

于谨凯, 马健秋. 山东半岛城市群经济联系空间格局演变研究[J]. 地理科学, 2018, 38(11): 1875-1882. [Yu Jinkai, Ma Jianqiu. Spatial Pattern Evolution of Economic Links in Shandong Peninsula Urban Agglomeration. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(11): 1875-1882.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2018.11.015

山东半岛城市群经济联系空间格局演变研究

于谨凯, 马健秋

(中国海洋大学经济学院, 山东 青岛 266100)

摘要: 基于产业互补性、综合经济质量、经济距离等多角度修正传统引力模型, 运用社会网络分析法, 对2006~2015年山东半岛城市群17市经济联系空间格局演变特征进行可视化分析。结果表明: ① 城市群经济联系强度缓慢增长, 经济联系方向逐渐多样化, 整体网络逐渐密集; ② 城市群网络中心性水平始终偏低, 点入点出度差距增大; ③ 部分子群构成与行政区划分布不耦合, 以济南、青岛为核心的两大经济圈间缺乏资源互通和产业交流。④ 交通技术创新、产业结构变动、要素资源流动是山东半岛城市群经济联系空间格局演变的主要影响因素。

关键词: 山东半岛城市群; 经济联系; 空间格局; 社会网络分析; 演变

中图分类号: F129.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2018)11-1875-08

随着世界经济一体化进程加速, 中国区域间经济联系愈加频繁。区域经济联系是指不同地域间或某一地域内部在原材料、工农业产品等方面的交换活动以及技术经济联系^[1]。国外学者对经济联系研究起步较早, 首次将物理学中的万有引力定律应用于地理学领域研究中^[2], 并基于生产性服务业、航空业、旅游业等不同视角, 城市个体、城市群等不同单元, 对区域经济联系展开进一步研究, 其研究区域主要集中于国家、大洲、全球层面^[3-6]。国内学者对城市经济联系研究起步较晚, 多数借鉴了国外先进研究成果, 以借鉴引力模型及城市流模型成果最为突出, 且研究区域集中于省份、发达城市群层面^[7-10]。

目前, 社会网络分析法成为城市网络结构研究的重要方法。国外学者主要应用传统引力模型进行研究, 国内学者则尝试从产业互补性、经济距离、经济质量等角度修正传统引力模型, 但多数学者仅修正模型中单一变量, 缺乏多变量的综合修正方案, 不能准确全面地测度城市经济联系水平^[11-13]。关于城市经济联系研究, 以单一时点(多为某一年)的空间维度分析为主, 缺乏基于时

间、空间双维度的分析, 无法揭示城市经济联系空间格局的演变特征, 难以为城市经济联系预测提供有效参考^[14-16]。基于此, 本文采用综合性的修正方案对传统引力模型进行修正, 分析城市经济联系强度演变特征, 运用社会网络分析法, 借助可视化分析工具, 从时间、空间双维度分析城市群经济联系空间网络结构演变特征, 并进一步从计量角度分析其影响因素, 为制定区域性政策提供建议。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究对象

山东半岛城市群是中国北方地区重要的国家级城市群之一, 占地面积达15.8万km², 2016年GDP总量达67 008.2亿元^[17]。2017年, 山东省政府发布《山东半岛城市群发展规划(2016~2030年)》, 新规划范围覆盖山东省17地级市(济南、青岛、淄博、枣庄、东营、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、莱芜、临沂、德州、聊城、滨州、菏泽)。本文以2017年最新规划的17市为研究对象, 取代2006年山东半岛城市群规划的8市, 对2006~2015年山东半岛城市群经济联系空间格局演变特征进行研究。

收稿日期: 2017-11-08; **修订日期:** 2018-02-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(7167030345, 71273247)、教育部人文社科项目(15JJDZONGHE024, 12YJA790020)、中央高校基本科研业务费专项(201862004)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (7167030345, 71273247), Ministry of Education Humanities and Social Sciences Project (15JJDZONGHE024, 12YJA790020), Fundamental Research Funds for the Central Universities (201862004).]

