基于引力模型的区域创新产出空间联系研究
——以浙江省为例

蒋天颖[1],谢 敏[1],刘 刚[2]

(1.浙江万里学院商学院,浙江 宁波 315100;2.浙江工业大学经贸管理学院,浙江 杭州 310023)

摘要:以浙江省为例,分析与探讨基于引力模型的区域创新产出空间联系。根据最大引力线数量与区域创新产出联系总量确定了区域创新产出空间联系的中心城市,并结合断裂点公式测度了中心城市的创新产出辐射范围。研究发现,与2005年相比,2011年各县、市区的区域创新产出联系量与区域创新产出联系总量有明显增加,但区域创新产出联系的空间格局并未有显著变化,联系密集区主要集中于杭州、宁波两地;二、三级节点城市发生明显变化,而杭州市辖区始终是浙江区域创新产出联系的中心城市;中心城市辐射区范围增大,除宁波市辖区外,中心城市对节点城市的辐射效果均略有增强。基于此,提出加大区域创新投入,优化创新环境,完善城市、县市间道路建设,加强信息发展,缩短区域之间的硬距离与软距离,增强区域创新产出的空间联系等政策建议。

关 键 词:引力模型;区域创新产出;空间联系

中图分类号:F207 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-0690(2014)11-1320-07

区域创新包含了创新投入、产出与组织等诸多概念,其中,区域创新产出能够较好的反映一地区的创新活动。随着全球化的深入推动,区域之间的联系越来越密切,某一地区的创新产出水平很有可能影响周边及其他地区的创新产出水平。因此,研究区域创新产出的空间联系,通过运用空间引力模型量化分析各区域之间的创新产出联系强度,并剖析中心区域的辐射范围,这对推进区域之间的创新产出联系,提升区域创新产出水平,从而推动区域创新发展,有着极为重要的现实意义。

国外学者对于区域空间联系的研究较早,自20世纪50年代起,就已针对城市间联系、商品流、中心地等方面进行了大量研究。区域空间联系研究中,引力模型被运用于航空运输和城市网络结构等方面的研究[1~3]。在国内,区域空间联系的研究更多的集中于区域经济联系与经济空间结构等方面[4~9]。

关于区域创新问题,以往研究主要集中于区域创新能力的评估[10,11]、区域创新与经济增长的关系探究[12,13]、区域创新效率的评价[14,15]以及区域创新空间结构的研究[16,17]等方面。随着经济地理学的不断发展,区域创新空间结构的研究越来越深入。对于区域创新空间结构的探讨,以往研究往往集中于分析创新的空间集聚与扩散效应[18]、揭示创新的空间分布与演化特征[19]以及探究创新及其扩散与城市空间的关联机理[20]等方面。

根据已有研究成果不难发现,针对区域创新产出,运用空间引力模型,探究其空间联系的研究还未深入涉及,鲜有这方面的研究成果。引力模型不仅能够较为直观的表达区域之间存在的空间联系,并且能进一步将其量化,测算出区域之间的联系强度。本研究以区域空间联系作为理论基础,以浙江省为例,结合引力模型揭示区域创新产出的空间联系状况,分析区域创新产出联系的空间态势;研究还拟运用断裂点公式,深入探究浙江省区域创新产出中心城市的辐射范围,尝试运用引力模型来研究区域创新产出的空间联系。以期通过浙江省区域创新产出空间联系现状研究,揭示其区域创新产出空间联系的不足及原因,为优化区域创新产出空间联系、提升区域创新产出水

收稿日期:2013-04-25;**修订日期**:2013-06-09

基金项目:国家自然科学基金面上项目(71372001)、国家自然科学基金青年基金项目(71002075)、浙江省自然科学面上项目(LY13G030025)、浙江省社科规划重点课题(12JCGL02Z)资助。

作者简介:蒋天颖(1976–),男,浙江诸暨人,教授,博士,主要从事区域创新、空间计量研究。E-mail:jty7608@126.com

平、推动区域创新发展提供参考。

1 研究方法与数据来源

1.1 引力模型

本研究通过运用引力模型研究区域创新产出空间联系,量化区域创新产出联系强度,首先需要确定能够表示区域创新产出的指标。区域创新产出往往通过专利授权数、新产品产值等指标度量[21],反映区域创新水平。本研究选取专利申请授权数、规模以上工业企业新产品产值以及高新技术企业个数为指标,以其几何平均数来确定区域创新产出。同时,本研究认为区域之间的距离为一地区到另一地区的时间距离,因此在确立城市间距离时采用公路里程数作为时间距离;结合刘继生[22]等学者的相关研究,本研究将省区间距离衰减指数定为2。由此,本研究确立的引力模型如式(1)所示:

