_i 被定义为：

$$I_i = Z \sum_j w_{ij} Z_j \quad (5)$$

式中： I 检验的标准化统计量为：

$$Z(I_i) = \frac{I_i - E(I_i)}{\sqrt{VAR(I_i)}} \quad (6)$$

式中： Z_i 和 Z_j 是经过标准化的观测值； w_{ij} 是空间权重的矩阵形式，表示区域内城市 i 与 j 的邻近关系。 I_i 为正值表示该区域单元的周围存在相似值（高值或低值）的空间集聚； I_i 为负值则表示存在着非相似值的空间集聚。当 $Z(I_i)$ 值为正并且显著时，表明区域内存在正的空间自相关；反之，当 $Z(I_i)$ 为负并且显著时，存在负的空间自相关；当 $Z(I_i)$ 值为 0 时，观测值呈独立的随机分布^[22]。

(2) 空间极化水平测度。崔王指数 (Tsui-Wang index, TW) 是在 Wolfson 指数的基础上，利用“两极分化”和“扩散增加”的两个部分排序公理概括而得，其值越大表示区域空间极化现象越严重^[23]。其表达式为：

$$TW = \frac{\theta}{N} \sum_{i=1}^k \pi_i \left| \frac{y_i - m}{m} \right|^r \quad (7)$$

式中： N 为研究区总人口数； θ 为 i 地理区域的人口； k 为地理区域的个数； π_i 为 i 地理区域的人口数； y_i 为 i 地理区域的人均 GDP； m 为所有 i 地理区域人均 GDP 的中间值； θ 、 r 位于 0~1 之间，本文取 $\theta = 1$ ， $r = 0.5$ 。TW 指数的值域范围处于 0（无极化）和 1（完全两极分化）之间。

3.3 空间阶段化发展演变的度量

在城市化进程中，人口、建成区面积、城市产业等因素都对其产生了重要影响。本文从城市间相对发展速率的差异性出发构建城市化空间增长指数 (Urbanization Speed, US)。US 能在一定程度上反映出城市整体的发展状况：

$$US = \alpha_1 P_i + \alpha_2 L_i + \alpha_3 E_i \quad (8)$$

式中： α_1 、 α_2 、 α_3 为权重指数； P_i 为人口规模发展速度； L_i 为城市用地规模速度； E_i 为城市经济发展速度。

人口规模发展速度 (P_i) 用 Logistic 方程表示：

$$P_i = \frac{d_p}{d_t} = r P_0 \left(1 - \frac{P}{K} \right) \quad (9)$$

式中： P_i 为区域人口数量； P_0 代表初始时区域人口数量； r 表示区域人口增长条件中的限制因子所能推动的区域最大相对增长速度； K 表示区域人口增长条件中的限制因子所能推动的区域最高的人口数量，即 $P_{\max} = K$ 。

城市用地规模速度 (L_i) 与城市经济发展速度 (E_i) 分别为：

$$L_i = \sqrt[n]{\frac{q_n}{q_0}} - 1 \quad (10)$$

$$E_i = \sqrt[n]{\frac{e_n}{e_0}} - 1 \quad (11)$$

式中： q_n 和 q_0 分别为研究时段末年和初始年份的城市建成区面积； e_n 和 e_0 分别为研究时段末年和初始年份的城市国民生产总值； n 为研究时长。

4 城市化空间关联特征及演化分析

4.1 城市等级和空间关联特征

城市综合空间发展指数(UD)和空间关联强度指数(UCI)可在时空尺度上反映出区域内城市的相对综合实力和区域内部的发展变化差异。本文运用自然间断对城市UD、UCI进行分类表达。总体来看,长三角地区各省的实力格局没有明显变化。在省级层面上,上海市的UD值逐渐减小,从1995年的0.15降低到2015年的0.12;江苏省呈现先降后增的态势,从1995年的0.38降低到2000年的0.36,后又逐渐升高至0.41;而浙江和安徽省的UD值在1995年至2005年间保持平稳,无明显变化(图2)。在城市尺度上,1995-2015年城市发展的等级结构在空间分布上呈现出5个等级(图3)。其中,上海一直处于第一等级;第二等级则由南京和杭州逐渐转变为南京、杭州、苏州;第三等级以宁波、无锡、温州、南通、合肥、徐州6个城市为主;其余城市处于第四或第五等级。

通过对5期UD值排序发现,持续处于前10的城市是构成区域城市化发展的主要城市(表1)。从这10个城市的所属省份占比情况看,江苏省、浙江省、安徽省分别占50%、30%、10%。这10个城市的UD值在时间上也存在变化,但主要反映在排名的变动上(表1、图3)。其中,上海的排名一直

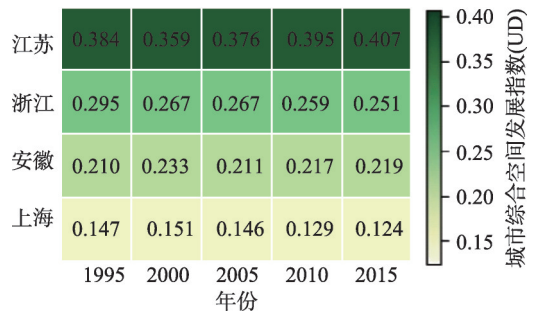


图2 长三角地区各省的城市综合空间发展指数(UD)值

Fig. 2 Urbanization comprehensive development (UD) values of major cities in the Yangtze River Delta region

