
产业集聚与城镇空间格局的 耦合关系及时空演化 ——以长三角区域为例

曹炳汝 孙巧¹

(江南大学 商学院区域发展研究基地, 无锡 214122)

【摘要】: 产业集聚与城镇空间格局的变动之间存在着密切的联系。针对两者之间的耦合关系及时空演化问题, 构建区域产业集聚与城镇空间格局演化综合评价指标, 并利用 1990—2016 年长三角区域 16 个城市的统计数据, 基于面板回归模型和空间重心模型探究两系统之间演化的互动作用关系和时空演化。结果表明: 长三角区域的产业集聚与城镇空间格局间存在较显著的耦合关系; 长三角区域各市区的耦合协调度及空间匹配度均稳步提升, 但长三角区域耦合协调发展程度不够均衡, 长三角南部的耦合协调的发展程度稍弱于长三角区域北部的发展; 在近几十年的发展中, 长三角北部地区逐渐形成以上海-南京为轴线的耦合协调发展区域, 整个长三角区域的耦合协调则呈现“Z”字形特征。

【关键词】: 产业集聚 城镇空间演化 耦合度 长江三角洲

1 引言

城镇化发展水平是一个国家经济发展以及城市建设水平的重要衡量指标, 对区域经济的发展具有巨大的影响。改革开放以来, 中国工业化飞速发展, 户籍政策也在逐步放开, 与此同时, 全国的城镇化也进入了快速发展的阶段。但是近些年来随着城镇化的快速推进, 也出现了诸多矛盾和问题。如城镇化质量的提升比较缓慢、城乡差距不断扩大等“城市病”问题较为严重, 且在城乡二元结构与市民化问题、城镇规模体系、城市空间郊区化蔓延、城市建设与管理等方面存在着严重的问题, 严重制约着城镇化的健康发展^[1,2]。而产业在空间上的功能性集聚已成为解决新型城镇化建设问题的关键, 因此, 正确认识长三角地区产业集聚与城镇空间格局耦合互动关系, 探讨产业集聚与城镇空间格局的耦合发展机制, 对推动长三角区域产业集聚区布局与城镇空间结构的协调发展具有重要的意义。

为解决区域产业集聚与城镇空间结构问题, 国内外学者从不同角度探讨其耦合协调发展。西方经济学家 Marshall 认为由于外部规模经济的作用, 导致了产业在部分区域内不断聚集, 进而促进了专业化城镇的产生和发展^[3]。Scott 则从企业联系成本的角度对产业集聚与城市发展的关系做了新的解释, 他将有交易网络关系连接的、空间集聚的产业综合体称之为“原始城市形态”, 并在进一步分析集聚经济以及劳动过程中的纵向一体化、纵向分解、生产联系时得出产业集聚的特点, 进而与城市发展联系起来^[4]。

¹基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (41430635)

作者简介: 曹炳汝 (1960-), 男, 江苏张家港人, 教授, 硕士生导师, 研究方向为城市与区域经济地理。E-mail: caobr@sina.com

通讯作者: 孙巧 (1993-), 女, 江苏沛县人, 硕士, 研究方向为城市与区域经济地理。E-mail: 18816200229@163.com

20 世纪 90 年代以来, 新经济地理学派的代表人 Krugman、Fujita、Venables 在深入研究了经济与人口集聚的因果机制的基础上, 提出了迁移驱动模型及投入-产出联系驱动模型等理论模式^[5]。Edwin Mills 和 Bruce Hamilton 在吸收和发展马歇尔的外部经济学思想的基础上, 形成了米尔斯-汉密尔顿城市形成模型, 他们用城市形成模型指出“产业的区位选择和集聚过程是城市化发展的主要动力”^[6]。Hollis B Chenery 和 Purcell Kyu 在研究各个国家经济结构转变的趋势时, 曾概括了工业化与城市化关系的一般变动模式^[7]。

Glaeser 利用波士顿城市三百多年的数据研究发现, 城市的长期繁荣主要取决于根据需求状况和技术变化迅速做出产业结构调整的能力^[8]。Duranton 通过在城市体系中加入“创新震荡”来研究影响城市体系演变因素, 发现跨行业创新带来的产业结构变化是影响城市体系演变和就业增长的主要因素^[9]。Sudekum 和 Findeisen 通过对西德 3% 的城镇数据的研究发现, 城市的就业增长取决于产业的初始结构, 而非产业结构调整的力度^[10]。Billings S B、Johnson E B、Lu 等指出当城市拥有密集的商业场所时, 城镇化与产业集聚具有显著的相关性, 城市化与产业集聚的互动发展已成为区域经济发展的强大动力^[11,12]。Mondal B、Das D N、Dolui G 利用地理加权回归模型探究了城市空间扩张的方向, 发现经济评估良好的空间环境以及投资者的兴趣是城市扩张驱动力^[13]。Verma S、Chatterjee、Mandal N R 使用地理信息系统, 遥感技术和 Shannon 熵方法量化了班加罗尔市的城市发展趋势, 提供了识别城市增长空间模式一种强有力的方法^[14]。

随着新型城镇化发展上升为国家战略, 产业集聚与城镇化之间的互动关系逐渐成为中国学者的研究热点。集聚效应与城镇空间的演化有非常密切的关系。一方面, 集聚效应能够通过知识外溢及规模经济等效应影响社会的生产成本, 是城镇发展的动力^[15]。另一方面, 城镇化的发展为产业结构的升级提供了有利的依托, 产业集聚也在逐步适应城市群发展的趋势, 逐步实现了与城镇化的对接^[16]。在这种相互作用之下, 产业的集聚使得城市的吸引力得到增强, 促进了城市化的进程, 而反过来, 城市化进程又对产业集聚带来了积极的作用^[17]。许多学者都针对这种相互作用进行了研究, 其中一部分学者选择了对整个产业的集聚效应进行分析。朱智文以城市化的动力机制为起点利用格兰杰因果检验的方法证明了这一关系, 他发现一方面产业集聚形成了城市并加速了城市化的进程, 而另一方面城市的形成与优化升级又进一步强化了产业集聚^[18]。马延吉从定性分析的角度研究了辽中南城市群的产业集聚发展与格局, 指出城市群是区域产业集聚的载体, 城市的扩展促进了产业的扩散和再集聚^[19]。梁辰等以大连地区为研究对象, 利用遥感技术及地理信息系统对 2000—2005 年临港产业集聚过程中的多方面因素进行了分析, 探讨了临港地区城镇空间结构演变的规律^[20]。陆根尧等运用典型相关分析对浙江省 20 个县的产业集聚和城市化互动, 从静态和比较静态视角进行了研究, 得出产业集群和城市化之间存在显著的互动关系, 可以利用它们客观存在的关系, 促进两者的互动发展^[21]。唐承丽等指出城市群是产业集群和开发区发展的空间载体, 城市群为开发区和产业集群发展提供生产要素、服务和市场, 产业集群是开发区和城市群发展的重要驱动力^[22]。另一部分学者对特定行业的产业集聚进行了研究。刘曙华从行业角度着手, 以长三角地区为例, 对生产性服务业的空间集聚与空间发展格局之间的影响进行了定量和理论分析, 发现生产性服务业的集聚对城市空间格局的形成发展具有重要影响^[23]。徐维祥等运用全局自相关与耦合协调等多种模型测度了浙江省 2006—2012 年产业集群的创新与城镇化之间的耦合协调度, 发现 2006—2012 年期间, 中国的城镇化与产业集群创新的耦合协调度均处于上升的趋势, 协调度呈现出“西北高, 东南低”的整体态势, 集聚态势呈倒“V”型变化^[24]。高源等运用耦合协调度模型对中国海洋产业的空间集聚与协调发展进行探究, 发现 2001—2012 年期间其耦合协调程度总体上在持续增加, 并以 2006 年为界由失调转为协调, 指出天津、上海、海南与福建是海洋空间集聚较强的地区, 处于中级协调阶段^[25]。俞思静等以江浙沪为例, 运用 PLS 通径模型及耦合模型, 测度了该地区 2004—2013 年金融产业的集聚与城镇化耦合协调关系, 得出各市的空间分布呈现出板块化结构分布, 且其金融产业的集聚与城镇化的耦合协调关系逐年上升^[26]。

