

郑文升,姜玉培,卓蓉蓉,等.安徽省县际经济联系网络结构演变及影响因素[J].地理科学,2016,36(2):265-273.[Zheng Wensheng, Jiang Yupei, Zhuo Rongrong et al. Evolution and Influencing Factors of the Structure of Economic Linkage Network at County Level in Anhui Province. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(2): 265-273.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2016.02.013

安徽省县际经济联系网络结构演变及影响因素

郑文升^{1,2},姜玉培^{1,2},卓蓉蓉^{1,2},闰记影³,王晓芳^{1,2}

(1.华中师范大学地理过程分析与模拟湖北省重点实验室,湖北 武汉 430079; 2.湖北省发展和改革委员会/华中师范大学武汉城市圈研究院,湖北 武汉 430079; 3.重庆市地理信息中心,重庆 401121)

摘要:选取安徽省全部78个县级经济区域作为网络节点,采用修正后的1996年、2004年及2013年的经济联系强度反映节点之间的联系,运用GIS工具和社会网络、空间马尔科夫等方法分析县际经济联系网络结构的动态变化及其影响因素。结果表明:①安徽省县际经济联系网络密度不断增强,县际经济联系逐渐多向化、稠密化、纵深化;②合肥中心城区一直处于网络中心,经济扩散能力不断增强;③无为、怀远、肥东等县逐渐成为衔接地区经济联系的“门户节点”;④县际经济联系网络结构具有分层集聚特征,基本上形成“四大八小”的空间格局;⑤影响县际经济联系网络结构演变的因素主要包括要素集聚与扩散、空间近邻作用、交通可达性改善、政策激励与引导。

关键词:网络结构;社会网络分析;空间近邻效应;安徽省

中图分类号:F127 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2016)02-0265-09

区域经济联系是地理学、经济学研究区域的重要内容。其中,区域经济联系网络是地理、经济学界研究的热点。开展比较多的工作是基于引力模型的经济联系测度和基于物质流、交通流、信息流的网络模拟^[1-5],进一步,刻画城市与地区间的经济联系格局^[6-8],以及描述与表达交通信息流为基础的现代区域联系格局^[9-10]。在工业化初中期,由于中心地区或发达地区基本经济职能的强大引力作用,适宜使用引力模型或要素流分析等级化的区域联系格局。而随着中国经济发展进入工业化、城镇化中后期,区域差距、城乡差距不断缩小,区域发展态势越来越扁平化,极化格局越来越向网络化格局转变,区域联系的分析也要适应发展趋势的新变化。

近年来,社会网络分析(Social Network Analysis)越来越多的引入到区域经济联系分析中来^[11-14],

社会网络分析原是分析社会活动主体关系的研究方法,关注社会主体之间的复杂互动关系,因此很适合分析扁平化时代的区域联系格局。当前,随着发达地区和大城市发展容量的逐渐饱和,经济发展重心下沉,发展增量从沿海向内地转移,内陆地区县域经济发展迅速,呈现出省域尺度下地级城市的中心城区和县级市、县域共同发展的格局,县域已经成为网络化发展的重要载体。本研究以安徽省为研究区域,县域为研究单元,通过县际间经济联系数据建立经济联系网络,应用社会网络分析方法厘清安徽省县际经济联系网络结构动态演化的过程及其影响因素。从而,为研究新时期网络化趋势下的区域联系变化提供参考借鉴,推动县际间动态、多边、网络化关系的积极整合,促进县际经济的协同一体化发展。

收稿日期:2015-03-24;**修订日期:**2015-08-30

基金项目:国家自然科学基金青年项目(41001100);教育部人文社科基金项目(15YJCZH174);湖北省社科基金一般项目(2014031);中央高校基本科研业务费专项资金项目(CCNU15A02003、CCNU15A05003、CCNU15ZD001)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41001100), Humanities and Social Sciences Foundation of Ministry of Education in China (15YJCZH174), Social Science Foundation of Hubei Province (2014031), The Fundamental Research Funds for the Central Universities (CCNU15A02003, CCNU15A05003, CCNU15ZD001).]

作者简介:郑文升(1982-),男,安徽六安人,博士,副教授,主要从事区域与城乡发展研究。E-mail: zhengwensheng@mail.ccnu.edu.cn
通讯作者:王晓芳,副教授。E-mail: wangxiaofang@mail.ccnu.edu.cn

1 研究模型与数据

1.1 研究模型

1.1.1 网络构建模型

将区域经济联系网络单元抽象为网络节点,将反映研究单元间联系的各种流抽象为网络连接线,采用经济联系强度反映节点之间的联系。考虑到两两区域间经济联系强度的非对等性,引入参数 k 对区域间经济联系的引力模型进行修正。

$$R_{ij} = k_{ij} \frac{\sqrt{P_i G_i} \times \sqrt{P_j G_j}}{D_{ij}^2}, k_{ij} = \frac{G_i}{G_i + G_j} \quad (1)$$

式中, R_{ij} 为 i 、 j 地区间的经济联系强度; P_i 、 P_j 和 G_i 、 G_j 分别为 i 、 j 地区的人口规模和GDP总量; D_{ij} 为 i 、 j 地区间基于公路网络最短路径的旅行时间^①; k_{ij} 为地区 i 对 j 地区的经济贡献率。