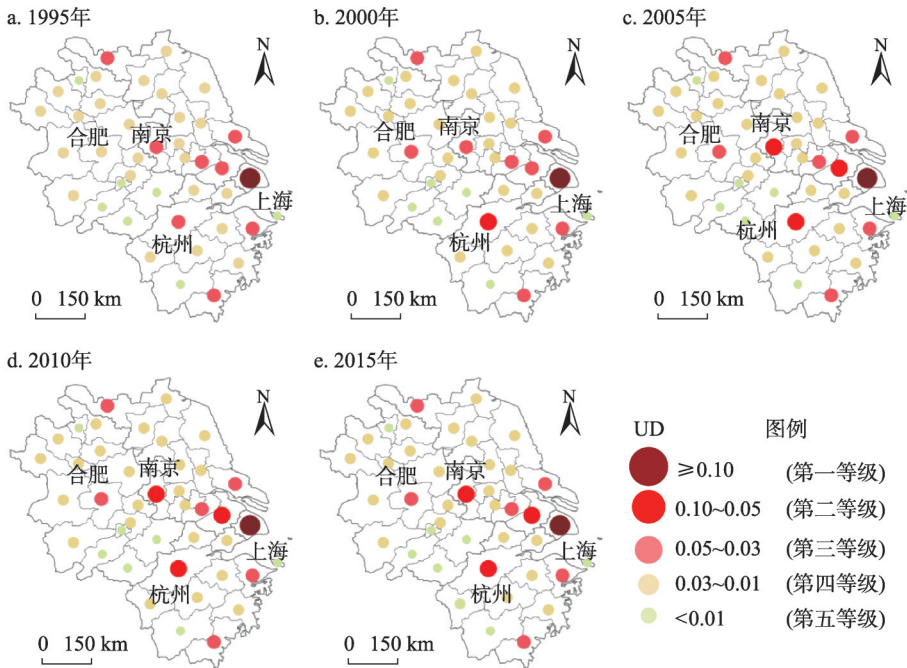


图3 1995—2015年长三角地区城市等级规模结构图

Fig. 3 City level structure map of the Yangtze River Delta region from 1995 to 2015

表1 长三角地区主要城市的综合空间发展指数(UD)值

主要城市*	1995年UD值	2000年UD值	2005年UD值	2010年UD值	2015年UD值
上海市	0.147	0.151	0.146	0.129	0.124
南京市	0.049	0.049	0.061	0.059	0.059
苏州市	0.047	0.043	0.053	0.058	0.058
杭州市	0.045	0.054	0.057	0.056	0.054
合肥市	0.029	0.033	0.036	0.041	0.042
宁波市	0.037	0.036	0.037	0.043	0.040
徐州市	0.040	0.036	0.034	0.041	0.039
无锡市	0.040	0.038	0.042	0.040	0.039
南通市	0.038	0.033	0.031	0.032	0.035
温州市	0.038	0.041	0.037	0.034	0.034

注：*主要城市是指在研究时段内的UD持续排名前10位的城市。

保持在区域内的第1位，但其UD值在不断减小，从1995年的0.147降低至2015年的0.124。南京、杭州、苏州的排名也一直稳定地处于第2到4位，且其UD值在不断增大。其余城市变化最为明显的是温州和合肥，合肥由1995年的第10位（0.029）提升至2015年的第5位（0.042），而温州则从2000年的第5位（0.041）逐渐下降至2015年第10位（0.034）。这种变动从一个侧面说明了城市化发展活力和速率的变化情况。

长三角地区城市化的距离关联强度也呈现出明显的空间分布特征，UCI高值等级集中在东部（图4）。其中以上海、苏州、无锡、常州为城市化发展的强联系带，苏州和无锡的城市化发展呈现“双子星”结构，存在着极强的空间联系，这些城市之间的联系处于第一和第二等级。南京和杭州构成以各自为核心的城市化发展局域联系网络，其中杭州和绍兴的关联强度最高，其次是上海和嘉兴；而南京与扬州和镇江构成较强的空间联系。整体上，上海、苏州、南京、杭州等市构成长三角地区最为密集的城市化发展的空间联结网络，说明了长三角地区的发展存在明显的空间集聚联结特征。UCI在展示出研究区各城市空间关联强弱的同时，也暗含着各自的影响或被影响的范围及程度。从这个视角来看，UCI图在一定程度上代表了区域城市空间相互关联和影响的网络。

4.2 城市化空间特征及演化过程

4.2.1 城市化空间分异和等级特征 本文运用局部Moran's I 方法得出1995—2015年5个等分时段长三角区域的Moran's I 散点图和LISA图。图5显示，长三角地区各年份的人均GDP都呈现空间显著正相关，说明了长三角地区的经济发展存在着空间上的高度集聚特

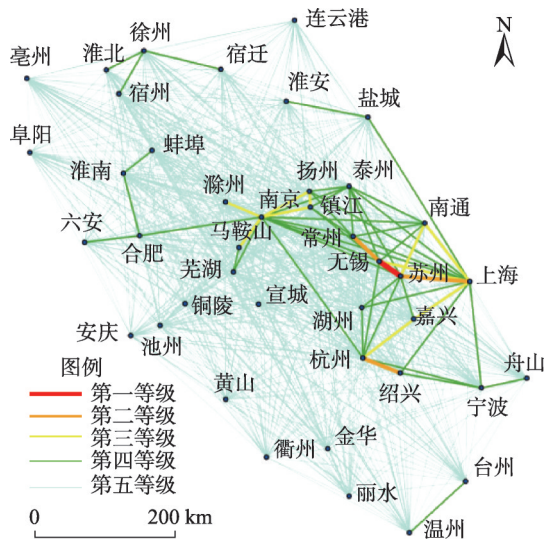
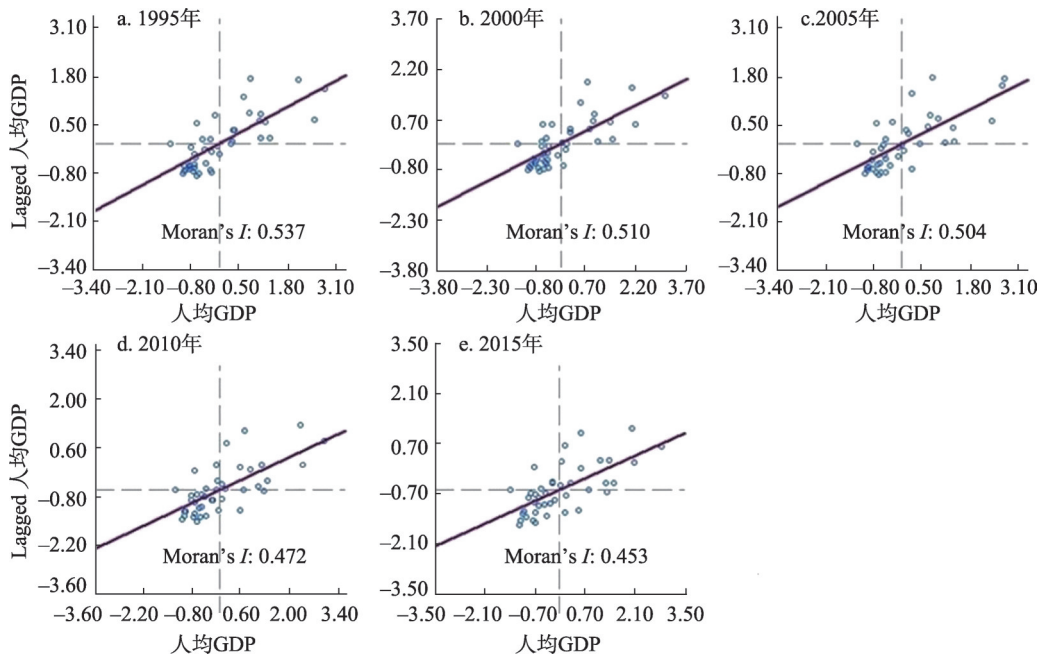