总体看来, 随着产业集聚与城镇空间格局的不断发展, 学术界对此做了大量的研究, 取得了丰硕的成果^[27,28,29]。但现有研究仍存在以下不足: 一是前期国内外学者对产业集聚与城镇空间格局之间的耦合研究多停留在理论研究方面, 后期研究大多停留在定性探究, 缺少对实证数据的分析和研究^[30,31]; 二是目前对产业集聚与城镇空间格局耦合关系的研究多集中在静态研究方面, 缺乏对两者关联发展整体趋势的把握^[32,33]; 三是对不同历史背景及地理条件下形成的城市群缺乏较为系统的分析、研究与归纳。

基于此, 本文以中国产业集聚和城镇化发展比较经典的区域——长三角区域为典型案例, 基于面板回归模型对长三角区域

产业集聚与城镇空间格局之间的耦合关系进行验证。并借助耦合协调及空间重心模型等分析与研究方法，从动态分析的角度，对 1990—2016 年近 30 年长三角区域的耦合发展及其整体趋势进行研究与分析，以期为其他地区的产业集聚与城镇化建设的协调发展提供实践经验。

2 产业集聚与城镇空间格局的耦合机制分析

2.1 产业集聚引起城镇空间格局的演变

正是由于产业的空间集聚才导致了城镇的产生和发展，因此城镇具有明显的产业属性，而城镇空间格局的演变同样与城镇的产业集聚密切相关。产业增长是城镇规模扩张和形态演变的根本动力，而产业集聚规模的发展是产业增长的核心内容和主导动力。产业集聚的规模增长带来人力资本的大量集聚，甚至出现本地劳动力不足的现象，大量外地劳动力涌入城镇以满足生产力的发展，大量流动人口的集聚则会催生出新的生活性服务空间，刺激城镇空间的增长及城镇功能的增加。总体来看，一方面，产业集聚规模的扩大会带来新的空间需求，从而引起城镇空间格局的重构；另一方面产业集聚的不断发展会催生相关产业的发展，产业的出现和发展则又会引起新的工业空间和生产服务性空间的出现，使得原有空间的规模和结构发生演变。

2.2 城镇空间格局的演化为产业集聚发展提供条件

首先，城镇空间格局的演化为产业集聚的发展提供生产要素。城镇空间格局演化的过程中，劳动力及资本等基本要素重新布局，使得资源在空间上得到优化配置，从而为产业的集聚提供条件。此外，城镇空间格局的演化使得城镇发展的硬环境得到提升，各项基础设施的集中建设为产业集聚的发展提供了良好的外部条件。特别是日益发达的交通网络，不仅大幅度缩短了城镇的空间距离，还加快了要素的流动，使得企业的运输成本和交易成本得到降低，为产业集聚的发展创造了条件。最后，城镇空间格局的演化缩短了企业在空间上的距离，使得知识和经验快速传播，能够促进企业间形成合作、竞争与创新的文化氛围，创新性技术的传播与发展使得企业的技术水平不断提高，使得成本得以降低，进而吸引更多的企业在空间上集聚，为产业集聚发展提供了专业的服务保障。

3 研究方法

产业集聚的发展促进了对人力资本的需求，而人口的增加又促使了城镇空间的增加，产业集聚系统和城镇空间格局系统相互作用、彼此影响的动态关系，形成了产业集聚区域的整体协调作用，为了测度产业集聚与城镇空间格局系统之间的这种耦合演化的动态强弱程度，本文建立产业集聚与城镇空间格局之间的动态耦合模型。产业集聚的测度方法有很多种，其中集中度、H 指数、EG 指数和空间基尼系数等测度产业集聚的方法最为常见^[34,35]。但这些方法均是基于一两个指标对产业集聚进行的测度，而影响区域产业集聚的因素并不是单一的。且这些测度方法都存在一个默认的假设：产业集聚存在于既定的行政区域之中。这一假设使得这些测度方法没有考虑到产业集聚的真正地域，割裂了区域之间的经济联系^[36]。鉴于单一指标测度的不足及产业集聚存在的区际联系，本文采取了熵权法对多指标加权的综合评价方法对产业集聚进行测度。

3.1 熵权法求权重

首先通过数据标准化处理以消除数据间的量纲关系及异方差，使得数据更具有可比性。标准化的方法有很多种，如离差标准化法、标准差及 Log 函数转换等，本文正向、逆向指标均采用离差标准化法计算得出，随后根据熵权系数法，可得系统第 j 个指标对应的熵值 E 为：

$$E_j = -k \sum_{i=1}^n (p_{ij} \times \ln p_{ij}) \quad (1)$$

式中： $k = \frac{1}{\ln m}$ ； $p_{ij} = \frac{Y'_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y'_{ij}}$ ； $i = 1, 2, \dots, n$ ； $j = 1, 2, \dots, m$ 。则熵权的值可由公式（2）计算得出^[37]。

$$w_j = \frac{1 - E_j}{m - \sum_{j=1}^m E_j} \quad (2)$$

3.2 耦合协调度模型

耦合是一个物理概念，用来表示两个或两个以上的系统存在紧密配合与相互影响的作用关系，借助物理学的耦合概念和系数模型可以构建耦合度模型。两个系统的耦合度可以表示为^[38]：

$$C = \sqrt{\frac{U_1 \times U_2}{(U_1 + U_2)^2}} \quad (3)$$

式中： U_1 和 U_2 分别代表产业集聚与城镇空间格局系统，分别由公式（4）和公式（5）计算得出。计算得出的产业集聚发展综合评价得分越高，产业集聚的发展程度越高，反之，产业集聚的发展水平越低；计算得出的城镇空间格局的综合评价得分越高，城镇空间格局发展越好，反之，城镇空间格局发展越差。

$$U_1 = \sum_{i=1}^n a_i x_i \quad i = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$U_2 = \sum_{j=1}^m b_j y_j \quad j = 1, \dots, m \quad (5)$$

式中： x_i 和 y_j 为评价产业集聚与城镇空间格局两个系统的指标； a_i 和 b_j 分别为个指标的权重；

$\sum_{i=1}^n a_i = 1, i = 1, \dots, n$ ； $\sum_{j=1}^m b_j = 1, j = 1, \dots, m$ 。为了避免由主观因素带来的权重误差，采用熵权法计算各个指标的权值。