1.1.2 网络测度及分析模型

以所有节点间经济联系强度的平均值为最小阈值,筛选有效联系,采用可视化社会网络分析软件UCINET计算测度指标。

1) 网络密度。指该网络中各区域间实际拥有的连接关系数与可能拥有的理论最大关系数之比。它所体现的是网络整体的开放程度和获取资源的能力,网络越密集,整体网络和集中的节点所能完成的吸收、传递功能就越强。

$$D = \frac{m}{n(n-1)} \quad (2)$$

式中, D 为网络密度([0~1]), m 为实际存在的有效联系总数, n 为网络节点的总数。

2) 节点中心度。从点度中心度、接近中心度、中间中心度3个角度展开分析。点度中心度是根据区域联系网络中的联接数衡量节点处于网络中心位置的程度,度值越大,节点中心性越强。接近中心度是以距离计算某一节点的中心程度,度值越大,该节点与其它节点的联系程度越紧密。中间中心度是衡量节点对资源控制能力的程度,度值越大,节点的中介与控制能力越强。计算公式为:

$$C_d(c_i) = \frac{\sum_i a_{ij}}{(n-1)}; C_c(c_i) = \frac{(n-1)}{\sum_{j \neq i} d_{ij}} \quad (3)$$

① 本文采用公路交通网络测算最短路径旅行时间,主要选取高速公路、国道和省道。

② 从行政级别上,地级市市辖区是县级行政单元,但绝大多数情况下,市辖区不是独立、完整的经济区域单元,地级市中心城区才是与县和县级市发生交互作用的经济区域。以此测算,安徽省共有16个地级城市中心城区、56个县、6个县级市,共计78个县级经济区域。不同年份县级经济区域单元随行政区划的调整有所变化。

③ 1996年高速公路100 km/h、国道60 km/h、省道40 km/h;2004年高速公路100 km/h、国道70 km/h、省道50 km/h。

$$C_B(c_i) = \sum_{i \neq j \neq l} \frac{D_{jl}(i)}{D_{jl}} \quad (4)$$

式中, $C_d(c_i)$ 为点度中心度, a_{ij} 为节点 i 和其它城市之间的有效联系数量; $C_c(c_i)$ 为接近中心度, d_{ij} 为节点 i 和 j 间的最短路径; $C_B(c_i)$ 为中间中心度, D_{jl} 指邻近 i 的2个节点 j 和 l 间最短路径; $D_{jl}(i)$ 为通过节点 i 的路径。

3) 凝聚子群。凝聚子群是在遵循相似性和差异性原则下对区域经济联系网络内部微观结构进行的聚类分组,主要考量网络结构中哪些节点经济关系强且联系紧密,并以此判断分析凝聚子群间的相互作用关系。采用迭代相关收敛法迭代计算地区间经济联系矩阵的相关系数,利用树形图表达聚类分组之间的结构对等性程度,识别区域经济联系网络的凝聚子群。

1.1.3 空间近邻效应测度及分析模型

空间近邻效应是空间相互作用的一种重要方式,它强调空间近邻位置关系对区域相互联系产生的影响。在区域经济联系网络结构演变中,一个网络节点若与高经济发展水平的网络节点为邻,其向上转移的可能性会增加,而向下转移的可能性会降低,反之亦然,进而改变经济联系网络的其它相关属性。空间马尔科夫链模型用于分析在不同区域发展背景下,一个区域向上或向下转移的可能性,可以有效分析区域经济发展间的空间近邻效应。

1.2 数据来源及处理

本研究选取安徽省全部78个县级经济区域单元作为网络节点^②。公路交通网络数据来自1996年、2004年、2013年中国分省地图册(安徽省)。1996年和2004年安徽省各级公路的平均行车速度参照蒋晓威等人的设定标准^{③[15]},2013年高速公路100 km/h、国道80 km/h、省道60 km/h。社会经济数据均来自《安徽统计年鉴》(1997~2014年)^[16]。

2 县际经济联系网络结构演变分析

借助ArcGIS10.0软件将计算得出的经济联系强度值绘制成图,生成1996年、2004年、2013年安徽省县际经济联系网络的可视化结构(图1)。

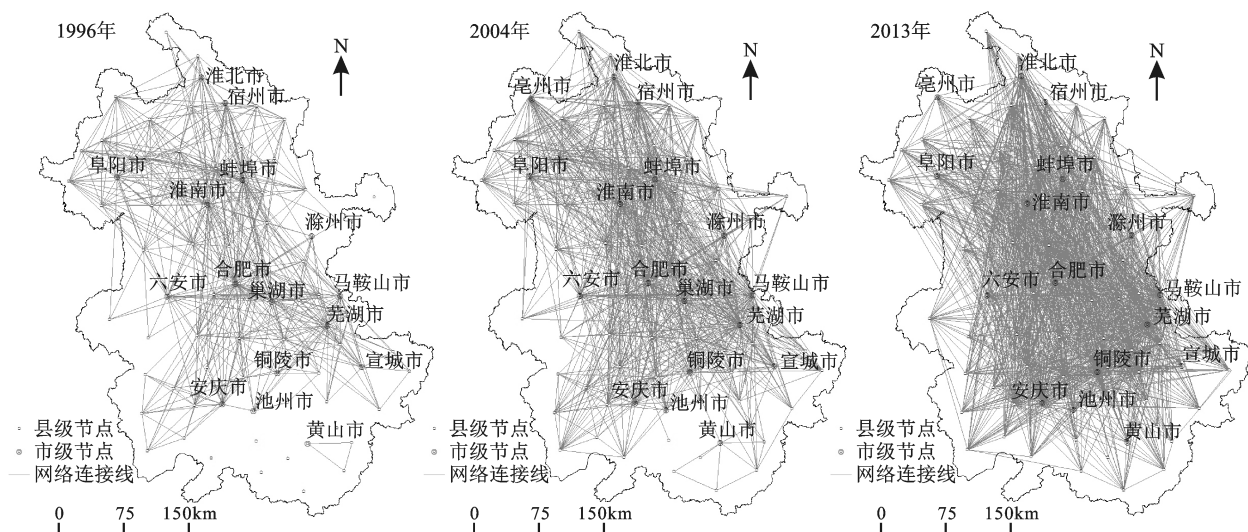


图1 1996年、2004年和2013年安徽省县际经济联系网络结构

Fig.1 The structure of economic linkage network at county level in Anhui Province in 1996, 2004 and 2013