图4 长三角地区城市化空间关联强度(UCI)图
Fig. 4 Spatial correlation intensity map of urbanization in the Yangtze River Delta region

图5 1995—2015年长三角地区的Moran's I 散点图Fig. 5 Moran's I scatter plot in the Yangtze River Delta region from 1995 to 2015

征,即在人均GDP高的地区,其周边区域的人均GDP也高,但这种特征在时间序列上呈减弱趋势:长三角区域内的低—低(L-L)区由1995年的9个逐渐减少至2015年的6个;而高一高(H-H)区由最初的6个增加至7个。

从LISA集聚图(图6)可以看出,长三角地区的西北部为L-L集聚区,这些城市的人均GDP相对与整个长三角地区较低,且呈低值关联;H-H区主要集中在上海周边城市,且这些城市高值关联。H-L区是显著极化区域,主要分布在L-L区周围,且高一低(H-L)区绝大部分是由曾经的L-L区转换而来。L-H区是沉降(可以理解为被辐射)区域,主要分布在H-H区周围,存在L-H区逐渐转换为H-H区的现象。从时间上看,L-L区在不断减少,曾经是L-L区的合肥市逐渐转化为H-L区,成为了安徽省的核心增长城市。而H-H区不断增多,以上海市为中心不断向周边地区增长:比如泰州市逐渐由空间上的低—高(L-H)区转变成不显著区,最后成为H-H区,说明其受到了H-H区城市群的辐射影响。

总体上,长三角地区经济发展处于中间段位的城市在迅速增多,从Moran's I 指数变化和局部自相关的显著性水平上看,L-L区个数占总数的比例由1995年的52.9%下降至2015年的40.0%,而H-H区的个数比例则由1995年的35.3%上升至2015年的46.7%。说明了长三角地区城市间空间极化程度在降低,朝着空间均衡的方向发展。Moran's I 指数由0.54逐渐降低至0.45也反映出长三角地区城市化差异在整体空间上的缩小态势。

4.2.2 空间极化和扩散关系 从长三角地区各省的TW指数趋势看,1995—2015年江苏省的极化水平呈现出“下降—上升—下降”趋势;安徽省的TW指数在这20年间增长态势明显,数值从1995年的0.45逐渐增至2015年的0.65;浙江省的TW指数在1995—2003年间保持平稳,数值停留在0.5左右,而后逐渐增长,到2015年TW值接近0.6,极化水平在三省中最低。值得注意的是,2005年后三省的极化指数差距均逐渐缩小(图7)。

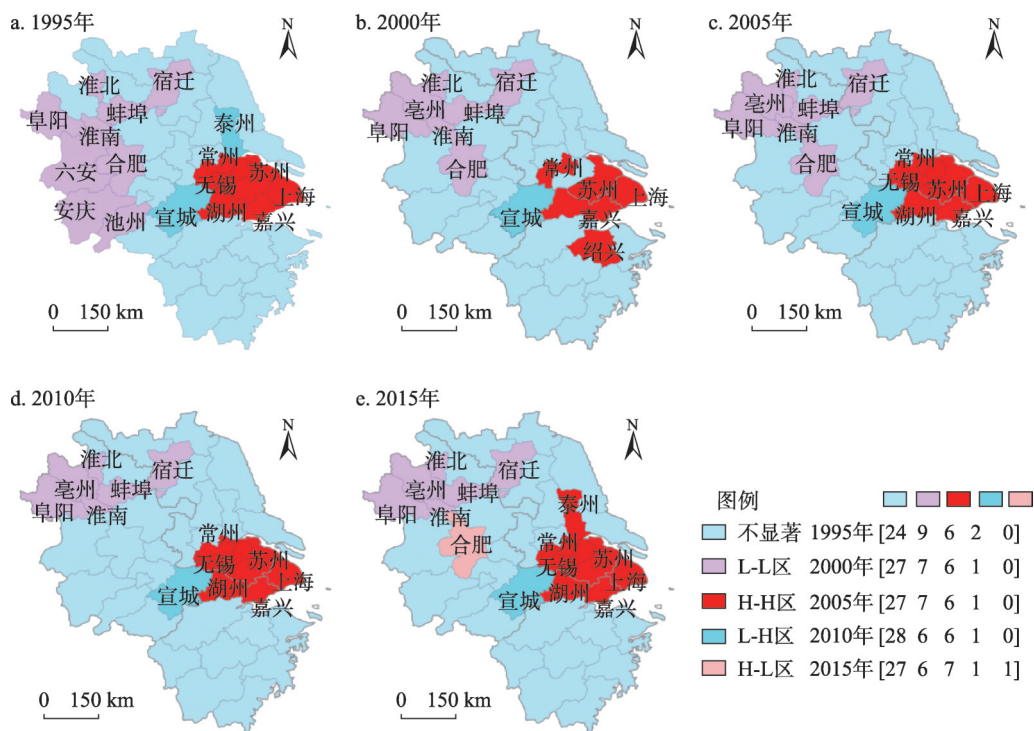


图6 1995—2015年长三角区域LISA集聚图

Fig. 6 LISA agglomeration map of the Yangtze River Delta region from 1995 to 2015