虽然上面的耦合度 C 可以测度产业集聚与城镇空间格局之间的耦合强度，但不能反映两者之间的耦合协调度，因为当评价产业集聚和城镇空间格局的指标值很低时，也会出现高耦合度的情况，因此，需要利用耦合协调度对耦合度模型做进一步的改善，使模型不仅能准确地反映两系统的耦合程度，还能体现它们协调水平的高低。改进的模型如下所示。

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (6)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (7)$$

式中：C 表示耦合度，它的大小反映了产业集聚与城镇空间格局协调发展的程度； α 和 β 为权重；D 为耦合协调度，D 的取值范围在 0~1 之间，反映了产业集聚与城镇空间格局的整体协同效应。耦合协调度评价准则见表 1。

表 1 耦合协调度评价准则

耦合协调区间	D 的取值范围	耦合协调类型	耦合协调作用解释
不可接受区间	0.00~0.20	极度失调衰退类	耦合作用极不明显，有序性非常差。
	0.21~0.40	一般失调衰退类	耦合作用不明显，有序性差。
过渡区间	0.41~0.50	勉强耦合协调类	存在一定的耦合作用，但影响作用不大。
	0.51~0.60	初级耦合协调类	存在较强的耦合作用，初步协调。
可接受区间	0.61~0.80	良好耦合协调类	存在较强的耦合作用，协调程度大。
	0.81~1.00	优质耦合协调类	耦合作用极强，协调作用极强。

3.3 空间重心模型

空间重心模型综合考虑了事物空间（经度、纬度）及时间上的性质，是空间统计分析技术中分析属性值空间地理分布特征的重要工具。可以体现区域属性值的平衡结构，基于此，构建产业集聚与城镇空间格局的空间重心模型^[39]。

$$P_t = \frac{\sum_i^n (S_{it} p_i)}{\sum_i^n S_{it}}, \quad Q_t = \frac{\sum_i^n (S_{it} q_i)}{\sum_i^n S_{it}} \quad (8)$$

式中： P_t 、 Q_t 分别表示所研究区域产业集聚（城镇空间格局）在第 t 年的空间重心经、纬度坐标，以此来表示属性值的空间平均中心； p_i 和 q_i 是第 i 个次级区域的经纬度坐标； S_{it} 表示第 i 个次级区域第 t 年的产业集聚（城镇空间格局）。空间重心偏离度是刻画两系统匹配度及判断两者耦合时空态势的指标，可以由公式（9）计算得出。

$$D_{I-U}^t = C \times \sqrt{(Q_t - Q_{Ut})^2 + (P_t - P_{Ut})^2} \quad (9)$$

式中： D_{I-U}^t 表示第 t 年产业集聚与城镇空间格局的空间偏离度；C 为经纬度距离转换为平面距离的转换系数，设定为 111.111^[40]。

4 数据来源及指标体系构建

4.1 数据来源

以 2010 年《长三角地区区域规划》所列出的城市为长三角区域的空间范围（表 2）。选取 1990—2016 年长三角区域 16 个地级市的面板数据（由于 1990—1995 年泰州市隶属于扬州市的一个县，因此 1990—1995 年长三角区域有 15 个地级市），将其划分为 1990 年、2000 年、2010 年、2016 年 4 个时间段，对该地区的产业集聚与城镇空间格局的耦合关系进行研究，本文的数据来源于历年《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》及长三角各地级市统计年鉴，部分年份的缺失数据经插值法处理得出。

表 2 长三角区域所包含的 16 个地级市

省份	长三角区域所包含的地级市
江苏省	苏州、无锡、常州、南京、镇江、南通、扬州、泰州
浙江省	宁波、杭州、嘉兴、湖州、绍兴、舟山、台州
上海市	—

4.2 指标体系构建

从产业集聚与城镇空间格局的内在联系出发，统计指标的使用频率和比例，严格遵循科学性、系统性与代表性的指标体系建立原则，并根据指标和研究目标的重要性和可用性，构建长三角区域产业集聚与城镇空间格局的指标体系。在参考现有文献研究成果的基础上^[41, 42]，发现衡量产业集聚的指标主要分为产业发展规模和产业结构两个方面，其中，产业发展规模主要由建成区单位土地面积产值和规模以上工业总产值衡量，其中建成区单位面积产值以地区生产总值和建成区土地面积的比值表示。城镇化是指农村人口转化为城镇人口的过程，城镇化水平通常用非农人口的占比来表示。城镇化水平的不断提高吸引产业向城镇区域不断集聚，促使乡村人口进入城镇就业，又推进了为满足进城就业人口各种需求的城镇建设，带来城镇功能布局的变化及城镇空间格局的时空演进，总之，城镇化水平是推动城镇空间格局发展及演化的重要力量。城镇空间格局是城镇要素在空间范围内的分布和联结状态，是城镇要素在空间地域上的投影。因此本文选取城镇要素对城镇空间进行描述和分析。首先，城镇空间格局的演变主要体现在城镇的空间蔓延式扩张，即农业或未利用土地不断转化为建设用地，能够反映城镇功能区的空间演变。其次，城镇人口的密度也影响着城镇空间格局，一般来说，城镇中心区的人口居住密度最高，离城镇中心越远，居住人口越低^[43]。此外，随着国民经济与科技的快速发展，城镇交通进一步缩短了区域时空距离，也在很大程度上影响着城镇的空间格局^[44]。因此本文选择城镇建成区面积、城镇人口密度、人均城市道路面积及万人拥有公共汽车等 4 项指标来衡量城镇空间格局（表 3）。

表 3 长三角区域产业集聚与城镇空间格局指标体系

一级指标	二级指标	单位
产业集聚	建成区单位土地面积产值	亿元/km ²
	规模以上工业总产值	亿元
	第二产业产值占 GDP 的比例	%
	第三产业产值占 GDP 的比例	%
城镇空间格局	城镇建成区面积	km ²
	城镇人口密度	人/km ²
	人均城市道路面积	m ²
	万人拥有公共汽车	辆

5 实证分析

5.1 综合指数分析

首先，运用标准化方法对指标值进行标准化处理，以消除数据的量纲及数量级的影响。随后，为避免主观意识的影响，本文选择熵权系数法估计标准化指标相应的权重，基于公式 4 和公式 5，计算得出产业集聚与城镇空间格局的综合评价指标，即产业集聚综合评价指数（ISI），城镇空间格局综合评价指数（UI）。并将 1990—2016 年划分为 1990—1999 年，2000—2009 年，2010—2016 年 3 个时间段，分别计算 3 个阶段产业集聚与城镇空间格局综合评价指数的均值，以直观展现 ISI 与 UI 各时期的综合水平（表 4）。