$$R_{ij}=KM_iM_j/D_{ij}^2 \tag{1}$$

式中,R_{ij}为两区域之间的创新产出联系强度;M_i、M_j分别表示区域i和j的区域创新产出;D_{ij}为区域i和j之间的时间距离;K为引力常数,一般为1。在此基础上测算该地区与其他所有地区的创新产出联系量,即为该地区对外创新产出联系总量(R_i):

$$R_i=\sum_{j=1}^{n}R_{ij} \tag{2}$$

式中,R_i为i地区对外创新产出联系总量;n为对外区域个数。

1.2 最大引力线

各区域选取其最大引力即最大联系强度值$R_{ij}^{\max}$:

$$R_i^{\max}=\max[R_{i1},R_{i2},\cdots,R_{ij},\cdots,R_{i(n-1)},R_{in}] \tag{3}$$

式中,$R_i^{\max}$为各区域所得到的最大引力,将对应区域两两连线,得到最大引力线联结图。

1.3 断裂点公式

核心区域的创新产出辐射范围主要是通过断裂点公式确定的。根据引力模型,假设城市i与城市j之间存在一点,使得两城市对该点的吸引力相等,那么该点即为城市i与j的断裂点。以往学者对于辐射范围的研究,通常是运用康弗斯断裂点公式或是修正之后的断裂点公式[23,24],并且从以往研究中不难发现,一个经济主体对周围一定范围内的客体的吸引力通常是通过该经济主体本身的影响力实现的。由此,本研究认为,中心城市的创新活动吸引力是通过该城市本身的区域创新产出水平产生的。本研究通过专利申请授权数、规模以上工业企业新产品产值以及高新技术企业个数来反映区域创新产出水平,并以城市之间的时间距离作为两地距离,得到断裂点公式:

$$D_A=D_{AB}/[1+(P_B/P_A)^{1/2}] \tag{4}$$

式中,D_A为断裂点到城市A的时间距离;D_{AB}为城市A、B之间的时间距离;P_A、P_B分别为城市A和B的区域创新产出。

1.4 研究区及数据来源

本研究以浙江省为例,以各市区、县域为研究单元,探讨区域创新产出空间联系强度及中心城市创新产出辐射范围。考虑到舟山、嵊泗、岱山以及洞头4个县、市区是岛屿,无法运用公路里程来计算时间距离,本研究最终选择浙江省除以上4地以外的65个县、市区作为研究区域,采用引力模型与断裂点公式,结合ArcGIS10.1分析区域创新产出联系强度及中心城市创新产出辐射范围。研究所采用的指标原始数据来自2006与2012年的《浙江科技统计年鉴》[25]以及各市、县科技局提供的统计资料,城市之间的公路里程数据通过google地图计算得到。

2 区域创新产出空间联系强度及变化

研究选取了2005、2011年2个时间节点,根据引力模型计算得到2005年、2011年的浙江省区域创新产出联系总量情况。

结果可知,2005年浙江省区域创新产出空间联系总量位于全省总量前5位的县、市区分别为杭州市辖区、余姚市、慈溪市、温州市辖区和宁波市辖区,其占全省比重分别为11.671%、10.030%、9.412%、7.155%和6.247%,其创新产出联系总量比重相加达到了44.515%,几乎占据了2005年浙江省创新产出联系总量的二分之一,可见2005年浙江省区域创新产出联系主要集中于这些县、市区。其中,杭州市除市辖区外,其余县、市区的比重均较低;宁波市所属的宁海县、象山县和奉化市的比重也均未达到1%,属于创新产出联系较弱的区域;其余城市除瑞安市、乐清市、海宁市、桐乡市、义乌市、东阳市以及台州市辖区外,区域创新产出联系总量所占比重均未达到2%,较多城市甚至低于1%。由此可知,2005年浙江省区域创新产出空间联系显示出不均衡现象,杭州、宁波等地创新产出联系总量大,而浙中与浙西南城市的区域创新产出联系总量普遍较小,两者差距较大。