作者简介: 于谨凯(1971-), 男, 山东青岛人, 教授, 博士, 主要研究方向为资源环境经济学和海洋经济学。E-mail: yujinkai8@126.com

1.2 数据来源

本文基于产业互补性、综合经济质量、经济距离等多角度修正传统引力模型,基于此,利用社会网络分析法对山东半岛城市群经济联系空间格局演变特征进行研究,限于篇幅限制,本文选取2006年、2011年、2015年3个时间断面作为代表年份。数据来源主要有:①《山东省统计年鉴^[18]》(2007年、2012年、2016年)及2006年、2011年、2015年山东省国民经济和社会发展统计公报^[19],获取国内生产总值、城镇人口等经济质量数据;②中国铁路客户服务中心网站(<https://kyfw.12306.cn/otn/left-Ticket/init>),获取普通列车及高速铁路交通数据,分别包括不同车次、通行时间、通行成本等数据;③百度地图官方网站(<http://map.baidu.com/>),获取公路交通数据,本文选取不同城市间公路通行的最短距离作为本文研究数据。

1.3 研究方法

1) 城市群经济联系强度演变分析——引力模型。引力模型是测度城市间经济联系强度的重要方法^[20]。通过引力模型构建城市经济联系强度矩阵,得出城市间“关系数据”,是社会网络分析法的基础和前提。传统引力模型存在一些缺陷:城市人口规模和地区生产总值不能全面反映城市质量;传统引力模型未考虑产业互补性对城市经济联系的影响;最短距离只表征空间物理距离,不能反映实际通行成本。因此,本文基于综合经济质量、产业互补性、经济距离等多角度对引力模型进行修正,具体修正过程如下:

(1) 建立城市综合经济质量指标体系。每个城市由于其资源禀赋、创新能力、经济增长速度等的不同,经济质量存在较大差距,无法使用单一

指标方法对其经济质量进行衡量。本文从经济总体质量、发展潜力、开放程度、城市规模4方面建立城市综合经济质量指标体系(表1),整体指标体系可较准确反映城市综合经济质量状况,可以弥补原模型中仅用人口和国内生产总值乘积来衡量城市经济质量的缺陷。参考相关资料^[20]和山东半岛城市群的实际情况,选取18个评价指标。考虑到主成分分析的可行性,本文利用SPSS工具进行巴特利特球形检验和KMO检验,结果分别为0和0.558;对综合经济质量 M_i 进行主成分分析,得到经济质量原始得分值 X_{ii} ,由于 X_{ii} 值可能为负,通过数据处理将其值调整至(0,1 000)^[15],得到修正后的 M'_i 。

(2) 引入经验常数。以城市化率表征城市发展水平,引入经验常数 K_{ij} ,将产业互补性因素引入本研究中,其值等于不同城市城市化率比值^[20]。从一般经济发展规律及山东半岛城市群经济发展现状看,城市化率差异越大,经济发展水平差距越大,产业结构差异越大,城市间产业互补性越强,城市间经济引力越强。

(3) 经济距离的修正。以综合经济距离修正原模型中的最短直线距离,在修正距离 D_{ij} 时,综合考虑了城市间通行的时间成本和货币成本,以更准确地描述城市间的空间相互作用。根据相关学者研究经验^[21],并鉴于本文研究城市均位于山东省内,主要交通方式为公路和铁路,本文将铁路分为普通铁路和高速铁路,以3种交通方式计算时间成本及货币成本综合值。

(4) 修正引力模型形式。综合本文对传统引力模型的修正方案,修正后引力模型计算公式为:

$$R_{ij} = K_{ij} \frac{M'_i M'_j}{D_{ij}^2}$$

表1 城市综合经济质量评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of comprehensive economic quality of cities

一级指标	二级指标	三级指标
经济总体质量 $F1$	经济总量	地区生产总值 X_1 (亿元)、城镇固定资产投资完成额 X_2 (万元)
	人均水平	人均地区生产总值 X_3 (元)、城镇居民人均可支配收入 X_4 (元)
	产业结构	第三产业增加值占GDP比重 X_5 (%)、第三产业产值占地区生产总值比重 X_6 (%)
经济发展潜力 $F2$	基础设施	客运总量 X_7 (万人)、货运总量 X_8 (万吨)、邮电业务总量 X_9 (亿元)、人均拥有道路面积 X_{10} (m ²)
	科技教育	科学技术支出 X_{11} (万元)、教育支出 X_{12} (万元)
经济开放程度 $F3$	旅游开放	入境旅游外汇收入 X_{13} (亿元)
	外资利用	实际利用外资 X_{14} (万美元)
城市规模 $F4$	人口规模	人口总数 X_{15} (万人)、城镇人口 X_{16} (万人)
	面积规模	城市面积 X_{17} (km ²)、建设用地面积 X_{18} (km ²)