表 4 产业集聚与城镇空间格局的综合评价指标均值

	1990—1999		2000—2009		2010—2016		1990—2016	
	ISI	UI	ISI	UI	ISI	UI	ISI	UI
苏州市	0.143	0.129	0.397	0.304	0.829	0.510	0.415	0.293
无锡市	0.130	0.163	0.309	0.345	0.557	0.486	0.307	0.314
常州市	0.103	0.139	0.247	0.269	0.465	0.376	0.250	0.249
南京市	0.112	0.188	0.243	0.424	0.459	0.636	0.250	0.392
镇江市	0.098	0.125	0.216	0.232	0.416	0.353	0.224	0.224
南通市	0.098	0.130	0.275	0.241	0.511	0.391	0.270	0.239
扬州市	0.107	0.124	0.232	0.209	0.444	0.282	0.241	0.197
泰州市	0.143	0.123	0.234	0.222	0.487	0.308	0.301	0.232
宁波市	0.119	0.116	0.296	0.251	0.520	0.409	0.289	0.242
杭州市	0.117	0.115	0.281	0.289	0.498	0.451	0.276	0.267
嘉兴市	0.104	0.094	0.245	0.224	0.452	0.328	0.246	0.203
湖州市	0.089	0.058	0.199	0.177	0.343	0.284	0.196	0.161
绍兴市	0.139	0.083	0.284	0.227	0.459	0.315	0.276	0.196
舟山市	0.068	0.090	0.170	0.171	0.291	0.276	0.164	0.168
泰州市	0.091	0.089	0.221	0.204	0.373	0.294	0.213	0.185
上海市	0.176	0.405	0.466	0.657	0.859	0.766	0.460	0.591

运用 ArcGIS 软件的自然断裂法，将计算得到的 1990—2016 年产业集聚与城镇空间格局两大系统的平均值划分为四个层次：高层区，相对高层区，相对低层区和低层区（图 1），通过分析发现，从产业集聚发展水平的角度来看，上海和苏州市为高层次的地区，无锡、南通、泰州、杭州、绍兴及宁波是较高层次的地区，湖州、台州和舟山为低层次地区，而南京市则因为建成区面积较大，从而导致建成区单位土地面积产值较低，使得该城市的产业集聚值偏低，和扬州、镇江、常州、嘉兴等市落在了较低层次地区。从城镇空间格局的发展来看，上海市的城镇空间格局已经较为成熟，一直处于高层次的水平。南京和无锡市为较高层次地区，除扬州、湖州、嘉兴等五市为低层次地区外，其余地区均为较低层次区域。

5.2 产业集聚与城镇空间格局的互动关系研究

在探究产业集聚与城镇空间格局的耦合关系时，先验证两个系统之间长期性及均衡性关系的存在，然后采用面板回归分析，分别检验产业集聚对城镇空间格局的影响情况，与城镇空间格局对产业集聚的影响情况，当两个系统之间存在影响且影响显著时，就可以验证产业集聚与城镇空间格局的这种动态关联耦合关系的存在。由于泰州市在 1996 年之前隶属于扬州的一个县，并考虑到数据的可得性，本文在进行计量研究时，将数据缩小为 1996—2016 年长三角区域的 16 个市。在进行验证之前，对所有变量的原始数据进行取对数处理，以期在一定程度上削弱数据之间的共线性及异方差，增加数据的平稳性。

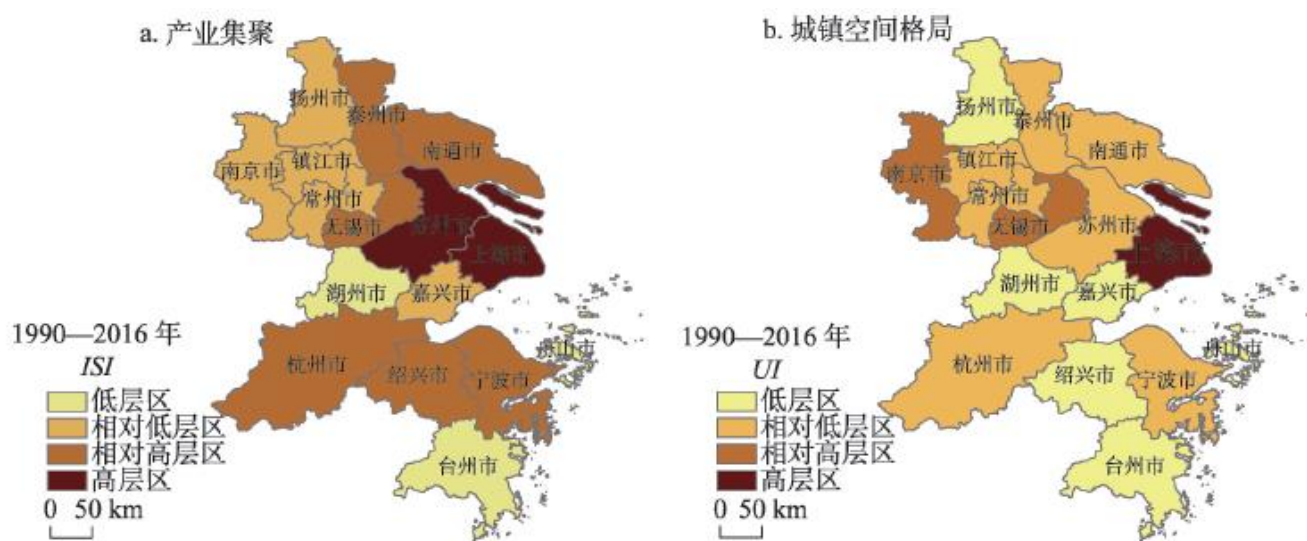


图1 长三角区域产业集聚与城镇空间格局的空间分布

注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图（审图号：GS(2019)2885号）制作，底图无修改。

5.2.1 面板数据的单位根检验

由于面板回归的精准度建立在回归变量是平稳数据的基础之上，因此有必要在做面板回归之前对数据的平稳性进行检验。面板单位根检验的原理是将变量的各截面数据看成一个整体进行检验。通常用来对面板数据进行单位根检验的方法有 LLC 检验、IPS 检验、ADF-Fisher 检验及 PP-Fisher 检验。其中 LLC 检验是建立在横截面数据具有同质性并且相互独立的基础上，被称为“相同单位根检验”，而 IPS、ADF-Fisher 及 PP-Fisher 检验则允许在不同的截面单位取值不同，即可以进行异质面板单位根检验。在进行单位根检验时四种检验方法的结果不尽相同，通常以 LLC 和 ADF-Fisher 的检验为准。这四种单位根检验的原假设均为“数据存在单位根”，当 $P < 0.05$ 时，说明统计量在 95% 的水平下拒绝原假设，当 $P > 0.05$ 时，不能拒接原假设。表 5 列出了所选变量的四种面板单位根检验结果。

由表 5 可以看出，LNISI（产业集聚）和 LNUI（城镇空间格局）检验的 P 值均小于 0.05，通过了面板单位根检验，均为平稳序列 $I(0)$ ，没有单位根。此结果符合面板协整检验的前提条件，可对其进行面板协整检验，以探究 LNISI（产业集聚）与 LNUI 是否存在长期性与均衡性的关系存在。

表 5 面板单位根检验结果

检验方法	LLC 检验	IPS 检验	ADF-Fisher	PP-Fisher	单位根
ISI	-4.64429 (0.0000)	-3.02186 (0.0013)	52.8334 (0.0117)	21.5595 (0.9187)	否
LNISI	-23.3441 (0.0000)	-	314.166 (0.0000)	377.925 (0.0000)	否
UI	-0.39671 (0.3458)	4.76151 (1.0000)	10.4477 (0.9999)	7.67523 (1.0000)	是
LNUI	-8.36556 (0.0000)	-2.86498 (0.0021)	64.4977 (0.0006)	91.5584 (0.0000)	否

