

城市碳排放、产业结构和区域创新的空间联系

——基于江苏省 13 个地级市的数据分析¹

庞庆华, 杨田田, 李涵

(河海大学企业管理学院, 江苏 常州 213022)

【摘要】:产业结构和区域创新对于城市碳排放有着重要的影响。文章运用耦合模型、引力模型及空间关联度分析等方法,研究了江苏省 13 个地级市的碳排放、产业结构和区域创新之间的关系及江苏省各地级市的协调发展能力。研究结果表明:2006-2017 年,江苏省各地级市的耦合协调发展度呈上升趋势,城市碳排放、产业结构和区域创新之间的动态关系处于较合适的状态;从空间分布格局来看,江苏省各地级市耦合协调度呈现“南高北低”的区域差异性;从空间联系量来看,三者之间的空间溢出效应明显,以南京、常州和镇江为中心,各城市之间相互联系、相互影响,产业结构的改善和区域创新能力的提升对节能减排产生着重要影响。

【关键词】:城市碳排放 产业结构 区域创新 耦合模型 引力模型

【中图分类号】:F062.2;F127 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1007-5097(2018)12-0020-07

一、引言

十九大报告提出,我国要着力解决突出的环境问题,建立健全绿色低碳循环发展的经济体系。江苏省作为我国的经济大省,同时也是温室气体的排放大省,仅万吨能耗以上的工业企业就有 1200 家左右。江苏省 2018 年政府工作报告中也指出,目前江苏省经济社会发展中,污染治理任务繁重,发展不平衡不充分问题仍然比较突出。城市作为人口、交通、建筑、工业的集中地,高密度的人口和高强度的经济活动,使得城市直接或间接的使用了大量的资源和服务,是能源消耗的集中区域,也就必然是节能减排所要考虑的重点地区。一个城市的碳排放量和产业结构、区域创新之间存在着密切的联系,对于三者之间关系及其协调度的研究对于确定城市节能减排的途径有着重要的帮助,同时,对其空间联系的研究有利于更好地了解各个城市在这一方面的差异,在政策制定及措施实施时可以更有针对性。

目前学者对于碳排放的研究主要分为两部分。一是对于城市碳排放的测算。城市作为占地球不到 2%的面积,但是却消耗着 75%的能源,但是城市由于其地域面积小,经济、能源活动强度大,所以较为全面和系统的城市能源统计是一个难点,也是城市能源消费和二氧化碳核算面临的最大挑战^[1]。现有学者从投入产出表、城市碳排放清单法则、能源平衡表、一次能源消费量、终端能源消费量和直接、间接排放等角度对城市碳排放量的核算方法进行了研究^[2-8]。二是碳排放和各因素之间的关系及其作用机制。比如城镇化、对外直接投资、经济增长、产业结构等因素^[9-12]。其中,产业结构是影响城市碳排放的重要因素。原媛等^[13]运用多国的数据对产业结构和碳排放之间的关系进行分析,第二产业对碳排放的影响比较大,同时产业结构的调整会引起碳排

¹收稿日期:2018-01-15

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2018B25414)

作者简介:庞庆华(1977-),男,山东菏泽人,副教授,管理学博士,研究方向:管理科学理论与方法;

杨田田(1994-),女,安徽巢湖人,硕士研究生,研究方向:社会经济统计研究;

李涵(1993-),女,浙江杭州人,硕士研究生,研究方向:社会经济统计研究。

量的变化,但这个变化也存在着明显的区域差异。郭超先^[14]用 LMDI 对碳排放进行分解,从而量化地分析产业结构变化对碳排放的影响,并指出现阶段产业结构变动会引起碳排放的增加,但未来产业结构变动会减少碳排放。吴振信^[15]、张维阳^[16]等研究经济增长及产业结构对碳排放的影响,证明产业结构调整是影响碳排放的重要因素。目前,对于区域创新这一因素和碳排放之间关系的研究还比较少,大多数的学者以技术创新为影响素进行研究^[17-19]。

目前学者的研究大多都是研究单一因素和碳排放之间的关系,对于区域创新这一因素较少涉及,且大多侧重于研究各因素对碳排放量的影响程度,缺乏对各因素与碳排放之间的相互关系的分析,及经济和资源系统的协调发展水平。区域创新和产业结构之间存在着相互影响的关系,而两者对于城市碳排放量又都有着一定程度的影响。因此从空间视角来研究这三个因素之间的关系,不但需要考虑三者之间的相关性,而且也需要考虑其空间溢出效应,这对于制定城市节能减排措施具有参考价值。