2.1 网络密度分析

1996年安徽省县际经济联系的网络密度为0.185,网络成员间的经济关联程度低,经济组织关系较为松散,经济联系网络主要由具有相对中心位置的中心城区之间、中心城区与其周边县市之间架构。2004年,网络密度上升到0.307,网络聚合度有所增强,中心城区之间、中心城区与周边县市之间,以及与中心城区有邻近关系的县市之间联系加强,但中心城区与邻近县市的经济对外联系能力存在较明显的层次等级性。2013年网络密度达到0.712,网络集聚、整合能力不断上升,经济联系网络结构逐渐向均衡化方向演化,区域协同、一体化趋势凸显。区域差异性仍较明显,安徽省中部、中部偏北地区、皖江地带,中心城区之间、与中心城区有邻近关系县市之间的经济组织关系较为紧密,而皖北、皖西以及皖南县市之间联系较弱。

2.2 节点中心度分析

从点度中心度分析,安徽省县级节点的网络中心结构从两极分化状态逐渐向均衡状态演变(图2)。合肥中心城区一直处于网络中心,芜湖、铜陵、安庆、马鞍山、宣城、阜阳等中心城区的网络中心地位也不断增强,而淮南、蚌埠、六安等中心城区的网络中心地位逐渐下降。点度中心度可分解为点入度和点出度,分别反映某节点接受其它节点影响的程度和主动影响其它节点的程度。合肥中心城区点出度一直居于首位,且度值不断增

加,芜湖、淮南、蚌埠、马鞍山、铜陵等中心城区对周边县市的扩散效应也在增强。皖北、皖西以及皖南经济发展较为落后地区县市点入度较高,更多受到其他节点影响。

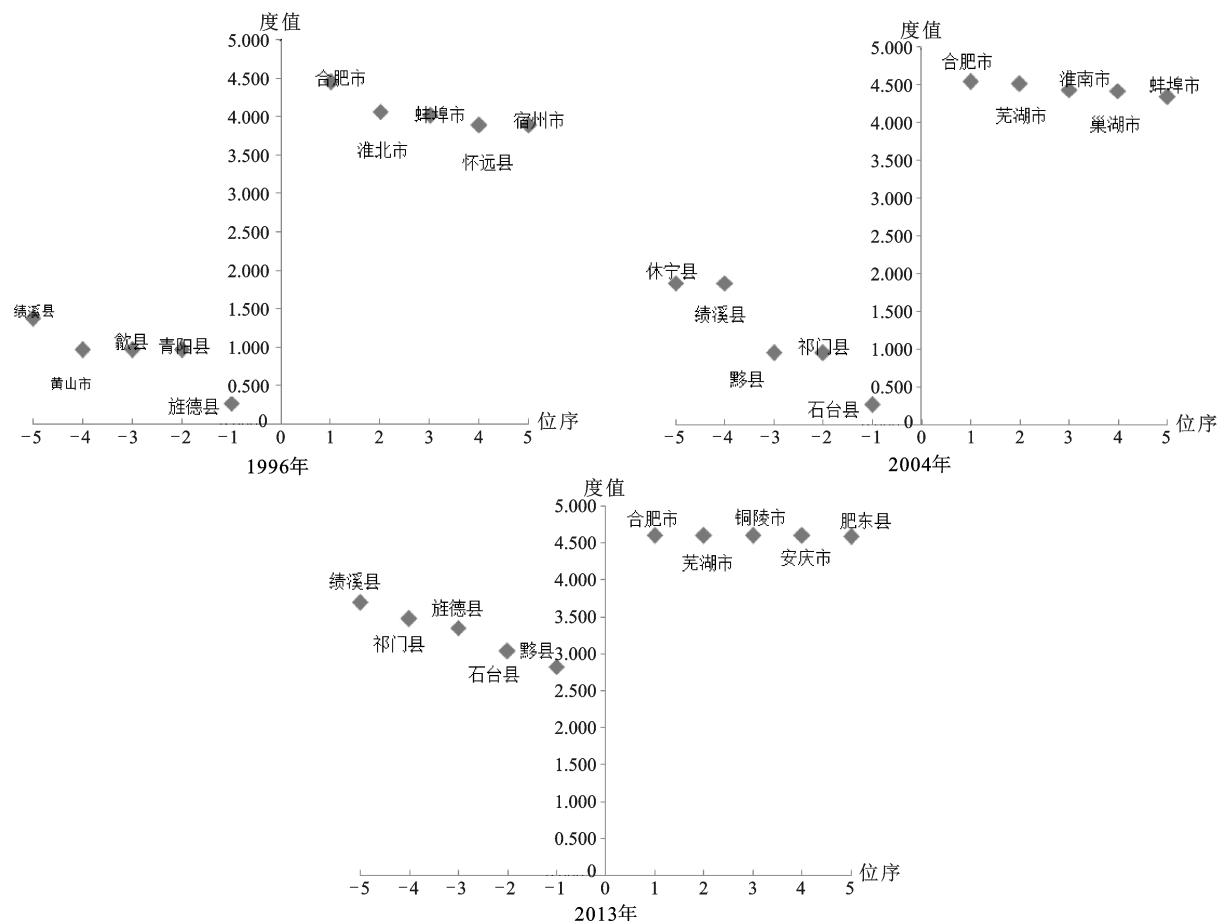
从网络接近中心度来看,安徽省经济联系网络的整体连通能力不断增强(图3)。合肥中心城区的经济连通能力一直居于首位,但随着其它中心城区及县市连通能力的提高,合肥中心城区受到分流与弱化。安徽省县级及以上网络节点的连通能力具有较明显的空间分异及交通指向性特征,高值区主要分布在交通通达性较强的皖江地带,低值区主要分布在皖北地区,较低值区主要分布在地貌类型复杂的皖西和皖南地区。