5.2.2 面板协整检验

面板协整检验的方法主要分为两大类，一类是建立在 EngleandGranger 两步法检验基础上的面板协整检验，具体方法主要有 Pedroni 检验和 Kao 检验。另一类是基于 Johansen 基础上的协整检验。本文主要采用 Pedroni Residual 检验验证面板数据的协整情况（表 6），该方法以回归残差为基础，构造出 7 个检验统计量对协整结果进行检验，由于 Panel ADF 和 Group ADF 的检验结果最为准确，PanelV 和 Group Rho 的检验效果最差，其他统计量的检验效果位于他们之间，因此，当检验结果不一致时，应按照效果的优劣进行判断。

综合看来，除 Grouprho-stat 接受原假设之外，其余的检验均拒绝原假设，由于 Panel ADF 和 Group ADF 的检验结果最为准确，因此检验结果主要以这两个统计量为主，最后可得出序列 LNISI 和 LNUI 之间存在协整关系，即存在长期的均衡的关系。下面本文将对两者之间的关系进行面板回归分析。

5.2.3 面板回归模型的选择与建立

在上面的检验中，可知序列 LNISI 和 LNUI 均为平稳性序列可以进行面板回归，但在回归之前，首先要对面板回归模型进行 Hausman 检验决定选择的面板回归模型。Hausman 检验模型的形式如下：

$$y_{it} = \alpha + v_{it} + x_{it}\beta + u_{it} \quad i = 1, 2, \cdots, N, t = 1, 2, \cdots, T \tag{10}$$

原假设为：应建立随机效应模型。利用该模型分别对产业集聚和城镇空间格局之间的相互影响分别进行检验，检验结果如表 7 和表 8 所示。

由上表可知，城镇空间格局对产业集聚影响的 Hausman 检验的 P 值小于 0.05，因此，在 5%的显著性水平上拒绝“建立随机效应模型”的原假设，应建立固定效应模型，而产业集聚对城镇空间格局影响的 Hausman 检验的 P 值大于 0.05，应建立随机效应模型。运用 Eviews 软件，分别对两种模型进行回归，结果见表 9。

5.2.4 回归结果分析

从面板回归模型的回归结果来看，城镇空间格局和产业集聚之间存在相互作用的耦合关系，且城镇空间格局的变化对产业集聚的影响较大，影响系数为 1.218476，并通过了 5%的显著性水平检验，可见城镇空间格局的改善对产业集聚的增加具有明显的正向促进作用。与此同时，产业集聚对城镇空间结构的回归系数为 0.721357，也验证了产业集聚对城镇空间结构明显的正向促进作用。由此可见产业集聚与城镇空间格局两个系统之间存在动态关联的耦合关系。

5.3 耦合协调度的时空差异显著

表 6 Pedroni 面板协整检验结果

	Panelv-stat	Panelrho-stat	PanelPP-stat	PanelADF-stat
组内统计量	1.962242	-1.902652	-3.890793	-4.242476
(Weighted)	(0.0249)	(0.0285)	(0.0000)	(0.0000)
		Grouprho-stat	GroupPP-stat	GroupADF-stat
组间统计量		-0.115078	-3.569034	-4.332671
		(0.4542)	(0.0002)	(0.0000)

表 7 城镇空间格局对产业集聚影响的 Hausman 检验

Test Summary	Chi-sq. Statistic	Chi-sq. d. f.	Prob.
Cross-section random	25.168839	1	0.0000

表 8 产业集聚对城镇空间格局的 Hausman 检验

Test Summary	Chi-sq. Statistic	Chi-sq. d. f.	Prob.
Cross-section random	2.071474	1	0.1501

表 9 面板模型回归结果

产业集聚 (LNISI)	回归结果	城镇空间格局 (LNUI)	回归结果
C	0.344601 (0.0000)	C	-0.408378 (0.0000)
城镇空间格局 (LNUI)	1.218476 (0.0000)	产业集聚 (LNISI)	0.721357 (0.0000)
Adjusted R-squared	0.897754	Adjusted R-squared	0.872362

通过前文对产业集聚与城镇空间格局之间相互作用关系的研究中发现，产业集聚与城镇空间格局之间存在相互作用、相互影响的关系，基于此，对 1990—2016 年 27 年长三角区域产业集聚及城镇空间格局的耦合协调度进行研究。首先依据公式 (7)，计算出 1990—2016 年长三角 16 个市的耦合协调度，随后加入江苏省、浙江省及上海市等三大区域的均值，以更有对比性地研究长三角区域不同省份两系统的耦合协调度情况，图 2 列出了长三角区域各省份的耦合协调值。

从 3 个区域（上海、江苏、浙江）的均值来看，各区域耦合值均呈现出稳步上升的趋势，其中上海市的耦合协调程度要明显高于其他区域，可见上海产业集聚与城镇空间格局的耦合程度一直处于遥遥领先的地位。江苏和浙江省的耦合协调均值分别从 1990 年的 0.2504、0.2278 上升到 2016 年的 0.7201、0.6407，年均增幅分别为 4.15%、4.06%，其中江苏省的耦合协调值在 2005 年进入初级耦合协调发展，而浙江省则在 2007 年进入初级耦合协调发展阶段。从整个长三角区域的均值来看，1990—2016 年期间产业集聚与城镇空间格局的耦合协调值均处于上升阶段，并于 2005 年进入了初级耦合协调发展阶段，表明两个系统在这个时期的关系逐渐趋于协调。