本文从空间角度出发,采用耦合模型对江苏省 13 个地级市的城市碳排放、产业结构及区域创新三者之间的协调发展程度进行研究,并运用引力模型计算其空间联系量,对城市碳排放、产业结构和区域创新之间的空间联系量及其空间溢出效应进行分析,为节能减排政策的制定提供一,定的参考。

二、城市碳排放、产业结构和区域创新的关系

(一) 城市碳排放和产业结构

区域产业结构是指区域经济中各类产业之间的内在联系,产业结构的重要内容是通过自身的转变来实现资源的有效配置,从而能够从有限的资源中获得最大的经济效益^[20]。产业结构与城市碳排放之间有着很强的相关性,三大产业的比重及各产业内的情况主要通过两个层次对该城市的碳排放量的大小产生影响。首先,各产业所占的比重即产业结构会影响区域经济发展的平衡增长路径,第二产业、第三产业的发展会加速经济的发展,但三大产业的合理比重将会影响经济和环境的平衡发展。第二,能源消耗总量为各产业能源消费总和,对于各产业来说,其能源消费及产生的碳排放和相关的技术水平密切相关,第三产业对碳排放的正向影响明显低于第二产业,第二、三产业所占的比重将会对能源消耗及碳排放产生决定性的影响。产业结构的完善将会减少该城市在区域经济发展的过程中所产生的二氧化碳排放,从而推动区域节能减排的进程。

(二) 城市碳排放和区域创新

区域创新作为区域经济增长的关键影响因素,不仅会对区域的经济产出产生影响,对于区域内园区、企业的发展产生相关影响^[21]。区域创新对于碳排放的影响主要是通过技术创新实现,一般认为使用替代性的清洁能源、提高能源使用效率和使用碳捕获及碳存储技术是减少碳排放的主要途径,这些都与技术创新即区域创新密不可分。降低碳排放一方面要依据现有的技术,淘汰落后的产业,促进产业升级转型,另一方面要提升技术创新能力,加强区域创新能力。但是,其对于碳排放的影响也可能是双向的,一方面降低能源使用及碳排放,另一方面也可能会出现因为技术的提高从而带动效率的提升,产出增加,进而引起能源消费及碳排放的增长。

(三) 产业结构和区域创新

产业结构和区域创新之间的关系就是在产业结构升级演进的过程中,通过知识、技术、资本等要素相互影响,相互作用。区域创新的发展推动了相关的知识及技术的发展,从而为城市产业结构的升级奠定基础。同时,区域创新会对资本的使用方式及途径进行一定的改变,更多地用于传统产业结构升级改造的相关问题上。自此,城市的产业升级转型,第二、三产业的发展将会加快,其占 GDP 的比重也越来越大,使得产业结构发生转变。此外,随着高新技术产业的发展,低碳经济的发展需求越来越大,产业结构升级转型的需求也越来越急迫,这也对区域创新的发展提出了更高的要求,区域创新的需求及推动力也越来越大。

三、指标选取、数据来源

（一） 指标选取

1. 城市碳排放量

目前对于城市碳排放量的测量，学术界并没有统一的观点，本文参考相关学者研究，从直接和间接排放两个市居民的日常生活与碳排放结合起来。参考相关学者研究，确定碳排放因子及碳排放终端承担比率，采用公式（1）计算城市碳排放 [22-23]。

$$C_i = \sum E_{ij} \cdot e \cdot r \quad (1)$$

其中， C_i 为第 i 个城市的碳排放量， E_{ij} 代表的是第 i 个城市第 j 种能源消费量，包括化石能源和二次能源， e 代表能源的碳排放因子， r 代表的是碳排放的终端承担比率。

2. 产业结构

产业结构是衡量国家或地区经济发展水平的重要体现。本文选取第二产业增加值、第三产业增加值构建产业结构系数，来表示城市产业结构情况，该城市的第二产业增加值、第三产业增加值之和占该城市的 GDP 比重越大，说明该城市的产业结构水平越高，其产业竞争力也越大。

$$ISI_i = (I_i + S_i) / GDP_i \quad (2)$$

其中， ISI_i 表示的是第 i 个城市的产业结构系数， I_i 表示第 i 个城市的第二产业增加值， S_i 表示第 i 个城市的第三产业增加值， GDP_i 表示第 i 个城市的地区生产总值。