整体看，区域内部的极化情况较为明显。2003年前后，长三角地区的极化指数达到最高，此后呈降低趋势；2010年之后数值在0.75浮动并趋于平稳。说明长三角地区的城市化空间一体性和联系性日益加强。这种现象是因为经济从沿海沿江城市向内陆地区的层层推进发展。早先上海市在区域内具先发优势，随后部分生产开始向邻近城市布局。苏州、无锡等地由于与上海空间关联度强，最先接受上海市的产业辐射。近年来，长三角地区核心增长极由早期的点状演化为条带状且逐渐向内陆延伸，即核心增长区的辐射作用触及到内陆地区。将长三角地区的TW和Moran's I 进行对比，不难看出二者的趋势几乎一致（图8），都是先增后减。1995—2003年长三角地区极化趋势增强；2003年之后，区内的极化趋势走弱，空间发展渐趋均衡。

4.3 城市化的空间关联特征

各城市发展速率是城市化空间相关作用后的一种结果体现，也是度量区域城市化空间关联的有效工具。长三角地区城市化在空间上大体呈现扩散的特征：高值区由沿海向

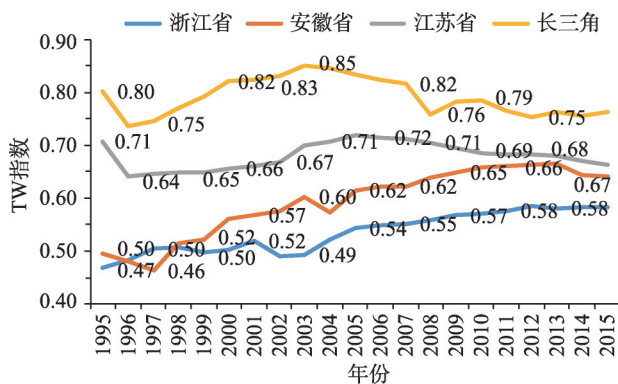


图7 1995—2015年各省极化(TW)指数对比图

Fig. 7 Comparison of Tsui-Wang index (TW) of each province from 1995 to 2015

内陆逐步转移，高值区在空间方向上呈现由东到西，由南到北的变化趋势。1995—2000年城市化空间增长指数(US)的高值区主要分布在江苏北部、杭州、温州以及上海等地；低值区主要分布在安徽中南部和江苏中部；而2010年以后US的高值区则集中分布在安徽及江苏中部和北部；低值区分布在长江以南的大部分地区(图9)。

具体到城市，各城市化发展速率具有明显的阶段特征。合肥市的US值在1995—2010年间增长明显，2010以后合肥的US依然高于周边，说明合肥在安徽省内的极化效应显著，尤其对其周边城市。由于研究时段的局限，这里无法观察到上海对周边极化增强的过程，但能够发现2000年之后上海市的扩散作用十分明显，且这种扩散格局逐渐向内陆逐推。杭州、南京、苏州等城市在其城市化发展过程中，均呈现出对周边区域极化先增强后减弱的特征(图9)。

上海、南京、杭州、苏州、合肥是长三角地区5个核心城市，但这5个城市的城市化

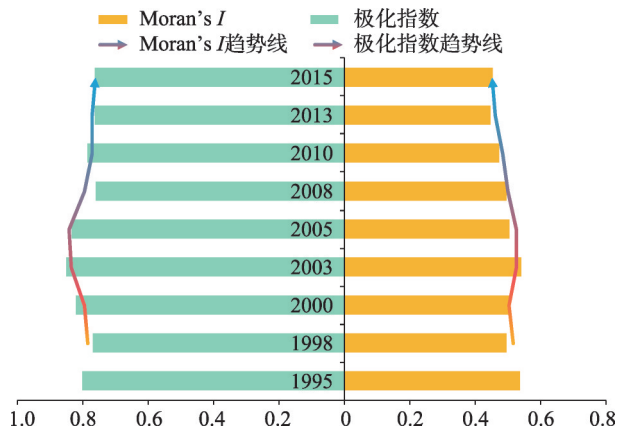


图8 1995—2015年长三角地区极化(TW)指数与Moran's I对比

Fig. 8 Tsui-Wang index (TW) and Moran's I in the Yangtze River Delta region during 1995-2015