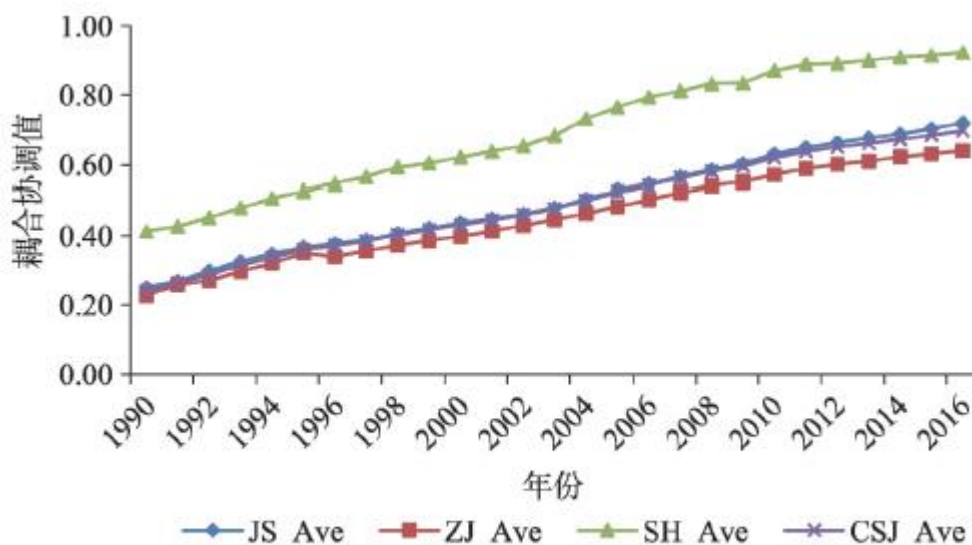


图2 1990—2016年长三角区域各省份耦合协调值

本文将1990—2016划分为3个时期进行研究,以进一步探讨长三角区域产业集聚与城镇空间格局之间时空耦合的演变情况,并绘制出三个时期耦合协调度的情况图(图3)。

从图3中可看出,从耦合度来看,1990—2016年长三角区域的产业集聚与城镇空间格局的耦合度处于较高水平,各地级市的耦合值均在0.9以上,表明长三角区域的产业集聚与城镇空间格局处于高度耦合时期。从协调度来看,根据耦合协调判定准则,1990—1999年期间,除上海市的耦合协调度处于初级耦合协调阶段外,其余15个地级市均处于一般失调衰退阶段。2000—2009年期间,产业集聚与城镇空间格局的耦合协调关系取得了较大的进步,整体耦合协调面积增加了近一倍,苏州、南京、无锡等5个市均上升至初级耦合协调阶段,上海市则从初级耦合协调上升至良好耦合协调阶段,其余市均达到了勉强耦合协调。2010—2016年期间,长三角区域产业集聚与城镇空间格局的耦合协调度面积进一步扩大,此时,上海和苏州市的耦合协调度已经达到了优质耦合协调发展阶段,南京、无锡、杭州等10个地级市的耦合协调度均达到了良好耦合协调发展阶段,其余市也都处于初级耦合协调阶段,可见该时期长三角区域的耦合协调发展程度已经处于较高水平。

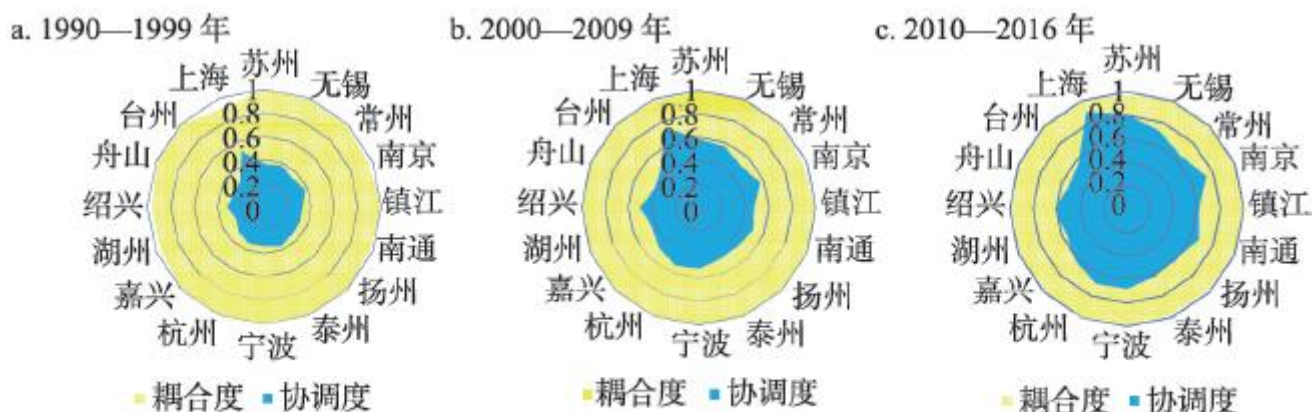


图3 分时期长三角区域耦合协调值

5.4 耦合协调度呈“Z”型扩散

选取 1990 年、2000 年、2010 年及 2016 年 4 个时间点进一步对产业集聚与城镇空间格局耦合协调度在空间上的集聚特征进行探究，并根据耦合协调评价准则将耦合协调度分为极度失调、一般失调、勉强耦合、初级耦合、良好耦合和优质耦合 6 个阶段，用 ArcGIS 软件将这 4 个时间点耦合协调情况在空间上进行描绘（图 4）。

从图 4 可以看出，上海作为全国最重要的中心城市，其城镇空间格局与产业集聚的耦合协调关系最为强烈，1990 年，长三角区域的耦合协调度普遍偏低，除上海市处于勉强耦合协调阶段外，其余 15 个市均处在失调衰退的阶段。到了 2000 年，长三角的耦合协调度大面积提升，除泰州、湖州、嘉兴、舟山及台州 5 个地级市外，其余城市均达到了耦合协调，但该时期城镇仍普遍处在勉强耦合协调阶段。2010 年，长三角地区 16 个地级市均已达到了耦合协调阶段，但耦合协调程度却有所差异。在上海市的带动下，周边城市的经济发展迅速，其中苏州、无锡等市的规模与经济发展水平与南京趋近，并且南京、苏州、无锡等 6 个城市达到了良好耦合协调阶段，长三角区域的耦合协调水平有了长足的进步。2016 年苏州市耦合协调发展水平又进一级，达到优质耦合发展阶段。此时，除舟山和湖州还处于初级耦合协调阶段外，其余城市均达到了良好协调阶段。从整体来看，长三角区域各市区的耦合协调度都在稳步提升中，但长三角区域南部的耦合协调的发展程度要稍弱于长三角区域北部的发展。且长三角北部地区逐渐形成以上海-苏州-南京为轴线的耦合协调发展区域，在该轴线的带动下，临近地区的耦合协调度也在逐年上升，整个长三角区域的耦合协调呈现“Z”字形发展。

5.5 耦合协调度的空间重心值不断优化

上文的耦合协调分析展示了长三角地区产业集聚与城镇空间格局之间的耦合度的时空分布特征，可以看出两系统的耦合协调值在不断地优化中。同样地，两系统的空间重心之间的距离是也有着相同的演变趋势。

图 5 即是运用空间重心模型计算得出的产业集聚与城镇空间格局重心的空间距离，刻画了两者空间距离的变动趋势。从图中可以看出前期两者的空间重心的距离偏高，在 1994 年达到了顶峰。1994—2015 年均呈现下降的趋势，在这个时期两系统的空间匹配度得到了显著地提高，这一部分得益于全国产业政策的成功实施。2014 年之后，两者的空间匹配程度又出现了降低的趋势。但总体看来，两系统空间距离表现出明显地波动式缩小趋势，可见，产业集聚与城镇空间格局的空间匹配度在不断地优化中。这也意味着这些年来中国在产业结构和城镇空间优化等方面的政策取得了很好的成效。但仍要不断推进产业集聚与城镇空间结构的改革发展，积极推动新型城镇化建设和产业结构的优化改革，促进“新经济”的快速发展，使得产业集聚和城镇空间格局在不断优化中相互促进，形成良性的协调发展关系，从而最终推动产业集聚与城镇空间格局向更高的耦合协调水平演进。