3. 区域创新

区域创新是推进区域经济的重要动力，也是影响产业结构和碳排放的重要因素。用于反应区域创新的指标有很多，在此参考相关学者研究，选取科学服务类就业人数构建区位熵来反映区域创新的情况 [24]。

$$SQ_{ij} = \frac{P_{ij}/P_i}{P_j/P} \quad (3)$$

其中， SQ_{ij} 表示的是 i 城市产业在江苏省的区位熵。 P_{ij} 表示第 i 城市第 j 产业的就业人数， P_i 表示是江苏省第 i 城市的总就业人数， P_j 表示的是江苏省 j 产业的总就业人数， P 表示江苏省的总就业人数。

（二） 数据来源

本文以江苏省 13 个地级市为研究样本，对其 2006-2017 年的城市碳排放与产业结构和区域创新的空间关联进行分析。其中，城市碳排放、产业结构和区域创新的相关数据来源于城市统计年鉴、江苏省统计年鉴、各市的统计年鉴及各市的统计网站。

四、江苏省耦合协调度的空间格局分析

(一) 耦合协调度评价分析

由于不同指标的度量单位是不同的，指标之间的可比性较小，并且指标都存在两种作用，即正向作用和负向作用。对此，本文对各项指标进行标准化，以此消除各指标的度量单位和正负向作用。

为了更好地探讨城市碳排放与产业结构和区域创新之间的关系，运用耦合协调模型公式(4)来进行分析^[25]。

$$C = \left[\frac{U_1 U_2 U_3}{(U_1 + U_2 + U_3)^3} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

其中，C 为耦合度， U_1 表示城市碳排放量， U_2 表示产业结构系数， U_3 表示区域创新指数。耦合度表示的是城市碳排放、产业结构和区域创新之间的相关性大小，为了更好地反映城市碳排放与产业结构和区域创新之间的综合关系及其一致性程度，采用耦合一致性模型来进行研究分析。其公式为：

$$T = \sqrt[3]{\alpha U_1 + \beta U_2 + \gamma U_3} \quad (5)$$

$$D = \sqrt{CT} \quad (6)$$

其中，表示耦合协调度，C 表示耦合度，T 表示城市碳排放、产业结构和区域创新的综合指数， α 、 β 、 γ 分别表示其在变化一致性程度指数中所占的权重，这里令 $\alpha = \beta = \gamma = 1/3$ 。

根据相关数据对江苏省 13 个地级市的数据进行分析，根据其耦合协调度情况将其划分成 4 个阶段，见表 1 所列。

表 1 耦合协调性阶段分类标准

耦合度 C	耦合阶段	耦合协调度 D	耦合协调阶段	综合阶段
$0 < C \leq 0.3$	分离阶段	$0 < D \leq 0.1$	低度耦合阶段	低度耦合一致阶段
$0.3 < C \leq 0.5$	拮抗阶段	$0.1 < D \leq 0.3$	中度耦合阶段	中度耦合一致阶段
$0.5 < C \leq 0.8$	磨合阶段	$0.3 < D \leq 0.5$	高度耦合阶段	高度耦合一致阶段
$0.8 < C \leq 1$	耦合阶段	$0.5 < D \leq 1$	极度耦合阶段	极度耦合一致阶段

表 2 江苏省各地级市耦合协调性

2006 年			2017 年		
城市	耦合度 C	耦合协调度 D	城市	耦合度 C	耦合协调度 D
南京	0.252 8	0.422 2	南京	0.332 9	0.573 5
无锡	0.321 2	0.379 1	无锡	0.299 7	0.479 2
徐州	0.302 3	0.319 1	徐州	0.239 3	0.4136
常州	0.269 4	0.325 0	常州	0.297 7	0.465 7
苏州	0.228 2	0.340 7	苏州	0.266 3	0.458 1
南通	0.223 4	0.257 0	南通	0.325 1	0.476 5
连云港	0.3127	0.189 3	连云港	0.289 9	0.4196

续表 2

2006 年			2017 年		
城市	耦合度 C	耦合协调度 D	城市	耦合度 C	耦合协调度 D
淮安	0.281 7	0.177 9	淮安	0.265 8	0.411 7
盐城	0.3198	0.1866	盐城	0.202 4	0.371 1
扬州	0.268 3	0.281 0	扬州	0.260 6	0.435 8
镇江	0.325 6	0.304 0	镇江	0.265 6	0.459 5
泰州	0.200 2	0.267 2	泰州	0.273 8	0.429 6
宿迁	0.025 1	0.068 7	宿迁	0.333 3	0.268 0