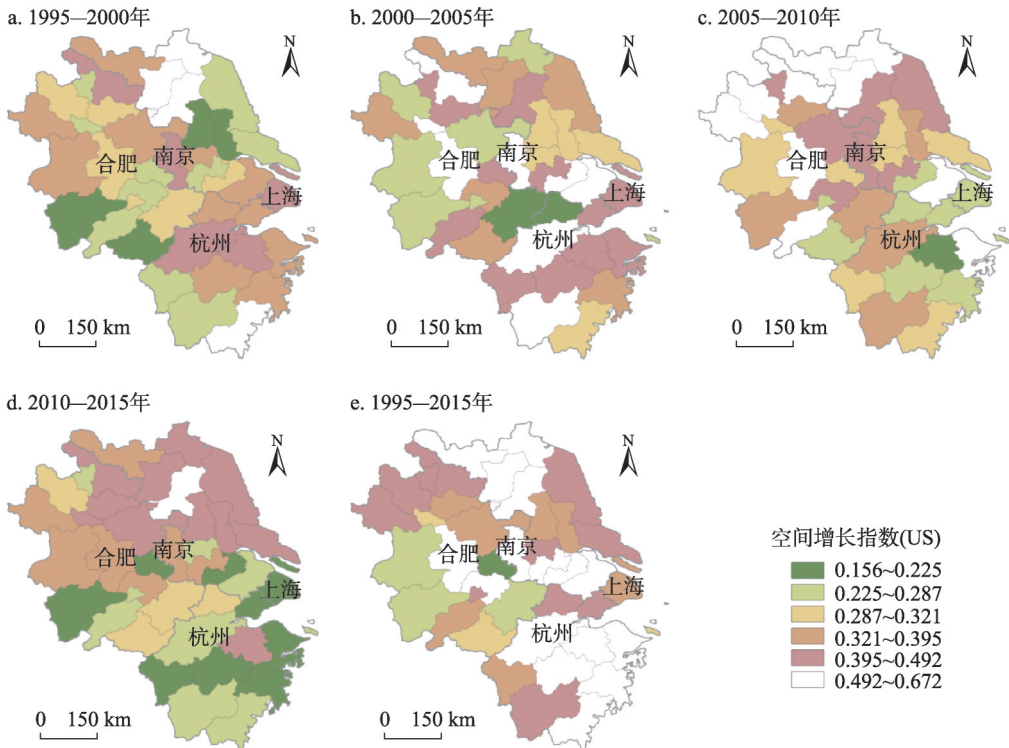


图9 1995—2015年长三角的城市化空间增长指数(US)值

Fig. 9 Urbanization speed (US) values of the Yangtze River Delta region from 1995 to 2015

水平存在明显的差异,但差异在减小。在经济方面:1995—2000年上海、杭州、苏州的经济增速居于前列;2000年以后,合肥、南京的增速又居于前列。人口方面:合肥、杭州、南京及苏州的人口增速一致居于前列。而对城市建成区而言:1995—2000年杭州、上海的建成区面积增速居前;2000年之后上海、苏州、南京、合肥的建成区面积增速居于前列。从综合城市化角度(US)来看,1995—2005年杭州、苏州、合肥的综合城市化发展速度较快;2005—2015年整体速度有所减缓,但南京和合肥增速仍相对较高(图10)。进一步比较发现,在城市化进程中,经济城市化具有先发性,土地城市化与经济增长大体保持一致,而人口城市化则具有一定的滞后性。同时,城市化在空间上存在扩散和递推现象,城市化水平较高的城市带动空间上临近城市的发展。

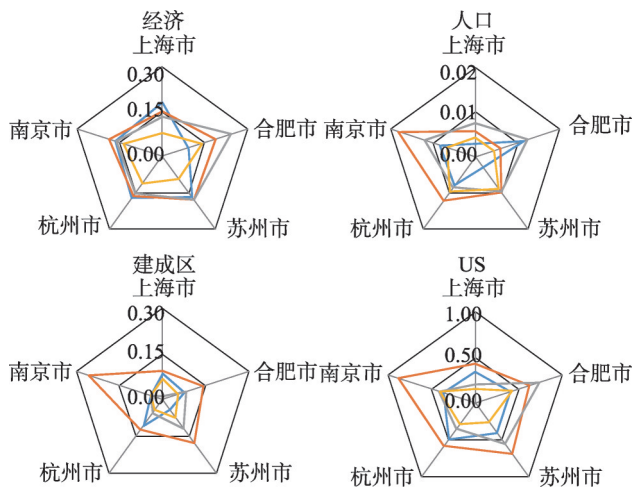


图10 长三角地区核心城市的经济、人口、建成区面积增长率与空间增长指数(US)雷达图

Fig. 10 Radar map of economic, population, built-up area growth rate and urbanization speed (US) value of five major cities of the YRD region

5 城市化空间特征及演化的内在机制探讨

长三角地区城市化在空间上的极化或扩散与区域内部的经济活动,特别是与产业升级和转移有着密切的联系。根据韦伯的工业区位论思想,工业活动区位的选择受到交通、人力成本、市场等多重因素的影响,企业会根据自身的定位和盈利不断调整生产经营活动,选择最适的生产地区和市场地^[24]。不同类型的产业和企业对各个影响因素的响应不同,会呈现不同的转移次序^[25-27]。从城市发展的阶段特征可以看出,随着城市化水平的提高,城市内部的产业部门不断升级,在此过程中,相对低端的转型升级难度较大的产业在城区土地和人力成本多重压力下就会逐渐寻求具有比较优势的区位。已有研究揭示出长三角地区的城市要素流动和产业转移已引起了该地区空间结构和产业结构的变动,比如:上海和浙江之间存在的以制造业为中心的产业“雁行形态”,推动了长三角制造业产业重心的迁移^[28]。此外,不同城市的工业用地价格对产业扩散规模也具有显著的空间效应。工业用地价格较高的区域,导致高效企业在这些区域落户,而低效率的企业从这些区域扩散^[29]。产业转移理论模型也表明中国制造业已经出现由东部向中西部地区的大规模转移,且在转移次序上,按照产业替代弹性的逆序展开。这种情况也表现在本研究区的空间模式上,低替代弹性产业呈现等级扩散模式,高替代弹性产业则呈现了扩散模式^[30]。

区域内的产业升级塑造了产业在空间分布上的层次等级或差异性。为阐明产业升级和转移对长三角地区整体发展带来的影响,这里基于第二、三产的产值数据,用三产与GDP的比重减去二产与GDP的比重的差值反映城市的产业结构情况,产业构成差值能反

映区域内城市当前的发展阶段（图11）。对比2015年和1995年二三产业差值（简称产业差值）分布特征发现，1995年各市产业差值几乎都分布在0以下，到2015年各市的产业结构发生较大变化，有15个城市的三产比重高于二产。同时，城市的产业层次与差异在拉大。1995年产业差值均值为-0.192，2015年接近于0，反映了区域内的产业升级现象。

产业升级推动产业在空间上的层次性与差异性，而这又是产业在空间上的转移动力。从区域产业结构的空间变化可以侧面反映产业转移，并揭示城市化特征及其演化的深层原因。如图11所示，1995年各省市产业结构空间上分布较为均匀，总体差异性较小。其中低于均值的城市数量表现为：浙江（8个）>江苏（7个）>安徽（6个）；而到2015年，产业结构极大变化，产业总体向上跃迁，且空间上存在梯队性，依次为：浙江、江苏、安徽。需要注意的是，上海大幅度产业跃迁（其排序从19位升至第1位）所带来的影响，由于与周边存在大的产业位差，易于形成产业流动力，推动了产业在区域内的扩散。事实上，产业流动力深刻体现在区域经济发展的过程中，空间增长指数的阶段性变化就是这种动力作用下的反映（图9）。表2统计特征分析显示，二产产值变异系数从1995年的143.41降低到2015年的98.12，三产产值变异系数从162.16降低到145.4；二、三产变异系数的变化幅度分别为-31.58和-10.34，也体现出产业转移动力对空间离散的推动作用。