从网络节点的中介作用来看,合肥中心城区一直是整个经济联系网络的核心枢纽,承担着重要的连通和中转功能(表1)。小群体内的中心城区一般均处于中介位置,成为其所辖县市对外联系的枢纽节点。无为、怀远、肥东等县的中介作用有所增强,分别成为安徽省区域经济联系网络向皖南、皖北和皖西北、皖东拓展的重要“门户节点”。而巢湖市受行政拆分影响较大,导致其中介地位显著下降。

2.3 凝聚子群分析

安徽省县际经济联系网络划分出4个二级凝聚子群,大体呈现“北—中—南”的分布特征(图4)。

1996年,子群整体联接的密度系数不高,区域



注:为了便于统计与比较,对度值进行了标准化处理;分析时未涵盖度值为0的节点;图3、表1做类似处理。

图2 1996年、2004年、2013年研究区点度中心度排名前5位和后5位的地区节点

Fig.2 The top 5 and 5 bottom nodes by degree centrality in Anhui Province in 1996, 2004 and 2013

经济联系网络发育较差。蚌埠、淮南、阜阳中心城区所在子群内部的密度系数均大于0.800,经济联系最为密切,而黄山中心城区所在子群内部成员间的经济关系最为松散,密度系数仅为0.067。三级子群之间,蚌埠中心城区所在子群与邻近淮北、阜阳、淮南中心城区所在子群间的关系较为紧密,与其它子群间联系较弱。

2004年,子群整体联接的密度系数略有上升,区域经济联系网络逐渐完善。合肥中心城区所在三级子群内部密度系数为0.972,成员间经济联系最为紧密。此外,合肥中心城区所在三级子群与其它三级子群间经济联系也相对频繁。黄山中心城区所在三级子群内部经济联系有所加强,但与其它三级子群间的经济联系相对薄弱,受外来经济影响较小,处于弱边缘地位。

2013年,子群整体联接的密度系数大幅度提升,核心子群集聚与扩散能力不断增强,区域协同

和一体化态势凸显。合肥、马鞍山、铜陵等中心城区所在的三级子群,不仅内部交流密切,子群间区域联动效应也明显增强,促使江淮城市群一体化进程加快。而江淮城市群对皖北、皖南经济联系子群的凝聚与扩散能力有限,目前尚不能在全省范围内形成完善的经济联系网络。

3 影响因素分析

3.1 要素集聚与扩散

在经济联系网络格局中,皖江经济带中心城区借助长三角城市群产业近邻扩散的优势,优先获得发展机会。在市场和政府的共同作用下,吸引更多要素向相对狭小的皖江地域空间集中和聚合,使得该地区成为安徽省经济发展的核心地区。在县际经济联系网络结构中,该地域网络节点具有较高的点度中心度和中介中心度,对区内联接节点具有较强的集聚、扩散和控制能力。区