根据所计算出来的结果（表 2），通过 ArcGIS10.2 对其进行空间可视化分析，更好地展现江苏省城市碳排放与产业结构和区域创新之间的空间关系。

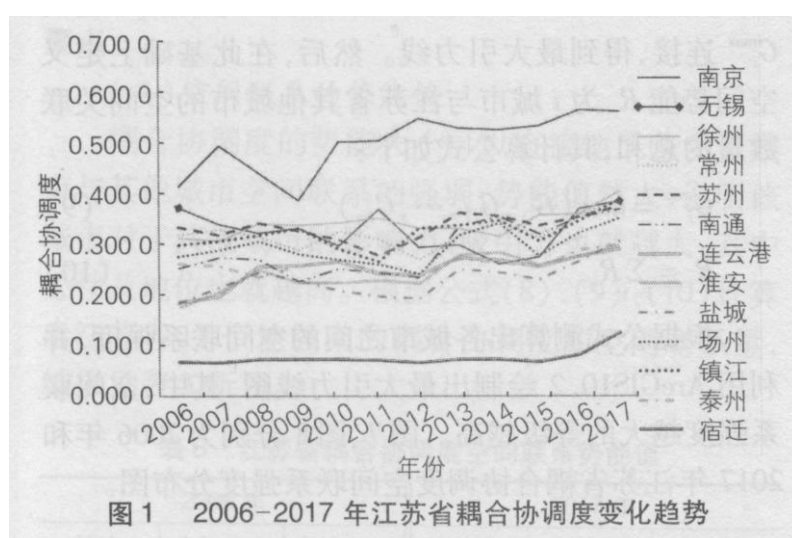


图 1 2006-2017 年江苏省耦合协调度变化趋势

从图 1 可以看出，从整体趋势来看江苏省的耦合协调度呈上升的趋势，说明在这十几年里，城市碳排放、产业结构及区域创新之间协调发展。其中，南京、无锡、苏州属于波动比较大的。南京市 2007-2009 年有一个明显的下降趋势，主要是由于产业结构指数明显下降，南京是江苏的省会城市，其经济、交通、信息化等方面的发展程度比较高，在此阶段南京市的第二、三产业的发展受到金融危机的影响比较大，从而影响了其产业结构指数。无锡市在 2006-2017 年有一个明显的下降趋势，其城市碳排放和区域创新并没有太大变化，但是产业结构指数呈现下降指数。无锡市在 2006 年的三大产业的比重为 1.6: 59.6:38.8，三大产业就业人数比为 9.8:55.8:34.4。在 2017 年，无锡市三大产业比为 1.3:51.5:47.2，其三大产业就业人数比为 4.1:55.2:39.9。在这 12 年里，无锡市的产业结构有所改善，第二产业比重有所下降，第三产业比重有所上升，但是产业结构仍旧是以第二产业为主，且第二产业是提供了大部分的就业岗位，说明无锡市的经济依旧是以第二产业拉动为主，产业结构并不是非常合理，在产业结构升级、转型等方面仍旧有改进的空间，从而影响了三者之间的协调发展程度。从数值看，江苏省各地级市大多处于中高度耦合协调发展阶段，其三者之间的相关关系及其协调发展度比较好，其中，南京市属于发展比较好的，2017 年的耦合协调度已经达到 0.5735，进入极度协调发展阶段。宿迁市三者之间的协调发展状况并不是很好，但是 2006-2017 年间也是呈现逐渐上升的状态，2017 年也进入了中度耦合阶段。图 2、图 3 分别为 2006 年和 2017 年江苏省耦合协调度的地域分布图。

从空间分布上来看，江苏省耦合协调度整体上呈现南高北低的分布状态，其中，南京的中心地位比较明显。苏南地区城市的产业结构和区域创新程度对于减少碳排放有着比较明显的正向作用，三者之间的协调发展状况较好。苏中及苏北地区的城市，由于经济发展的进程比较慢、交通条件和科技创新等条件的限制，三者之间的协调发展程度比较低，还有很大的进步空间。