2011年浙江省区域创新产出空间联系总量位于全省总量前5位的县、市区分别为杭州市辖区、慈溪市、余姚市、宁波市辖区以及绍兴县，较2005年略有变化。同时，其创新产出联系总量占全省比重分别为15.329%、12.311%、12.199%、11.259%和2.895%，相加达到53.993%，已超过全省比重的一半。但值得注意的是，绍兴县所占比重明显比前4个县、市区所占的比重低，仅为2.895%。除杭州市辖区、慈溪市、余姚市和宁波市辖区之外，其余县、市区创新产出联系总量占全省比重均未达到3%，大多城市处于1%以下。由此，本研究认为，2011年浙江省区域创新产出空间联系总量分布情况较2005年有比较明显的差别，区域创新产出联系总量出现更为明显的差距，创新产出联系分布更加不均衡。杭州、宁波依然是创新产出联系的集中区域，同时其区域创新产出联系总量增大，而浙中与浙西南各县、市区的区域创新产出联系总量虽然也有所增大，但所占比重减小，区域创新产出空间联系不均衡现象加剧。

为了进一步研究浙江省各县域城市创新产出空间联系情况，本文结合ArcGIS10.1绘制了2005年与2011年的创新产出空间联系图（图1），用以更直观的反映2005年与2011年浙江省区域创新产出联系强度以及变化情况。

图1可知，2005年与2011年浙江省区域创新产出空间联系情况存在比较明显的变化，该变化主要集中在浙东北地区，尤其是杭州市辖区、余姚市、慈溪市以及宁波市辖区这4个县、市区，2011年的区域创新产出联系量较2005年相比，有了显著增加。

2005年，杭州市辖区的创新产出联系总量最大，且与周边县、市区均有联系，联系方向均匀，是该时期浙江区域创新产出联系的主要城市；宁波市辖区、余姚市及慈溪市虽创新产出联系总量大，但由于它们彼此之间的联系量较大，而与其他县、市区的创新联系并不显著，因此在该时期并不能成为浙江区域创新产出空间联系的主要城市；义乌市、温州市辖区、台州市辖区对各自周边县、市区也存在较为明显的创新产出联系；而浙西南地区尤其是丽水、衢州两地，不论是城市内各县、市区自身的创新产出联系还是对外创新产出联系均不明显，属于创新产出空间联系较弱的县域。2011年，浙江省区域创新产出空间联系的基本格局并未发生较大变化，创新产出联系密集区域依然集中在浙东北一带，杭州市辖区在该时期与周边县、市区依旧有较强的区域创新产出联系，且与四周县、市区均有联系，依然是浙江省区域创新产出联系的主要城市；宁波市辖区、慈溪市、余姚市的创新产出联系总量大幅上升，3个城市之间的创新产出联系量依然较大，但相较于2005年，宁波市辖区的创新产出联系呈扇形发散。由此看出，宁波市辖区也已成为浙江区域创新产出联系的重要城市；义乌市、温州市辖区、台州市辖区各自的创新产出联系总量增大，与周边县、市区的联系量也有明显增加，但相较2011年浙江区域创新产出联系整体情况，在自然断点法分类时，其联系量并没有位于更高的分级水平；同时，丽水、衢州两地的区域创新产出空间联系仍不明显。

3 区域创新产出联系中心城市及其辐射范围确定

为进一步研究区域创新产出空间联系，确定城市创新产出辐射范围，本研究以浙江省为例，通过分析得到浙江区域创新产出空间联系中心城市，并以此对其创新产出辐射范围进行深入的探索。

3.1 中心城市的确定

本文通过引入“最大引力线”，结合区域创新产出联系总量来确定浙江省区域创新产出空间联系中心城市。根据已有数据，研究应用ArcGIS10.1软件得到浙江区域创新产出联系最大引力线图（图2）。一般来说，最大引力线图中，一区域被连接的次数越多，表明该区域引力越大，中心地位越高。

本研究将最大引力线数量(N^{max})和区域创新产出联系总量(R_i)相结合，以此来判断节点城市等级，从而确定中心城市。结合浙江省区域创新产出实际情况，本研究将节点城市大致进行以下分类：$N^{max}\geqslant 15$或者$N^{max}\geqslant 10$且$R_i>M+3S$为一级节点城市，其中M与S分别为R_i的平均值与标准差；$N^{max}\geqslant 5$或者$N^{max}\geqslant 3$且$R_i>M+2S$为二级节点城市；$N^{max}\geqslant 2$为三级节点城市。按照上述分类方法，本研究通过计算得到2005、2011年的区域创新产出联系节点城市分类（图3）。