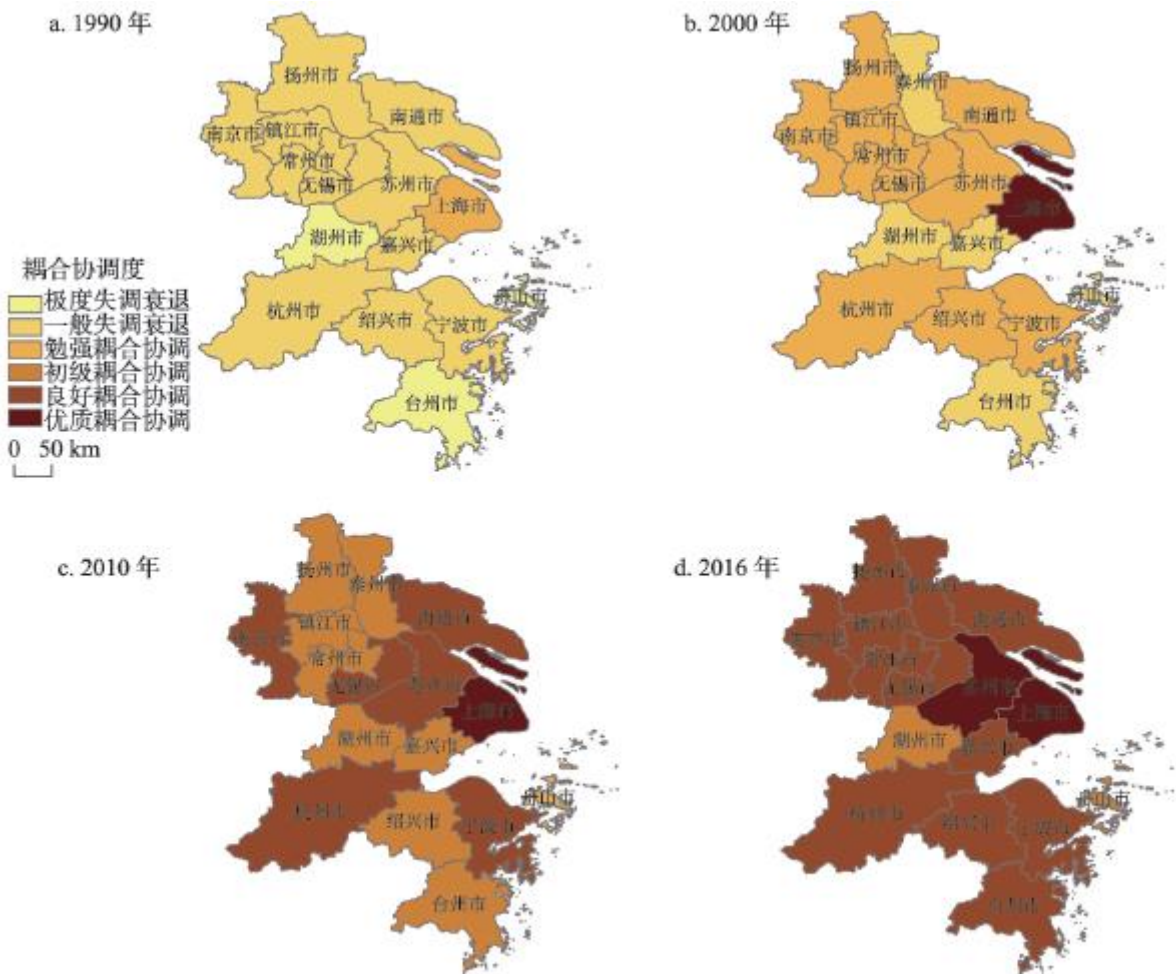


图4 长三角各地级市的耦合协调度

注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图（审图号：GS(2019)2885号）制作，底图无修改。

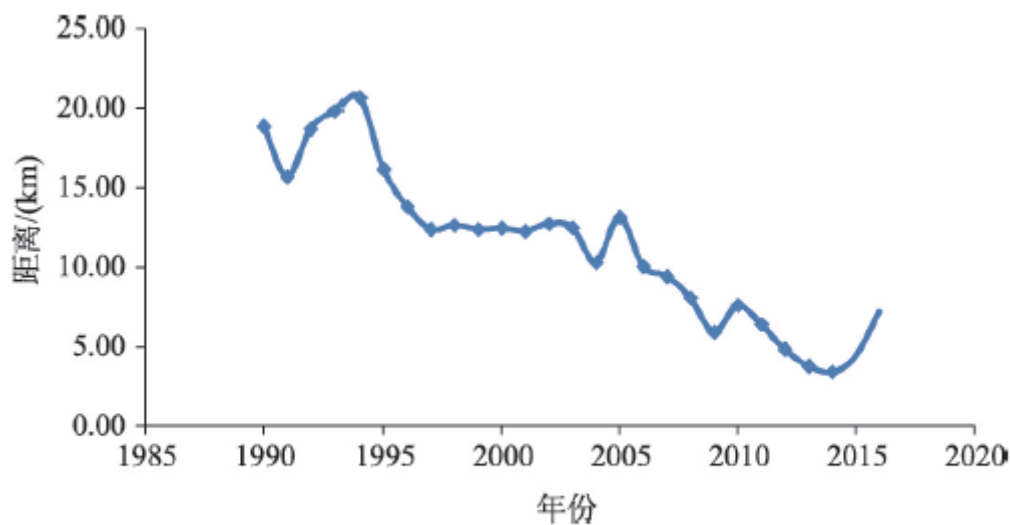


图5 产业集聚-城镇空间格局空间距离趋势图

6 结论与讨论

利用长三角区域 16 个市 1990—2016 年的面板数据, 针对产业集聚与城镇空间格局之间的耦合关系进行计量研究, 并对近 30 年来长三角区域耦合协调发展进行了实证分析。主要有以下发现及认识:

(1) 基于对长三角 1990—2016 年面板数据的回归分析, 发现长三角区域产业集聚与城镇空间格局两个系统之间存在着显著的长时间的动态耦合关系, 且城镇空间格局对产业集聚的影响较强。因此长三角区域各城镇地方政府应按照各区域地方特点、遵循城镇发展的客观规律, 合理统筹规划城镇空间格局, 优化城镇内部空间结构, 加快促进长三角区域各城镇的产业集聚与快速发展。

(2) 从 3 个省市看来, 江浙沪地区产业集聚与城镇空间格局的耦合协调值逐年稳步提高, 但上海市的耦合协调程度要远高于江苏和浙江省, 长三角区域三省市产业集聚与城镇空间格局耦合协调的发展不够均衡。从长三角区域发展的不同时期来看, 1990—1999 年, 长三角区域各地级市城镇空间格局与产业集聚的耦合协调程度较低。2000 年以来, 随着全国城镇化战略的实施, 长三角区域的耦合协调程度得到了极大的提高。从耦合协调度的空间分布来看, 长三角各城市在其中扮演的角色各异, 其中上海市一直处于长三角区域耦合协调发展的中心城市, 发挥着带头作用, 带动了周围城镇的崛起以及耦合协调程度的提升。苏州、无锡、南京、杭州等城市则发挥着次中心的作用, 对周边城镇起到了一定的辐射带头作用。

(3) 整体上来看, 长三角区域各市区的耦合协调度都在稳步提升中, 但长三角区域南部的耦合协调的发展程度稍弱于长三角区域北部的发展。且长三角北部地区逐渐形成以上海-苏州-无锡-南京为轴线的耦合协调发展区域, 在该轴线的带动下, 临近地区的耦合协调度也在逐年上升, 整个长三角区域的耦合协调则呈现“Z”字形发展特征。

本文从时空角度探究了长三角区域产业集聚与城镇空间格局的动态耦合关系, 得出了一些有益的结论, 但长三角区域整体的耦合关系仍有待提升。针对目前长三角区域耦合发展不均衡的现状, 本文提出以下政策建议: 对于上海这种耦合发展水平极高的城市, 要转变发展思路, 围绕上海建设“五个中心”战略, 加快产业结构的优化升级, 淘汰或转移“重大粗”、高能耗及高污染产业, 大力推动高新技术产业的发展, 并及时疏解非核心的产业, 尤其是类似冶金、化工等产业, 并腾出城市发展空间, 更好地发挥长三角首位城市的辐射带头作用。对于苏州、无锡、南京及杭州等耦合发展水平较高的次中心城市, 要根据城市自身的耦合发展状况, 及时调整产业集聚功能区及城镇空间格局发展现状中的不协调问题, 使得两系统在不断优化中相互促进, 形成良好的协调发展关系。对于耦合发展水平较低的城市, 应根据各区域地方特点, 制定适合本区域的产业集聚发展政策, 合理布局城镇空间结构, 充分发挥两系统的相互促进作用, 缩小与其他地区的差距。