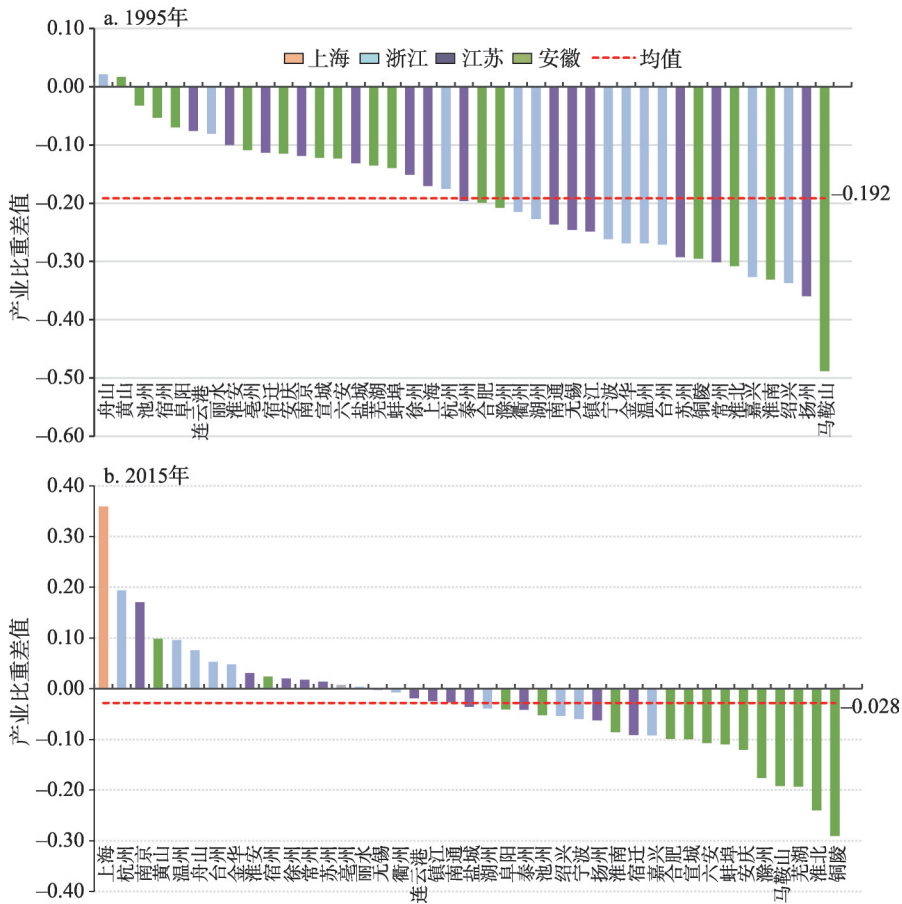


图11 1995年和2015年长三角地区产业构成差异对比

Fig. 11 Comparison of industrial composition differences between 1995 and 2015 in the Yangtze River Delta region

表2 1995年和2015年长三角城市二、三产业产值指标统计

Tab. 2 Statistic indicators of secondary and tertiary industries in the Yangtze River Delta region in 1995 and 2015

指标量	年份	均值	标准差	变异系数	Rc(%)
第二产业	1995	165.93	237.97	143.42	-31.58
第二产业	2015	1775.26	1741.10	98.13	
第三产业	1995	99.47	161.30	162.16	-10.34
第三产业	2015	2001.46	2910.20	145.40	

注: Rc表示变异系数在1995—2015年的变动幅度。

同时,比较长三角地区城市产业结构变化与城市化空间增长指数的变化,发现二者在空间上具有关联性。这种关联性表现在产业结构升级要求下会迫使较低端的产业外迁;由于产业转移具有一定的空间模式,使得具有区位优势的城市率先成为转移地,推动区域发展^[30-31];而这种发展表现在城市化的多个方面,包括经济、人口和土地城市化^[32]。通过城市US值的变化也可以进行产业转移的空间验证(图10)。比如,当上海完成产业升级和优化时,低端产业外延,促使产业发生空间变化^[33]。上海的US值降低、而南京、苏州、杭州的US值增大的现象即体现出了产业转移对区域城市化空间演化的作用。

此外,长三角地区城市空间发展格局和演化受到国家宏观政策的影响。上海、宁波等因其在地理位置、经济基础等方面具有优势,成为长三角地区对外经济合作和技术交流的首批沿海开放城市。沿海开放城市的确立逐渐完善了区域经济体系,助推了快速的城市化^[34]。此后,长三角地区被开辟为沿海经济开放区,在加快内陆省区对外开放的政策背景下,长三角地区迎来沿海和沿江多层次的发展机遇。南京、杭州、合肥等省会城市在政策推动下相继进入发展的高峰期,逐渐成为所在地区的城市化增长极。由于国家宏观政策的导向性和重点区域发展政策的倾向性^[35],势必会在一定时期内加剧部分地区的发展差异;但从长时间尺度来看,城市空间极化与扩散并存的现象、特别是先发地区带动后发地区的扩散和递推现象,将有助于推动区域城市化的全面发展,但是空间极化现象也将持续存在。