由图3可知，2005、2011年杭州市辖区均为一级节点城市，表明自2005年以来杭州市辖区在浙江省区域创新产出中的空间支配地位相对最高，区域中心性地位相对最强，由此可知，2005、2011年杭州

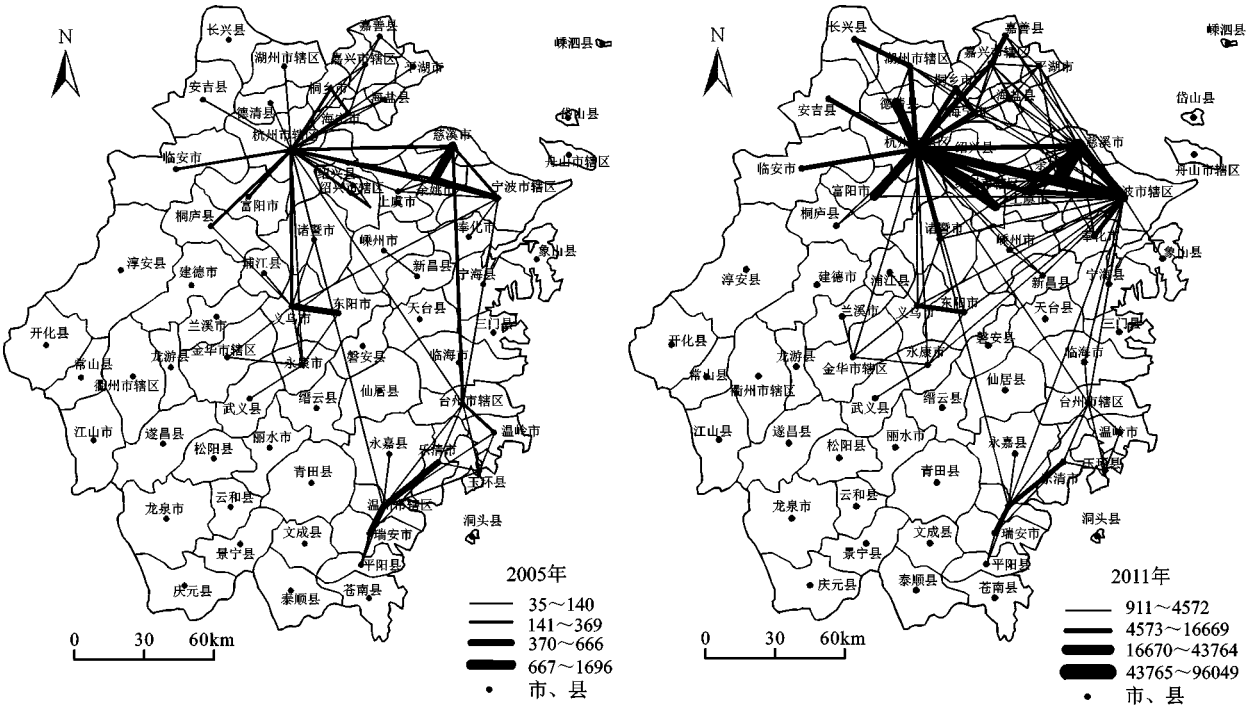

图1　浙江省区域创新产出空间联系情况(2005年与2011年)

Fig.1　Spatial linkage of regional innovation output of Zhejiang province in 2005 and 2011