参考文献:

- [1] 沈和. 当前我国城镇化的主要问题与破解之策. 世界经济与政治论坛, 2011, (2): 162-172.
- [2] 杨光. 河南新型城镇化发展中存在的问题及对策. 商业经济, 2013, (5): 6-7.
- [3] Marshall A. Principles of Economics. London: Macmillan, 1920.
- [4] Scott A J. Interregional subcontracting patterns in the aerospace industry: The Southern California Nexus. Economic Geography, 1993, 69 (2): 142-156.
- [5] Fujita M, Krugman P R, Venables A J. The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade. Cambridge: MIT Press, 1999.

-
- [6]Mills E S, Hamilton B W. Urban Economics, Harper Collins, 1997, 2(1):20-44.
- [7]Chenery H, Robinson S, Purcell K. Industrialization and Growth: A Comparative Study. Shanghai: Shanghai Joint Publishing House, 1995.
- [8]Glaeser, Edward L. Reinventing Boston: 1630-2003. Journal of Economic Geography, 2005, 5(2):119-153.
- [9]Duranton G. Urban evolutions: The fast, the slow, and the still. American Economic Review, 2007, 97(1): 197-221.
- [10]Findeisen S, Sudekum J. Industry churning and the evolution of cities: Evidence for Germany. Journal of Urban Economics, 2008, 64(2):326-339.
- [11]Lu G Y, Fu X Y, Zhu S E. Research on relevance between industrial cluster and urbanization based on Canonical analysis. China Soft Science, 2011, (12):101-109.
- [12]Billings S B, Johnson E B. A non-parametric test for industrial specialization. Journal of Urban Economics, 2012, 71(3):312-331.
- [13]Mondal B, Das D N, Dolui G. Modeling spatial variation of explanatory factors of urban expansion of Kolkata: A geographically weighted regression approach. Modeling Earth Systems & Environment, 2015, 1(4):29.
- [14]Verma S, Chatterjee A, Mandal N R. Analysing urban sprawl and shifting of urban growth centre of Bengaluru city, India using Shannon's entropy method. Journal of Settlements and Spatial Planning, 2017, 2(2):89-98.
- [15]邱晖, 杜忠连. 新型城镇化的产业发展及空间优化策略: 基于集聚效应视野下. 北方经贸, 2016, (2):56-58.
- [16]徐维祥, 唐根年, 陈秀君. 产业集群与工业化、城镇化互动发展模式研究. 经济地理, 2005, 25(6):868-872.
- [17]邱成利. 制度创新与产业集聚的关系研究. 中国软科学, 2001, (9):101-104.
- [18]朱智文. 基于产业集聚的城市化和城市化过程中的产业集聚. 开发研究, 2006, (6):45-48.
- [19]马延吉. 辽中南城市群产业集聚发展与格局. 经济地理, 2010, 30(8):1294-1298.
- [20]梁辰, 王诺, 佟士祺, 等. 大连临港产业集聚与城市空间结构演变研究. 经济地理, 2012, 32(8):84-90.
- [21]陆根尧, 符翔云, 朱省娥. 基于典型相关分析的产业集群与城市化互动发展研究: 以浙江省为例. 中国软科学, 2011, (12):101-109.
- [22]唐承丽, 吴艳, 周国华. 城市群、产业集群与开发区互动发展研究: 以长株潭城市群为例. 地理研究, 2018, 37(2):292-306.
- [23]刘曙华. 生产性服务业集聚对区域空间重构的作用途径和机理研究. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 2012.

-
- [24] 徐维祥, 刘程军. 产业集群创新与县域城镇化耦合协调的空间格局及驱动力: 以浙江为实证. 地理科学, 2015, 35(11): 1347-1356.
- [25] 高源, 韩增林, 杨俊, 等. 中国海洋产业空间集聚及其协调发展研究. 地理科学, 2015, 35(8): 946-951.
- [26] 俞思静, 徐维祥. 金融产业集聚与新型城镇化耦合协调关系时空分异研究: 以江浙沪为例. 华东经济管理, 2016, 30(2): 27-33.
- [27] 黎夏, 叶嘉安. 利用遥感监测和分析珠江三角洲的城市扩张过程: 以东莞市为例. 地理研究, 1997, 16(4): 57-63.
- [28] 方创琳, 宋吉涛, 张蕾, 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.
- [29] 申玉铭, 吴康, 任旺兵. 国内外生产性服务业空间集聚的研究进展. 地理研究, 2009, 28(6): 1494-1507.
- [30] 郭凤城. 产业群、城市群的耦合与区域经济发展. 长春: 吉林大学博士学位论文, 2008.
- [31] 张莉萍. 中原城市群产业集聚与城市化的耦合效应研究. 现代城市研究, 2015, (7): 52-57.
- [32] 马晓冬, 朱传耿, 马荣华, 等. 苏州地区城镇扩展的空间格局及其演化分析. 地理学报, 2008, 63(4): 405-416.
- [33] 谭啸. 中国城市群发展的区域比较分析. 大连: 辽宁大学博士学位论文, 2012.
- [34] Cao Y, Renschler C, Jacquez G. A data model to capture spatial and temporal exposure. In: University of Iowa. Proceedings of the Eighth International Conference of Geographical Information Science. Vienna: University of Iowa, 2014: 258-263.
- [35] Cao Y, Stewart K, Kalil R. Geographic patterns of end-stage renal disease and kidney transplants in the Midwestern United States. Applied Geography, 2016, 71: 133-143.
- [36] 魏后凯. 中国产业集群与集群发展战略. 北京: 经济管理出版社, 2008.
- [37] 韩增林, 张云伟. 东北地区经济综合发展能力时空差异分析. 经济地理, 2010, 30(5): 716-722.
- [38] Vefie L. The Penguin Dictionary of Physics. Beijing: Foreign Language Press, 1996.
- [39] 李秀彬. 地区发展均衡性的可视化测度. 地理科学, 1999, 19(3): 255-256.
- [40] 吴建寨, 张建华, 孔繁涛. 中国粮食生产与消费的空间格局演变. 农业技术经济, 2015, (11): 46-52.
- [41] 于斌斌. 中国城市生产性服务业集聚模式选择的经济增长效应: 基于行业、地区与城市规模异质性的空间杜宾模型分析. 经济理论与经济管理, 2016, (1): 98-112.
- [42] 柯善咨, 赵曜. 产业结构、城市规模与中国城市生产率. 经济研究, 2014, 49(4): 76-88.

[43]朱林兴. 试论城市空间结构. 财经研究, 1986, (6):19-23.

[44]乐晓辉, 陈君娴, 杨家文. 深圳轨道交通对城市空间结构的影响: 基于地价梯度和开发强度梯度的分析. 地理研究, 2016, 35(11):2091-2104.