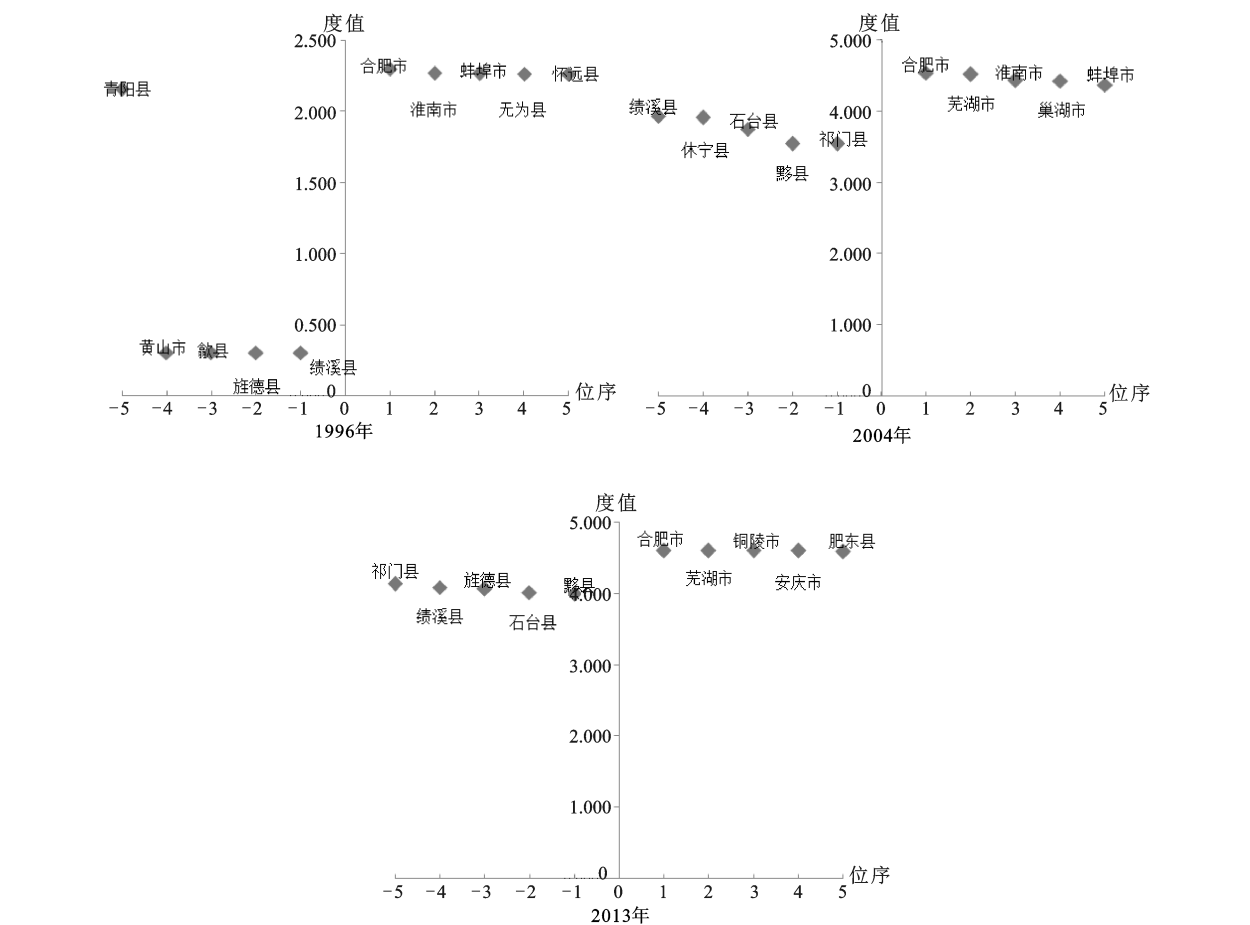


图3 1996年、2004年、2013年研究区接近中心度排名前5位和后5位的地区节点
Fig.3 The top 5 and 5 bottomnodes by closeness centralityin Anhui Provincein 1996, 2004 and 2013

表1 1996年、2004年、2013年研究区县际经济联系网络的中介节点及度值
Table 1 Broker nodes of the inter-county network and betweenness centrality in 1996, 2004 and 2013

地区	1996年	地区	2004年	地区	2013年
合肥市	1.000	芜湖市	1.000	合肥市	1.000
淮南市	0.157	合肥市	0.887	芜湖市	1.000
蚌埠市	0.114	亳州市	0.481	铜陵市	1.000
无为县	0.103	巢湖市	0.325	安庆市	1.000
六安市	0.089	淮南市	0.296	无为县	0.922
宿州市	0.083	黄山市	0.294	池州市	0.836
怀远县	0.081	马鞍山市	0.209	肥东县	0.760
庐江县	0.080	蚌埠市	0.195	马鞍山市	0.760
芜湖市	0.079	肥东县	0.189	庐江县	0.673
肥东县	0.069	六安市	0.174	淮南市	0.604
.....
萧县	0.001	泗县	0.001	砀山县	0.005

域经济联系具有“距离衰减”的空间属性和“路径依赖”的发展特征,在经济联系网络节点梯度扩散过程中,部分县市的中介作用有所提高,使其成为经济联系网络多向拓展的“门户节点”,有效减弱了区域经济联系网络结构的不均衡程度。

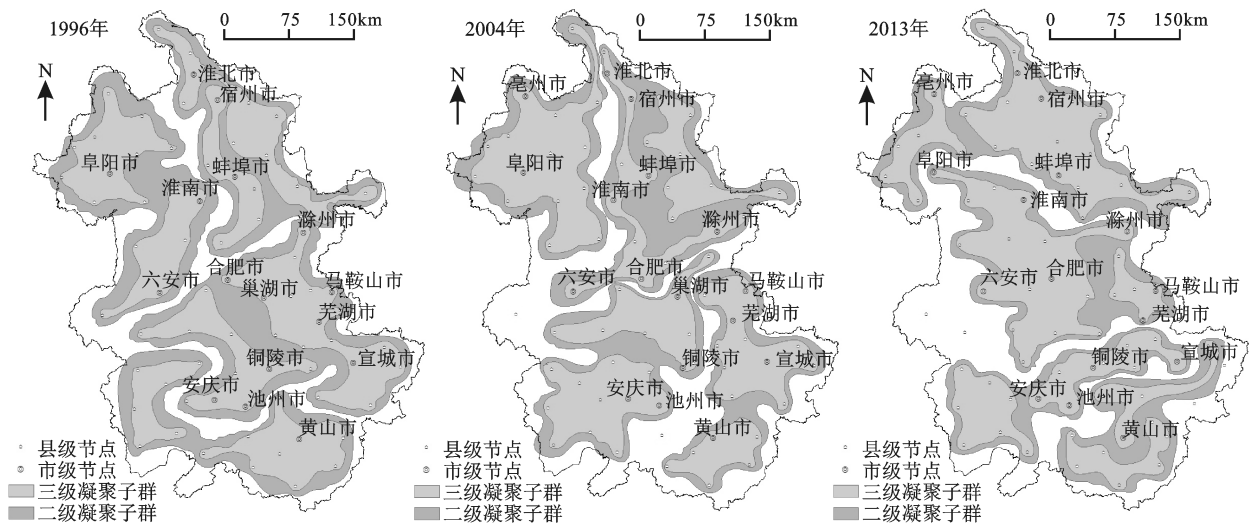


图4 1996年、2004年、2013年安徽省县际经济联系网络凝聚子群

Fig.4 The cohesive subgroups of economic linkage network at county level in Anhui Province in 1996, 2004 and 2013