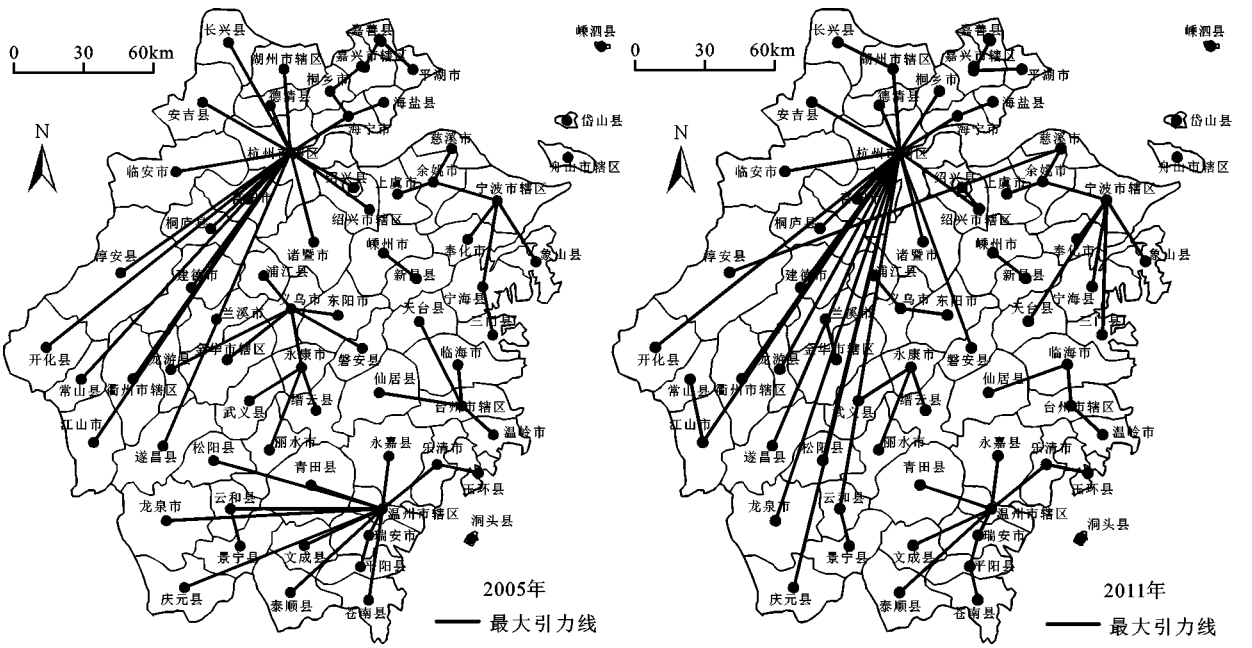

图2　浙江区域创新产出联系最大引力线(2005年与2011年)

Fig.2　The largest attraction linkages of regional innovation output in Zhejiang Province in 2005 and 2011

市辖区为浙江省区域创新产出联系的中心城市。进一步结合图2可知,虽然温州市辖区在2005年最大引力线数量为11,但由于其创新产出联系总量相对较小,尚未成为中心城市;2011年宁波市辖区随着最大引力线数量的增加以及其区域创新产出联系总量的上升,成为了二级节点城市。此外,三级节点城市数量未发生变化,但慈溪市、湖州市辖区、绍兴县和义乌市取代桐乡市、乐清市、嘉善县和宁

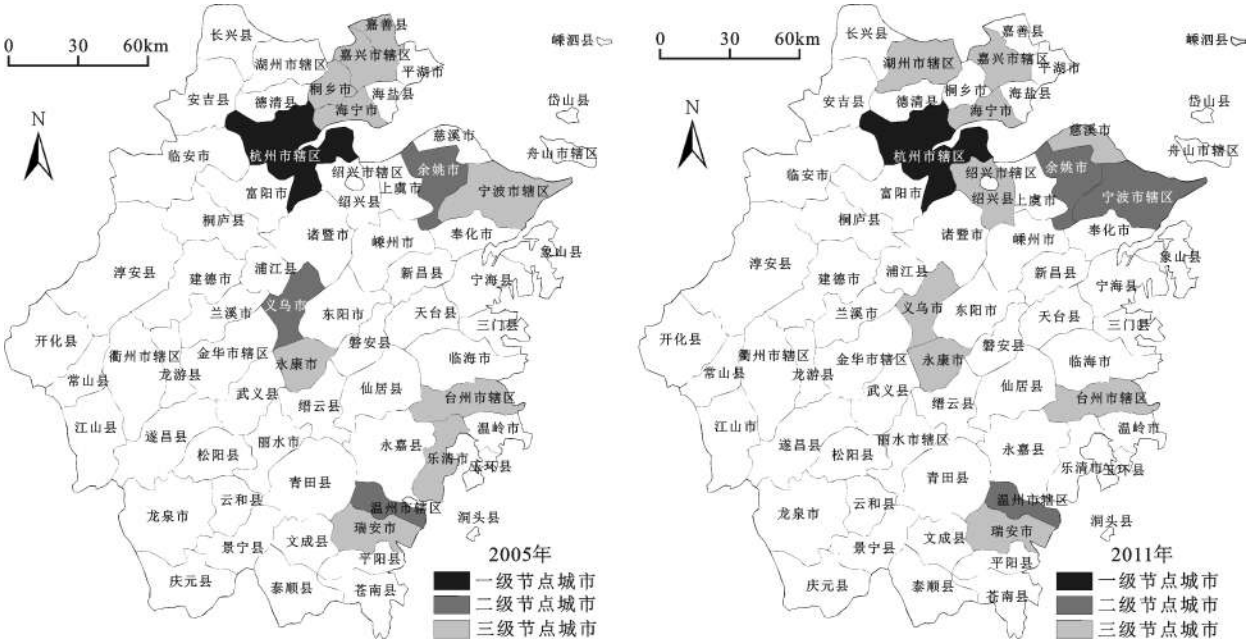

图3 浙江省区域创新产出联系节点城市分类(2005年和2011年)