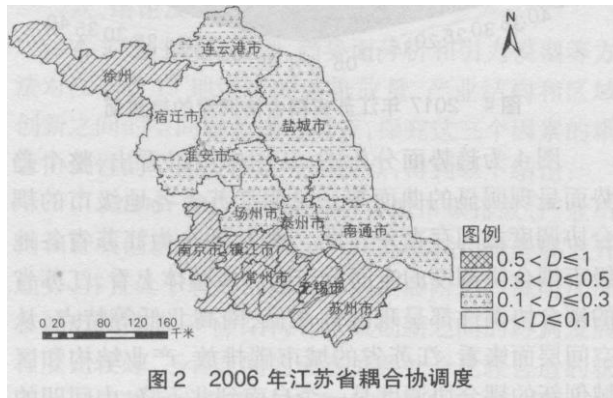


图2 2006年江苏省耦合协调度



图3 2017年江苏省耦合协调度

(二) 耦合协调度趋势面分析

利用趋势面分析来研究江苏省耦合协调度的空间总体格局分异趋势^[26]，其计算公式如下：

$$N_i(x_i, y_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 y_i + \beta_3 x_i^2 + \beta_4 y_i^2 + \beta_5 x_i y_i + \varepsilon_i \quad (7)$$

其中， $N_i(x_i, y_i)$ 表示 i 城市的耦合协调度， (x_i, y_i) 为平面空间坐标， ε_i 为干扰项。 $S_i(x_i, y_i)$ 表示趋势函数， β_0 为常数项， $\beta_1 - \beta_5$ 为系数。根据公式 (7)，

对 2017 年江苏省城市碳排放、产业结构和区域创新的耦合协调度的立体趋势面分析，如图 4 所示。

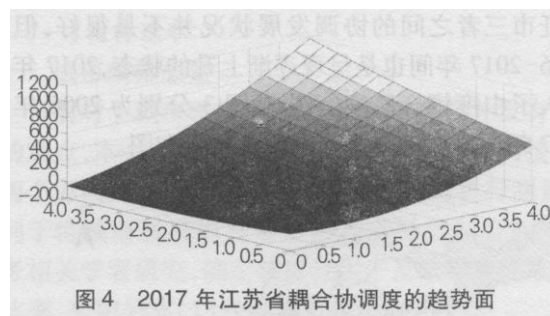


图4 2017年江苏省耦合协调度的趋势面

图 4 为趋势面分析图，从图中可以看出，整个趋势面呈现明显的曲面率。说明江苏省各地级市的耦合协调度之间存在差异性。图 5、图 6 为江苏省各地级市耦合协调度的空间分布图。从整体上看，江苏省的耦合协调性都呈现西高东低、南高北低等特点，从空间层面来看，江苏省的城市碳排放、产业结构和区域创新的耦合协调度是一个自南到北下降，中间凹的曲面。说明江苏省的南部地区还是耦合协调度比较高，其良性协调发展优势比较明显。

江苏省整体上的协调发展程度比较高，但是也存在着比较明显的空间差异特点，为了更好地分析江苏省城市碳排放、产业结构和区域创新之间的空间关系，采用引力模型对其空间联系及其溢出效应进行分析。

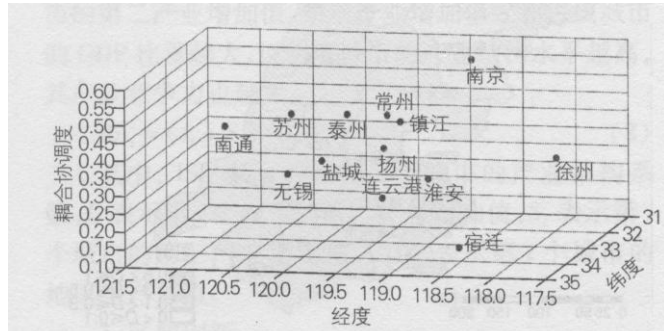


图5 2017年江苏省耦合协调度的东西变化



图6 2017年江苏省耦合协调度的南北变化

五、江苏省耦合协调度的空间联系

(一) 空间联系分析

江苏省各市的地形地貌有很大的差异,并且各个城市之间的交通发展程度也不同,在充分考虑现实情况下,用城市空间联系强度来衡量城市耦合协调度相互作用^[27]。本研究将距离衰减系数确定为2,引力模型如下:

$$R_{ij} = K \frac{D_i D_j}{T_{ij}^2} \quad (8)$$

其中, R_{ij} 表示*i*城市和*j*城市耦合协调度之间的空间联系强度, D_i 和 D_j 表示*i*城市和*j*城市的耦合协调度, T_{ij} 表示时间成本距离, K 表示引力常数,一般为1。