3.2 空间近邻作用

在空间转移概率矩阵中,主对角线上的数值表示区域经济水平没有发生变化的概率,其它位置上的数值则表示不同区域经济水平间发生转移的概率。表2中,1996~2004年间,经济水平转换较为剧烈的区域受周边经济水平处于“中高”、

“高”的区域影响较大,皖中地区中心城区经济发展属于“高”水平类型,对与自身地理位置邻近或联系频繁的低水平区域的经济扩散较强。2004~2013年间,“高”水平区域对周边地区的经济扩散效应不断增强,但“低”、“较低”水平区域对周边地区经济增长产生较大的拖累,皖北、皖西、皖南地

表2 1996~2013年安徽省县域人均GDP空间马尔科夫矩阵

Table 2 The spatial markov matrix for county-level GDP per capita in Anhui Province during 1996-2013

空间 滞后	1996~2004年						空间 滞后	2004~2013年					
	t_0	n	1	2	3	4		t_0	n	1	2	3	4
1	1	2	0.500	0.500	0.000	0.000	1	1	44	0.932	0.068	0.000	0.000
	2	6	0.000	1.000	0.000	0.000		2	18	0.111	0.889	0.000	0.000
	3	0	0.000	0.000	0.000	0.000		3	0	0.000	0.000	0.000	0.000
	4	0	0.000	0.000	0.000	0.000		4	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1	89	0.820	0.180	0.000	0.000	2	1	97	0.763	0.237	0.000	0.000
	2	218	0.078	0.885	0.037	0.000		2	170	0.124	0.788	0.065	0.024
	3	36	0.000	0.194	0.75	0.056		3	31	0.065	0.226	0.613	0.097
	4	52	0.000	0.038	0.019	0.942		4	60	0.000	0.100	0.017	0.883
3	1	15	0.733	0.133	0.133	0.000	3	1	15	0.800	0.200	0.000	0.000
	2	128	0.023	0.906	0.047	0.023		2	94	0.011	0.926	0.043	0.021
	3	49	0.000	0.143	0.796	0.061		3	24	0.042	0.167	0.750	0.042
	4	41	0.000	0.073	0.049	0.878		4	19	0.000	0.053	0.105	0.842
4	1	6	0.500	0.500	0.000	0.000	4	1	2	0.500	0.500	0.000	0.000
	2	43	0.007	0.814	0.116	0.000		2	47	0.021	0.830	0.149	0.000
	3	13	0.000	0.385	0.615	0.000		3	38	0.000	0.079	0.816	0.105
	4	0	0.000	0.000	0.000	0.000		4	20	0.000	0.150	0.050	0.800

注: t_0 为 $t_i/(t_i+1)$;参照世界银行区域经济的分类方法和标准,将研究区的78个县域按全省人均GDP平均值划分4个类型。1.低水平,人均GDP低于平均水平的50%;2.中低水平,50%~100%之间;3.中高水平,100%~150%之间;4.高水平,高于150%。

区中心城区经济水平属于“中高”类型,但周边“低”、“中低”水平地区较多,受其负面影响明显,经济水平类型转换缓慢。

3.3 交通可达性改善

本研究将可达性指标定义为区域内网络中某一节点到其它所有节点最短运行时间的平均值,其值越小,可达性越好。随着合徐、合安、合宁、合芜宣等南北、东西高速通道的建设,1996~2013年任意两县市间的平均可达性值由4.471 h降低到3.552 h(图5),依托高速干道形成县际联系的主轴线,这些地带网络节点的互通能力明显高于其它地区。而皖北、皖西、皖南等边缘地区交通网络结构缺乏横向关联,

可达性较差,在经济联系网络中处于边缘地位。

3.4 政策激励与引导

2004年以前,安徽省先后提出“三区一中心”、“开发皖江,呼应浦东”、“两点一线”等区域经济战略布局。布局的重点区域主要集中在皖江地区,重点发展的城市主要是合肥、芜湖、铜陵、马鞍山等中心城区。2004年之后,相继提出“东向发展,加速融入长三角经济圈”、“省会经济圈”、“沿江城市群”、“沿淮城市群”发展战略,形成“一带一圈一群”等为主体的城镇化网络空间格局,随着产业发展向皖北、皖西地区转移,全省经济联系网络格局基本形成。