Fig.3 Classification of f spatial linkage node cities of regional innovation output in Zhejiang in 2005 and 2011

波市辖区成为三级节点城市,表明2011年浙江省区域创新产出联系的三级节点城市发生了变化。

3.2 中心城市辐射范围分析

运用断裂点公式,计算中心城市到各二、三级节点城市的断裂点距离,结合ArcGIS10.1得到2005、2011年中心城市辐射范围(图4)。

由图4可知,根据二、三级节点城市的分布,中心城市的辐射方向主要趋于东南方向。2011年杭州市辖区区域创新产出辐射范围相较于2005年有明显的变化,由于二、三级节点城市的变化与区域创新产出联系总量的增加,辐射区范围在南北方向有明显的增大。2005年,杭州市辖区创新产出辐射范围主要涉及绍兴市辖区、绍兴县、上虞市、嵊州市、新昌县、天台县、磐安县、缙云县、永康市、东阳市、诸暨市、义乌市、富阳市、桐乡市、海宁市以及嘉兴市辖区。2011年辐射范围呈纵向扩大,覆盖区域增加,仙居县、德清县和湖州市辖区也成为杭州市辖区创新产出联系辐射区。同时,由断裂点距离可知,2011年杭州市辖区与宁波市辖区之间的断裂点较2005年更靠近杭州市辖区,表明2011年宁波市辖区创新活动吸引力提升,使得中心城市对其的辐射能力减小;2011年温州市辖区、乐清市、瑞安市与中心城市之间的断裂点相比于2005年出现明显的向下偏移,表明2011年中心城市的创新活动吸引力对温州市辖区、乐清市、瑞安市的影响增大。

4 结论与思考

本研究引入引力模型,结合区域创新理论,以浙江省为例,分析了区域创新产出的空间联系情况,得到以下结论:

第一,2005与2011年,浙江省区域创新产出空间联系总量存在较大的变化,2011年浙江省区域创新产出空间联系总量较2005年有显著增加。区域创新产出空间联系总量较大的城市主要为杭州市辖区、宁波市辖区、余姚市、慈溪市以及温州市辖区、绍兴县等县、市区,而丽水、衢州等地的区域创新产出联系总量较少,表明浙东北与浙西南地区的区域创新产出联系存在较大差异。2011年浙江省区域创新产出联系格局较2005年并没有明显的变化,浙东北地区依旧是浙江省区域创新产出联系的密集区域。这表明浙东北区域创新活动较之于浙西南地区活跃,杭州市辖区、宁波市辖区等县、市区在创新投入、创新环境与政策扶持等方面均优于浙西南各县、市区,这使其区域创新产出强,空间联系密集。同时,与杭州市辖区、宁波市辖区具有明显创新产出空间联系的县、市区数量增加,表明2011年,浙江省各县域区域创新产出联系在已有基础上显得更加密切。