对于任意一个城市,存在与其空间联系量值最大的城市 $G_i^{\max}$,即最大引力城市。将该城市与其对应的 $G_i^{\max}$ 连接,得到最大引力线。然后,在此基础上定义空间势能 R_i 为*i*城市与江苏省其他城市的空间关联数量的总和,其计算公式如下:

$$G_i^{\max} = \max(G_{i1}, G_{i2}, \dots, G_{im}) \quad (9)$$

$$R_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} \quad (10)$$

G

根据公式测算出各城市之间的空间联系强度，并利用 ArcGIS10.2 绘制出最大引力线图，其中，空间联系强度越大的等级越高。图 7、图 8 分别为 2006 年和 2017 年江苏省耦合协调度空间联系强度分布图。

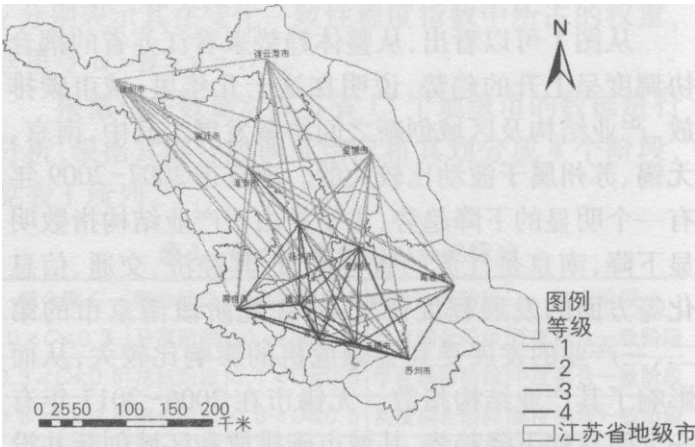


图 7 2006 年江苏省耦合协调度空间联系强度

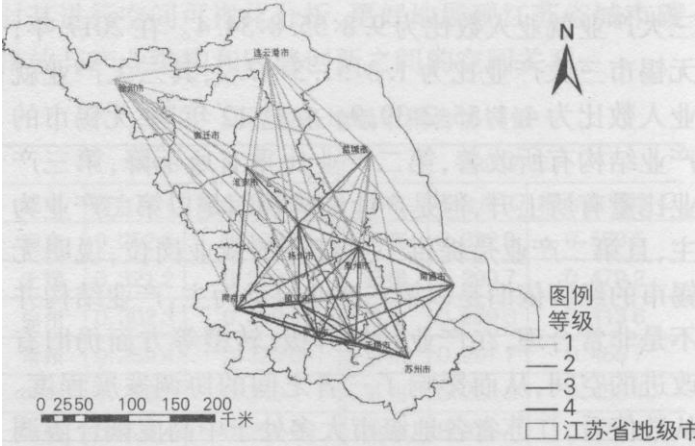


图 8 2017 年江苏省耦合协调度空间联系强度

从整体上来看，江苏省南部的空间联系强度比江苏省北部大，南边的引力线等级及数量都比较大。说明，江苏南部的城市之间的空间联系密切，江苏南部地区相较于江苏北部地区，其交通发达程度、信息传递方式等都有着比较大的优势，所以其城市之间的联系及影响也就比较大。其中南京、常州、镇江这几个城市与其他城市之间的空间联系强度比较大，这几个城市的碳排放、产业结构和区域创新的耦合协调度发展状况对于周边城市发展的影响比较大，其空间溢出效应比较明显。镇江和常州因为地域上临近南京，受南京影响比较大，这三个城市形成了一个空间集聚点。

(二)空间联系的势能值

耦合协调度的势能大小可以直接地反映出该城市与其他城市空间联系的强弱，势能值越大，说明该城市对于其他城市的影响力、吸引力也就越大，其中心性及地位也就越高。根据公式(8)、(9)、(10)计算出江苏省 13 个地级市的耦合协调度的空间联系量，结果见表 3 所列。

表 3 江苏省耦合协调度空间联系势能值

2006 年			2017 年		
城市	势能	占比 (%)	城市	势能	占比 (%)
南京	0.949 3	10.94	南京	1.155 1	12.42
无锡	1.201 1	13.84	无锡	1.138 8	12.24
徐州	0.344 6	3.97	徐州	0.358 6	3.86
常州	1.141 7	13.16	常州	1.199 9	12.90
苏州	0.8134	9.37	苏州	0.793 2	8.53
南通	0.5188	5.98	南通	0.5714	6.14
连云港	0.286 3	3.30	连云港	0.3177	3.42
淮安	0.394 4	4.54	淮安	0.481 7	5.18
盐城	0.368 2	4.24	盐城	0.447 2	4.81
扬州	0.753 6	8.68	扬州	0.829 8	8.92
镇江	1.042 1	12.01	镇江	1.1188	12.03
泰州	0.738 2	8.51	泰州	0.757 3	8.14
宿迁	0.126 7	1.46	宿迁	0.1318	1.42