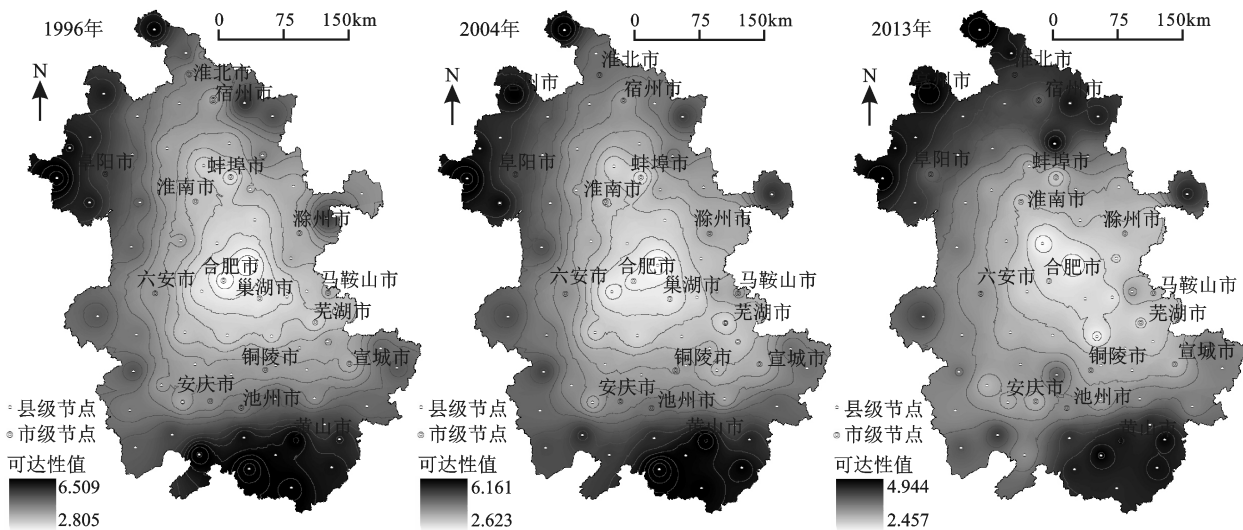


图5 安徽省县际交通可达性变化

Fig.5 The evolution of traffic accessibility at county level in Anhui Province

4 结论与展望

对1996~2013年安徽省县级经济联系网络结构的研究表明:

1) 县际间经济联系网络密度不断增大。中心城区仍是县际经济联系网络的核心节点,具有重要的集聚、扩散、中转等功能,在县际经济联系网络结构演变过程中处于关键地位。同时部分县级网络节点的中介作用不断增强,成为衔接区域经济联系的“门户节点”。

2) 凝聚子群是构造县际经济联系网络内部微观结构的有效方式,同时,小群体分析能够更有效揭示出次重要网络节点获得发展和提升竞争力

的来源。

3) 要素集聚与扩散、空间近邻作用、交通可达性改善、政策激励与引导是影响县际经济联系网络结构演变的重要因素。空间近邻作用能够从空间相互作用下经济发展水平类型转换的角度反映网络结构变迁。

未来,随着县域经济崛起,传统上以行政区为主导的县际经济联系格局将逐渐发生变化,市场联系在不断增强,需要追踪区域发展动态,厘清县际经济联系网络新结构。中国经济发展进入“新常态”,“互联网+”、云制造、众创众包等新经济、新模式将对县际经济联系产生重大影响,也需要探讨新趋势下的经济联系网络动力机制。

参考文献(References):