第二,结合最大引力线数量与区域创新产出联系总量共同确定了杭州市辖区为浙江省区域创新

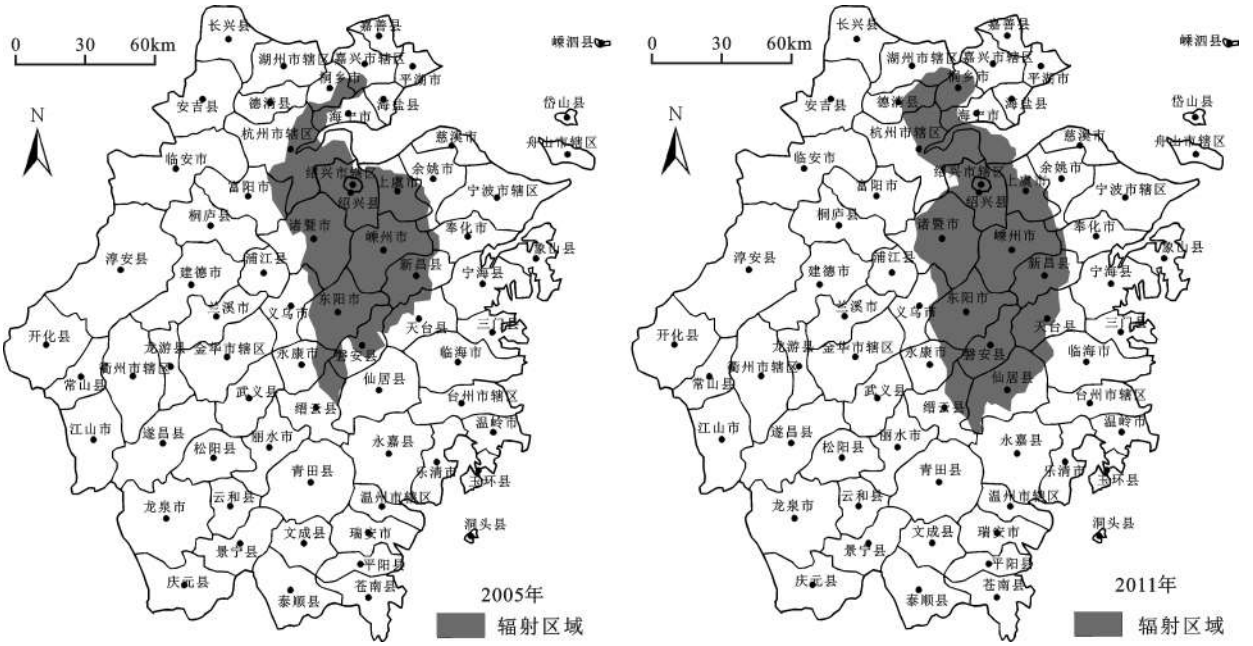

图4　浙江省中心城市区域创新产出辐射范围(2005年和2011年)

Fig.4　The radiation range of the central city in Zhejiang Province in 2005 and 2011

产出空间联系的中心城市。同时,二、三级节点城市的数量未发生变化,表明浙江省区域创新产出联系的城市空间结构未有较大改变。2005与2011年,余姚市、温州市辖区均成为浙江省区域创新产出联系的二级节点城市,宁波市辖区由于最大引力线数量的增加以及创新产出联系总量的增大,由2005年的三级节点城市上升为二级节点城市。同样的,由于最大引力线数量的减少以及创新产出联系总量比重的下降,义乌市在2011年降为三级节点城市。2011年三级节点城市数量较2005年并未发生变化,但由于区域创新产出水平在一定区域内存在消长,三级节点城市也略有变动。

第三,2005年杭州市辖区的创新产出辐射范围主要分布于东南方向,而对嘉兴、湖州两地的辐射效果并不显著;2011年,杭州市辖区辐射范围呈现出纵向增大的现象,对于嘉兴、湖州两地的辐射效果明显,同时,辐射区域在横向范围内略有削减。其主要原因在于宁波市辖区在该时期的区域创新产出水平提高,创新活动吸引力增强,对中心城市的创新产出辐射产生了一定的影响。此外,中心城市对温州市辖区、乐清市以及瑞安市的创新活动吸引力增大,以致于其断裂点出现了不同程度的向下偏移。

由引力模型可知,区域创新产出的空间联系强度主要取决于各区域的创新产出以及区域间距离,因此,增强创新产出空间联系主要在于推动区域创新产出及缩短区域之间距离。加大区域创新投入,优化创新环境,完善城市、县市间公路、铁路建设,大力推动信息、通讯发展,从而缩短区域之间的硬距离与软距离,增强区域创新产出的空间联系,以此推动区域创新发展。

参考文献:

[1] Hidenobu M. International urban systems and air passenger and cago flows some calculations[J]. Journal of Air Transport Management, 2004,(10):241-249.

[2] Theodore T, Antony S.Gravity models for dynamic transport planning:Development and implementation in urban networks [J].Journal of Transport Geography, 2006,(14):152-160.

[3] Tobias G, Franz R, Armin H.Gravity models for airline passenger volume estimation[J].Journal of Air Transport Management, 2007,(13):175-183.

[4] 孟德友,陆玉麒.基于引力模型的江苏区域经济联系强度与方向[J].地理科学进展,2009,**28**(5):697~704.

[5] 王海江,苗长虹,茹乐峰,等.我国省域经济联系的空间格局及其变化[J].经济地理,2012,**32**(7):18~23.

[6] 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[J].地理研究,2008,**27**(1):1~12.

[7] 朱道才,陆　林,晋秀龙,等.基于引力模型的安徽城市空间格局研究[J].地理科学,2011,**31**(5):551~556.