从 2006 年到 2017 年,大多数城市的势能值都是增加的,说明其对于江苏省内其他城市的影响力及吸引力是增加的,但是无锡和苏州这两个城市有轻微下降,但是其下降程度并不明显。分城市来看,2006 年,南京、无锡、镇江和常州这四个城市所占比重比较大,其在整个江苏省的耦合协调度发展中起到一个中心传递枢纽的作用,和其他城市之间有着比较密切的联系。2017 年,仍旧是这四个城市占比比较高,但是无锡的比例有所下降,南京所占比例有很明显的提升。这可能是由于其产业结构转型升级的问题及南京对于其发展的影响。总体上来看,苏南地区的势能值及其占比比较高,究其原因苏南及其城市总体经济实力比较强,产业结构及区域创新的程度比较高,对于城市碳排放量的制约作用比较大,同时交通条件相对比较便利,凝聚力及空间溢出效应比较大,更容易对其他城市和区域形成影响。

六、结论及建议

本文通过耦合模型、趋势面分析和引力模型等方法对江苏省 13 地级市的碳排放量、产业结构和区域创新之间的空间联系进行研究,探究这三个因素的耦合协调性的空间关联及分布特点,得到以下结论:

(1) 2006-2017 年,江苏省各城市碳排放、产业结构和区域创新之间的耦合协调度基本上都呈现上升趋势,并且处于较好的耦合协调发展阶段。说明江苏省城市碳排放、产业结构和区域创新之间的协调发展程度比较好,三者之间的动态关系处于比较合适的状态。但江苏省内各市的耦合协调度发展还是存在一定的差异。

(2) 从空间分布格局来看,江苏省的耦合协调度有比较明显的区域差异,呈现出南高北低的特点,由于其经济、文化、地理、交通等因素的影响,江苏省南部区域的城市碳排放、产业结构和区域创新的良性协调发展优势比较明显。

(3) 从空间联系强弱来看,江苏省各城市碳排放、产业结构及区域创新的耦合协调度的空间溢出效应比较明显,南部地区由于其交通发达程度、信息传递方式等都有着比较大的优势,空间联系明显优于北部地区。其中以南京、常州和镇江这三个城市为中心,各城市之间相互影响,相互带动,以产业结构的改善和区域创新的提升对节能减排发挥着重要的作用。

针对以上结论,本文对江苏省节能减排,发展低碳经济给出以下建议:

(1) 建立和实施区域差异化的低碳发展政策,高度重视二、三产业的低碳发展。江苏省的城市碳排放、产业结构和区域创新有着明显的空间差异。江苏省在政策制定时要尊重地方发展的异质性,制定适宜的低碳发展措施。同时,各市也应寻找自身发展中的优势及不足,有针对性地制定政策措施,促进各市的低碳经济发展。例如,南京市要第二、三产业作为地区经济发展的主要推动力,产业结构的合理化对于节能减排及低碳经济的发展有着重要的意义。因此,在相关政策的指定时,既要考虑到各产业所占比重,也要考虑产业内部的结构,为产业结构优化及降低碳排放强度做准备。

(2) 重视各城市之间的联系,充分发挥南京、常州和镇江等城市的影响力。在制定政策时,统筹全局,充分考虑各城市之间的联系,相互影响、相互带动,通过区域间的产业转移、信息共享等方式,促进全省的低碳经济发展。同时,充分发挥南京、常州和镇江等城市的优势,搭建好省内创新平台和创新网络,加强和高校、科研机构及相关企业之间的联系,改善创新环境,提高区域创新能力,以此来促进产业结构优化及节能减排的实现城市产业结构的改善和区域创新能力的提升是节能减排的重要途径。在推进江苏省节能减排进程,建设资源节约型社会时,应积极优化产业结构,加强区域创新能力的发展。

值得注意的是,影响城市碳排放的因素有很多且对于产业结构和区域创新的评价指标也有很多种,由于数据的可获得性,研究考虑的指标还需进一步完善。

参考文献:

- [1] 蔡博峰.城市温室气体清单核心问题研究[M].北京:化学工业出版社,2014:2-68.
- [2] 张新林,赵媛,王长建.基于投入——产出原理的新疆能源消费碳排放行业差异研究[J].资源与产业,2017,19(1):85-92.
- [3] 冯冬,李健.京津冀区域城市二氧化碳排放效率及减排潜力研究[J].资源科学,2017,39(5):978-986.
- [4] 黄蕊,王铮,钟章奇,等.区域贸易隐含碳排放和SO₂排放的投入产出分析以江苏为例[J].自然资源学报,2017,32(5):854-863.
- [5] 蔡博峰,王金南,杨姝影,等.中国城市CO₂排放数据集研究——基于中国高空间分辨率网格数据[J].中国人口.资源与环境,2017,27(2):1-4.
- [6] 丛建辉,刘学敏,朱婧,等.中小城市工业碳排放:核算方法与影响因素——以河南省济源市为例[J].资源科学,2013,35(11):2158-2165.
- [7] 刘竹,耿涌,薛冰,等.城市能源消费碳排放核算方法[J].资源科学,2011,33(7):1325-1330.
- [8] SHAN Y, GUAN D, LIU J, et al. Methodology and Applications of City Level CO₂ Emission Accounts in China [J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 161(6): 1215-1225.
- [9] 张腾飞,杨俊,盛鹏飞.城镇化对中国碳排放的影响及作用渠道[J].中国人口.资源与环境,2016,26(2):47-57.
- [10] 是飞,刘海云.基于城镇化门槛模型的中国OFDI的碳排放效应研究[J].中国人口·资源与环境,2016,26(9):123-131.
- [11] 赵先超,贺莹莹,谭书佳.湖南省能源消费碳排放与经济增长耦合协调发展研究[J].科技与经济,2017,30(1):56-60.

-
- [12] 江洪, 赵宝福. 碳排放约束下能源效率与产业结构解构、空间分布及耦合分析[J]. 资源科学, 2015, 37(1): 152-162.
- [13] 原姆, 席强敏, 孙铁山, 等. 产业结构对区域碳排放的影响——基于多国数据的实证分析[J]. 地理研究, 2016, 35(1): 82-94.
- [14] 郭朝先. 产业结构变动对中国碳排放的影响[J]. 中国人口. 资源与环境, 2012, 22(7): 15-20.
- [15] 吴振信, 谢晓晶, 王书平. 经济增长、产业结构对碳排放的影响分析——基于中国的省际面板数据[J]. 中国管理科学, 2012, 20(3): 161-166.
- [16] 张维阳, 段学军. 经济增长、产业结构与碳排放相互关系研究进展[J]. 地理科学进展, 2012(4): 442-450.
- [17] 韩坚, 盛培宏. 产业结构、技术创新与碳排放实证研究——基于我国东部 15 个省(市)面板数据[J]. 上海经济研究, 2014(8): 67-74.
- [18] 李博. 中国地区技术创新能力与人均碳排放水平——基于省级面板数据的空间计量实证分析[J]. 软科学, 2013, 27(1): 26-30.
- [19] 严成樑, 李涛, 兰伟. 金融发展、创新与二氧化碳排放[J]. 金融研究, 2016, 60(1): 14-30.
- [20] 党耀国, 刘思峰, 王庆丰. 区域产业结构优化理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 40-41.
- [21] 吴战勇. 区域经济创新的关键驱动因素与发展路径[J]. 统计与决策, 2017, 33(18): 71-73.
- [22] 田泽, 董凯丽, 吴凤平. 江苏省终端能源消费 CO₂ 排放总量测算及驱动因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(11): 19-27.
- [23] 田泽, 严铭, 顾欣. 碳约束下长江经济带区域节能减排效率时空分异研究[J]. 软科学, 2016, 30(12): 38-42.
- [24] 徐维祥, 张凌燕, 刘程军, 等. 城市功能与区域创新耦合协调的空间联系研究——以长江经济带 107 个城市为实证[J]. 地理科学, 2017, 37(8): 1-8.
- [25] HUI C M, WU Y, DENG L, et al. Analysis on Coupling Relationship of Urban Scale and Intensive Use of Land in China [J]. CITIES, 2015, 42(3): 63-69.
- [26] WANG H, ZUO R. A Comparative Study of Trend Surface Analysis and Spectrum-area Multifractal Model to Identify Geochemical Anomalies[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2015, 155: 84-90.
- [27] KEUM K. Tourism Flows and Trade Theory: A Panel Data Analysis with the Gravity Model [J]. The Annals of Regional Science, 2010, 44(3): 541-557.