- [1] 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. [Meng Deyou, Lu Yuqi. Strength and Direction of regional economic linkage in Jiangsu Province based on Gravity Model. Progress in Geography, 2009, 28(5): 697-704.]
- [2] 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. [Gu Chaolin, Pang Haifeng. Study on Spatial Relations of Chinese Urban System: Gravity Model Approach. Geographical Research, 2008, 27(1): 1-12.]
- [3] Bagler G. Analysis of the Airport Network of India as a Complex Weighted Network[J]. Physica a: Statistical Mechanics and Its Applications, 2008, 387(12): 2972-2980.
- [4] 刘涛, 仝德, 李贵才. 基于城市功能网络视角的城市联系研究——以珠江三角洲为例[J]. 地理科学, 2015, 35(3): 306-313. [Liu Tao, Tong De, Li Guicai. City Linkage Based on City Functional Network: Taking Zhujiang River Delta as an Example. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(3): 306-313.]
- [5] 陈伟, 修春亮, 柯文前, 等. 多元交通流视角下的中国城市网络层级特征[J]. 地理研究, 2015, 34(11): 2073-2083. [Chen Wei, Xiu Chunliang, Ke Wenqian, et al. Hierarchical Structures of China's City Network From the Perspective of Multiple Traffic Flows. Geographical Research, 2015, 34(11): 2073-2083.]
- [6] 冷炳荣, 杨永春, 李英杰, 等. 中国城市经济网络结构空间特征及其复杂性分析[J]. 地理学报, 2011, 66(2): 199-211. [Leng Bingrong, Yang Yongchun, Li Yingjie, et al. Spatial Characteristics and Complex Analysis: A Perspective from Basic Activities of Urban Networks in China. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(2): 199-211.]
- [7] 潘少奇, 李亚婷, 高建华. 中原经济区经济联系网络空间格局[J]. 地理科学进展, 2014, 33(1): 92-101. [Pan Shaoji, Li Yating, Gao Jianhua. Spatial Pattern of Economic Linkage Network in Central Plains Economic Zone. Progress in Geography, 2014, 33(1): 92-101.]
- [8] 刘静玉, 杨虎乐, 宋琼, 等. 中原经济区城市间相互作用时空格局演变研究[J]. 地理科学, 2014, 34(9): 1060-1068. [Liu Jingyu, Yang Hule, Song Qiong et al. Spatio-temporal Pattern Evolution of the Interaction Among the Cities in Central Plains Economic Zone. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(9): 1060-1068.]
- [9] 甄峰, 王波, 陈映雪. 基于网络社会空间的中国城市网络特征——以新浪微博为例[J]. 地理学报, 2012, 67(8): 1031-1043. [Zhen Feng, Wang Bo, Chen Yingxue. China's City Network Characteristics Based on Social Network Space: an Empirical Analysis of Sina Micro-blog. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(8): 1031-1043.]
- [10] 董超, 修春亮, 魏冶. 基于通信流的吉林省流空间网络格局[J]. 地理学报, 2014, 69(4): 510-519. [Dong Chao, Xiu Chunliang, Wei Ye. Network Structure of 'Space of Flows' in Jilin Province Based on Telecommunication Flows. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(4): 510-519.]
- [11] 汤放华, 汤慧, 孙倩, 等. 长江中游城市群经济网络结构分析[J]. 地理学报, 2013, 68(10): 1357-1366. [Shang Fanghua, Shang 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.]
- [12] 方大春, 孙明月. 高铁时代下长三角城市群空间结构重构——基于社会网络分析[J]. 经济地理, 2015, 35(10): 50-56. [Fang Dachun, Sun Mingyue. The Reconstruction of the Spatial Structure of the Yangtze River Delta City Group in the High-speed Rail Era——Based on the Social Network Analysis. Economic Geography, 2015, 35(10): 50-56.]
- [13] 李亚婷, 潘少奇, 苗长虹. 中原经济区县际经济联系网络结构及其演化特征[J]. 地理研究, 2014, 33(7): 1239-1250. [Li Yating, Pan Shaoji, Miao Changhong. Structure and Evolution of Economic Linkage Network at County Level in Central Plains Economic Zone. Geographical Research, 2014, 33(7): 1239-1250.]
- [14] 梁经纬, 文淑惠, 方俊智. 中国-东盟自贸区城市群空间经济关联研究——基于社会网络分析法的视角[J]. 地理科学, 2015, 35(5): 521-528. [Liang Jingwei, Wen Shuhui, Fang Junzhi. The Spatial Economic Association of City Agglomeration on CAFTA Based on the Perspective of Social Network Analysis. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(5): 521-528.]
- [15] 蒋晓威, 曹卫东, 罗健, 等. 安徽省公路网络可达性空间格局及其演化[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1591-1599. [Jiang Xiaowei, Cao Weidong, Luo Jian, et al. Spatial pattern and evolution of road network accessibility in Anhui Province. Progress in Geography, 2012, 31(12): 1591-1599.]
- [16] 国家统计局安徽调查总队. 安徽省统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1997-2014. [NBS Survey Office of Anhui Province. Anhui Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press, 1997-2014.]

Evolution and Influencing Factors of the Structure of Economic Linkage Network at County Level in Anhui Province

Zheng Wensheng^{1,2}, Jiang Yupei^{1,2}, Zhuo Rongrong^{1,2}, Run Jiying³, Wang Xiaofang^{1,2}

(1. Key Laboratory for Geographical Process Analysis & Simulation, Hubei Province, Central China Normal University, Wuhan 430079, Hubei, China; 2. Academy of Wuhan Metropolitan Area, Hubei Development and Reform Commission & Central China Normal University, Wuhan 430079, Hubei, China; 3. Chongqing Geomatics Center, Chongqing 401121, China)

Abstract: Study in regional economic linkages is one of the most important aspects of economic geography and regional research. The approach of social network analysis (SNA) has emerged as a key technique in study of regional economic linkages. Taking the 78 county areas in Anhui Province as network nodes to constructed the economic linkage network, the connections between nodes were evaluated by the revised economic relation intensity in 1996, 2004 and 2013 in this article. Firstly, we used GIS tools to map the structure of economic linkage network at county level in Anhui Province in 1996, 2004 and 2013. Then, under the support of social network analysis software UCINET, our study analyzed the centrality from three aspects: degree centrality, closeness centrality and betweenness centrality. Furthermore, we marked out four cohesive subgroups of economic linkage network at county level in Anhui Province. For the influencing factors, this article constructed a spatial markov matrix for county-level GDP per capita in Anhui Province to examine spatial adjacency effect, and the evolution of traffic accessibility at county level was calculated by average traffic time from a node to all other nodes. The results show that: 1) The density of economic linkage network in Anhui Province has been continuously boosting in 2013, from 0.307 in 1996 to 0.712. Besides, the economic linkages between counties have been developing toward multi-direction, densification and deepened way, which was good to the formation of economic linkage network; 2) The central city of Hefei, the capital city of Anhui Province, was the center of economic linkage network with its capacity of economic spread has been increasingly enlarging. Simultaneously, Wuwei, Huaiyuan and Feidong have gradually became the portal nodes that play an important role in promoting regional economic connection; 3) Cohesive subgroup is an effective way to the construction of inter-county economic linkage network. The small group analysis can more availably reveal the source of development and competitiveness improvement of the less important nodes. 4) Hierarchical agglomeration was a characteristic of the structure of economic linkage network and mainly embodied in the spatial pattern called “four main regions and eight sub regions”. 5) The factors influenced the evolution of the structure of economic linkage network mainly included the agglomeration and diffusion of elements, spatial adjacency effect, the improvement of traffic accessibility and the policy motivation and guidance. Based on all of the above, the policy recommendations for promoting regional coordinate and integrated development were also discussed.

Key words: network structure; social network analysis; spatial interaction; Anhui Province