6 结论

本文综合经济、人口和土地城市化,研究了城市化空间关联特征及其演化过程。结果表明:1995—2015年间长三角地区城市等级规模分布明显,上海市处于第一等级(0.147~0.124),南京、杭州、苏州处于第二等级(0.045~0.059),其余城市处于三、四、五等级。但从演变趋势可以看出城市间城市化水平的差距在减小。此外,长三角地区城市化的空间联结强度呈现出明显的分布特征,空间关联强度的高值等级集中在长三角东部地区,以上海、苏州、无锡、杭州等10个城市构成长三角地区最为密集的城市化发展空间联系网络。研究时段内,长三角地区城市化整体上经历了从极化增强到极化减弱的动态过程,并逐渐走向均衡发展。同时,长三角地区城市化的空间演化也呈现出极化与扩散并存的特征,且往往是被扩散区域在空间上又快速形成极化,之后极化减弱又转入新的扩散阶段。对其驱动机制分析发现,长三角地区城市化空间特征及其演化过程受区域产业升级与转移的影响,产业升级塑造了产业的空间层次性和差异性,并在此基础上形成区域内的产业空间扩散动力。

中国城市化处在快速发展的过程中, 其空间特征和演化规律受区域发展内在机制的影响并将持续发挥作用。而在制定区域发展政策时, 要符合地理学规律, 同时结合城市自身发展阶段, 可以要求区域城市化空间格局的适度协调, 但不应过度追求区域内各个城市在同一时期的均衡发展。

参考文献(References)

- [1] Fang Chuanglin, Wang Yan. Transformation strategy and development mode of China's new urbanization. *China Urban Studies*, 2015, 6: 3-17. [方创琳, 王岩. 中国新型城镇化转型发展战略与转型发展模式. *中国城市研究*, 2015, 6: 3-17.]
- [2] Guan Wei, Cao Jiabin, Xu Shuting. The evolution of the development space polarization and driving factors in the service industry in Northeast China. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(6): 733-741. [关伟, 曹佳宾, 许淑婷. 东北三省服务业发展空间极化的演变及驱动因子分析. *地理科学*, 2015, 35(6): 733-741.]
- [3] Mitchelson R, Wheeler J. The flow of information in a global economy: The role of the American urban system in 1990s. *Annals Association of American Geographers*, 1994, 84(1): 87-107.
- [4] Fedolov L. Regional inequality and polarization in Russia. *World Development*, 2002, 30(3): 443-456.
- [5] Goebel J, Martin G. Deindustrialization and the polarization of household incomes: The example of urban agglomerations in Germany. *ERSA Conference Papers, European Regional Science Association*, 2014.
- [6] Seshanna S, Decornez S. Income polarization and in-equality across countries: An empirical study. *Journal of Policy Modeling*, 2003, 25(4): 335-358.
- [7] Esteban J, Gradin C, Ray D. An extension of a measure of polarization, with an application to the income distribution of five OECD countries. *Journal of Economic Inequality*, 2007, 5(1): 1-19.
- [8] Liu H M, Fang C L, Miao Y, et al. Spatio-temporal evolution of population and urbanization in the countries along the Belt and Road 1950-2050. *Journal of Geographical Sciences*, 2018, 28(7): 919-936.
- [9] Churkina N, Zaverskiy S. Challenges of strong concentration in urbanization: The case of Moscow in Russia. *Procedia Engineering*, 2017, 198: 398-410.
- [10] Boyd J P, Mahutga M C, Smith D A. Measuring centrality and power recursively in the World City Network: A reply to Neal. *Urban Studies*, 2013, 50(8): 1641-1647.
- [11] Liu Shuaibin, Yang Shan, Wang Zhao. Characteristics and formation mechanism of China's provincial urbanization spatial correlation based on population flow. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(4): 648-663. [刘帅宾, 杨山, 王钊. 基于人口流的中国省域城镇化空间关联特征及形成机制. *地理学报*, 2019, 74(4): 648-663.]
- [12] Chen M X, Huang Y B, Tang Z P, et al. The provincial pattern of the relationship between urbanization and economic development in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2014, 24(1): 33-45.
- [13] Ye Lei, Ou Xiangjun. Analysis on the process and spatial evolution of economic polarization in the Yangtze River Delta. *Progress in Geography*, 2012, 31(12): 1668-1677. [叶磊, 欧向军. 长三角地区经济极化过程与空间演变分析. *地理科学进展*, 2012, 31(12): 1668-1677.]
- [14] Ge Ying, Miron J, Pu Yingxia, et al. Dividing economic space into urban agglomerations using the marginal K function: A case study of Yangtze River Delta region. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(4): 528-538. [葛莹, Miron J, 蒲英霞, 等. 基于边际K函数的长三角地区城市群经济空间划分. *地理学报*, 2015, 70(4): 528-538.]
- [15] Wang Zhao, Yang Shan, Gong Fuhua, et al. Identification of urban agglomerations deformation structure based on urbanflow space: A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(9): 1337-1344. [王钊, 杨山, 龚富华, 等. 基于城市流空间的城市群变形结构识别: 以长江三角洲城市群为例. *地理科学*, 2017, 37(9): 1337-1344.]
- [16] Chen Wei, Liu Weidong, Ke Wenqian, et al. The spatial structures and organization patterns of China's city networks based on the highway passenger flows. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(2): 224-241. [陈伟, 刘卫东, 柯文前, 等. 基于公路客流的中国城市网络结构与空间组织模式. *地理学报*, 2017, 72(2): 224-241.]
- [17] Wang Fenglong, Zeng Gang, Ye Qin, et al. Analysis of city network based on innovation cooperation: Case study of Yangtze River economic belt. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2017, 26(6): 797-805. [王丰龙, 曾刚, 叶琴, 等. 基于创新合作联系的城市网络格局分析: 以长江经济带为例. *长江流域资源与环境*, 2017, 26(6): 797-805.]
- [18] Wang Jiaoe, Jiao Jingjuan, Jin Fengjun. Spatial effects of high-speed rails on interurban economic linkages in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(12): 1833-1846. [王姣娥, 焦敬娟, 金凤君. 高速铁路对中国城市空间相互作用强