[8] 李　斌,许立民,秦　奋,等.基于重力模型的河南省公路客流

空间运输联系[J].经济地理,2010,**30**(6):955~959.
[9] 孟德友,陆玉麒.高速铁路对河南沿线城市可达性及经济联系的影响[J].地理科学,2011,**31**(5):537~543.
[10] 周 立,吴玉鸣.中国区域创新能力:因素分析与聚类研究——兼论区域创新能力综合评价的因素分析替代方法[J].中国软科学,2006,(8):96~103.
[11] Giovanni S. Konwledge-based capital in building regional innovation capacity[J].Journal of Konwledge Managment,2008,(12):121-136.
[12] Jeremy H. Innovation and regional development:A matter of perpective?[J].Research Policy,2005,**34**(8):1220-1234.
[13] João J.How to measure innovation—New evidence of the technology-growth linkage[J].Research in Economics,2010,**64**:81-96.
[14] 石 峰.基于省际面板数据及DEA的区域创新效率研究[J].技术经济,2010,**29**(5):42~47.
[15] 陈 伟,冯志军,姜贺敏,等.中国区域创新系统创新效率的评价研究——基于链式关联网络DEA模型的新视角[J].情报杂志,2010,**29**(12):24~29.
[16] 张玉明,李 凯.省际区域创新产出的空间相关性研究[J].科学学研究,2008,**26**(3):659~665.
[17] 张战仁.地理空间视角下我国区域创新非均衡发展的时空模式研究[D].上海:华东师范大学,2011.
[18] 赵建吉,曾 刚.创新的空间测度:数据与指标[J].经济地理,2009,**29**(8):1250~1255.
[19] 李国平,王春杨.我国省域创新产出的空间特征和时空演化——基于探索性空间数据分析的实证[J].地理研究,2012,**31**(1):95~106.
[20] 徐雪琪,程开明.创新扩散与城市体系的空间关联机理及实证[J].科研管理,2008,**29**(5):9~15.
[21] 王锐琪.我国区域技术创新能力提升与区域追赶的空间特征研究[D].重庆:重庆大学,2010.
[22] 刘继生,陈彦光.分形城市引力模型的一般形式和应用方法——关于城市体系空间作用的引力理论探讨[J].地理科学,2000,**20**(6):528~533.
[23] 赵雪雁,江进德,张 丽,等.皖江城市带城市经济联系与中心城市辐射范围分析[J].经济地理,2011,**31**(2):218~223.
[24] 谢顺平,冯学智,王结臣,等.基于网络加权Voronoi图分析的南京市商业中心辐射域研究[J].地理学报,2009,**64**(12):1467~1476.
[25] 蒋泰维, 金汝斌.浙江科技统计年鉴[M].杭州:浙江大学出版社,2006,2012.

Spatial Linkage of Regional Innovation Output Based on Gravity Model: A Case Study in Zhejiang Province

JIANG Tian-ying[1], XIE Min[1], LIU Gang[2]

(1.*Business School, Zhejiang Wanli University*, *Ningbo, Zhejiang* 315100,*China*; 2.*College of Economics and Management*, *Zhejiang University of Technology*, *Hangzhou*, *Zhejiang* 310023, *China*)

Abstract: Research on spatial linkage of regional innovation output and analysis of the radiation range in the central city have important practical significance to advance the spatial linkage of regional innovation output and promote the level of regional innovation output. This article analyzes the spatial linkage of regional innovation output based on gravity model, identifies the central city according to the number of the largest attraction linkages and total spatial linkages of regional innovation output and calculates the radiation range of the central city by breaking point formula in Zhejiang Province. Compared to the level in 2005 and 2011, the quantity of regional innovation output spatial linkage and total amount of linkages have increased obviously, but the spatial pattern of regional innovation output linkage has changed little with the concentrated areas mostly focused in Hangzhou and Ningbo. Although the cities with second and third level have had overt changes, Hangzhou City has always been the central city of spatial linkage of regional innovation output in Zhejiang. The radiation area in the central city has been expanded. The radiation effect of central city has strengthened slightly except Ningbo City. Based on this conclusion, this article puts forward some suggestions such as increasing the regional innovation input, optimizing the environment of regional innovation, improving and perfecting the construction of the highway and railway in cities, reducing the hard distance and soft distance between regions and promoting the spatial linkage of regional innovation output.

Key words : gravity model; regional innovation output; spatial linkage