- 度的影响. 地理学报, 2014, 69(12): 1833-1846.]
- [19] Gao Jinlong, Bao Jingwei, Liu Yansui, et al. Regional disparity and the influencing factors of land urbanization in China at the county level, 2000-2015. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(12): 2329-2344. [高金龙, 包菁薇, 刘彦随, 等. 中国县域土地城镇化的区域差异及其影响因素. 地理学报, 2018, 73(12): 2329-2344.]
- [20] Li Le, Gu Chaolin. Research on the evaluation of Yangtze River Delta central city based on hierarchy and network. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2018, 27(5): 949-959. [李玢, 顾朝林. 基于等级—网络分析框架的泛长江三角洲中心城市评价研究. 长江流域资源与环境, 2018, 27(5): 949-959.]
- [21] Li Zhenghua, Xu Xiaoping, Du Jianguo. Evolution analysis of the unbalanced and polarized economic development in the Yangtze River Delta Region. *Inquiry into Economic Issues*, 2008(6): 23-29. [李正华, 徐小平, 杜建国. 长三角区域经济发展不均衡和极化的演化分析. 经济问题探索, 2008(6): 23-29.]
- [22] Xu Jianhua. *Quantitative Geography*. Beijing: Higher Education Press, 2014. [徐建华. 计量地理学. 北京: 高等教育出版社, 2014.]
- [23] Wang Y Q, Tsui K Y. Polarization orderings and new classes of polarization indices. *Journal of Public Economic Theory*, 2000, 3(2): 349-363.
- [24] Weber A. *Industrial Location Theory*. Li Gangjian, trans. Beijing: The Commercial Press, 1997. [Weber A. 工业区位论. 李刚剑, 译. 北京: 商务印书馆, 1997.]
- [25] Krugman P, Venables A. Globalization and the inequality of nations. *The Quarterly Journal of Economics*, 1995, 110(4): 857-880.
- [26] Puga D, Venables A. The spread of industry: Spatial agglomeration in economic development. *Journal of the Japanese and International Economies*, 1996, 10(4): 440-464.
- [27] Puga D. The rise and fall of regional inequalities. *European Economic Review*, 1999, 43(2): 303-334.
- [28] Chen Jianjun. The development of industrial and spatial structures in the Yangtze River Delta. *Journal of Zhejiang University (Humanities and Social Sciences)*, 2007, 37(2): 88-98. [陈建军. 长江三角洲地区产业结构与空间结构的演变. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2007, 37(2): 88-98.]
- [29] Chen W, Shen Y, Wang Y N, et al. How do industrial land price variations affect industrial diffusion? Evidence from a spatial analysis of China. *Land Use Policy*, 2018, 71: 384-394.
- [30] Hu Anjun, Sun Jiuwen. Migration of manufacturing industries in China: Whether, how and where. *China Economic Quarterly*, 2014, 13(4): 1533-1556. [胡安俊, 孙久文. 中国制造业转移的机制、次序与空间模式. 经济学(季刊), 2014, 13(4): 1533-1556.]
- [31] Jin Fengjun, Wang Chengjin, Li Xiuwei. Discrimination method and its application analysis of regional transport superiority. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(8): 787-798. [金凤君, 王成金, 李秀伟. 中国区域交通优势的甄别方法及应用分析. 地理学报, 2008, 63(8): 787-798.]
- [32] Fan Hui, Liu Weidong, Wu Zebin, et al. The coupling coordination evaluation between population urbanization and land urbanization in Zhejiang Province. *Economic Geography*, 2014, 34(12): 21-28. [范辉, 刘卫东, 吴泽斌, 等. 浙江省人口城市化与土地城市化的耦合协调关系评价. 经济地理, 2014, 34(12): 21-28.]
- [33] Peneder M. Structural change and aggregate growth. WIFO Working Paper, Vienna: Austrian Institute of Economic Research, 2002.
- [34] Fang Chuanglin. Policy implication process and prospect of Chinese urban agglomerations formation and development. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(3): 257-264. [方创琳. 中国城市群形成发育的政策影响过程与实施效果评价. 地理科学, 2012, 32(3): 257-264.]
- [35] Teng Yun, Lu Dadao, Gan Guohui. Effects of China's opening-up policy on the nation's regional economic development. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(5): 580-588. [腾云, 陆大道, 甘国辉. 中国开放政策对区域发展的作用. 地理学报, 2001, 56(5): 580-588.]

Urban spatial correlation characteristics and intrinsic mechanism in the Yangtze River Delta region

CUI Yaoping^{1,2}, LIU Xuan², LI Dongyang², DENG Qingxin²,
XU Jianing², SHI Xinyu², QIN Yaochen^{1,2}

(1. Laboratory of Geospatial Technology for the Middle and Lower Yellow River Regions, Kaifeng 475004, Henan, China; 2. College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475004, Henan, China)

Abstract: China is experiencing rapid urbanization. It is of great significance to clarify the characteristics of urban spatial expansion and its evolution law for regional coordinated development. Urbanization involves many aspects such as economy and population. However, current researches still face challenges in comprehensively reflecting the spatial pattern, evolution process, and intrinsic mechanism of regional urbanization, and they cannot effectively reveal and quantify the spatial correlation and evolution process of regional urbanization. Based on the data of economy, population and urban space in the Yangtze River Delta region from 1995 to 2015, this paper used spatial polarization and diffusion theory to quantitatively analyze the spatial evolution process and characteristics of urbanization. The results showed that: (1) The characteristics of urbanization level in the study area were obvious. Shanghai was at the first level, Nanjing, Hangzhou and Suzhou were at the second level, and the rest of the cities were at the third, fourth and fifth levels. The spatial correlation intensity of urbanization shows that the high-value level was concentrated in the eastern part of the region and 10 cities, such as Shanghai, Suzhou and Hangzhou, constituted the most intensive urbanization development spatial network. (2) During the study period, the spatial polarization and spatial diffusion characteristics existed simultaneously in the Yangtze River Delta region. During the study period, a diffused region always rapidly presented a pattern of polarization in space, then the polarization weakened and turned into a new diffusion phase. It is most obvious in Nanjing and Hangzhou among all the 41 cities. Our findings completely demonstrate that the spatial correlation among cities is changing over time. This study also explored the driving mechanism of regional urbanization, indicating that industrial upgrading and transfer within the study area is the main endogenous driving force for spatial polarization or diffusion. Our study has important theoretical and practical value for future regional development planning.

Keywords: spatial polarization; spatial diffusion; temporal-spatial evolution; urban primacy; regional radiation