式中, R_{ij} 为城市 i 、 j 间的经济联系强度; K_{ij} 为经验常数; M_i 与 M_j 分别为城市 i 、 j 的综合经济质量; D_{ij} 为城市 i 、 j 间的经济距离。

2) 城市群经济联系网络结构演变分析——社会网络分析法。社会网络分析法是研究城市联系空间网络结构的重要方法^[22]。引力模型得出城市经济联系强度矩阵,是本节社会网络分析的基础和前提。借助 Ucinet 6.0 工具,从网络密度、中心性、凝聚子群、核心-边缘结构 4 方面对城市群经济联系网络结构演变特征进行分析: ① 网络密度定义为城市间实际存在连接数与区域内所有城市间最大可能理论连接数的比值^[22],用以描述整体网络联系状况。② 中心性是反映城市节点中心程度的指标。本文从点度中心度和点度中心势两方面进行研究。点度中心度^[22]分为点入度和点出度。点入度反映该城市受区域内其他城市的影响程度,点出度反映该城市对其他城市的影响程度。点度中心势则用以描述区域整体中心性水平。③ 凝聚子群^[22]是城市群内部“关系”较为紧密直接的子群所构成的集合。本文通过 Ucinet 6.0 的 Concor 算法对城市群分布进行聚类分析,分析城市网络中凝聚子群数目、构成、联系密度等的演变特征^[23]。④ 核心-边缘结构^[22]是判定区域间联系疏密程度的指标。本文通过测度不同节点在经济网络中核心-边缘区域分布,分析不同城市在网络中的重要性及核心-边缘结构的演变特征。

2 山东半岛城市群经济联系空间格局演变特征

2.1 经济联系强度演变分析

根据修正引力模型的思路,计算 M_i 、 D_{ij} 、 K_{ij}

值,基于各城市经济联系强度的差异性,将城市间经济联系强度划分强弱等级,利用 Arcgis10.2 软件绘制 2006 年、2011 年、2015 年半岛城市群经济联系强度可视化结构图(图 1)。

结果显示,半岛城市群大部分城市经济联系强度较低,总体经济联系水平增速缓慢。城市群内经济联系数量缓慢增多,经济联系强度总体水平增强,经济联系网络逐渐复杂。① 2006 年、2011 年、2015 年,弱水平城市联系数量占比分别高达 83.088%, 82.353%, 80.147%, 较强联系强度城市有济南、青岛、泰安、淄博等,主要分布在半岛城市群中部地区,而德州、枣庄等西北部边缘城市和威海、烟台等东部沿海城市经济联系强度较弱。② 2011 年,较强级别经济联系数量明显降低,外部因素方面可能由于 2008 年金融危机造成半岛城市群整体经济下滑带来后滞效应^[24],内部因素方面主要由于半岛城市群的产业结构受到冲击,产业关联度降低,产业间难以实现优势互补。2015 年中央政府 40 000 亿投资、地方政府积极采取支持性政策刺激经济发展,半岛城市群整体经济逐渐恢复,2015 年半岛城市群经济联系总体水平高于 2006 年。

2.2 经济联系空间网络结构演变分析

1) 整体网络密度演变分析。本文借助 Ucinet 6.0 工具计算网络密度值,2006 年、2011 年、2015 年半岛城市群经济网络密度值分别为 0.492 6、0.426 5、0.533 1。利用 Netdraw 软件得到可视化网络结构图(图 2)。

图 2 显示,半岛城市群网络密度始终处于中等偏下水平,且增幅较小,城市群内整体网络结构呈现复杂化演变特征。① 2006~2015 年山东半岛城市群网络密度值位于 (0.4, 0.6) 区间,处于中等偏下水平。2015 年半岛城市群网络密度值较 2006 年

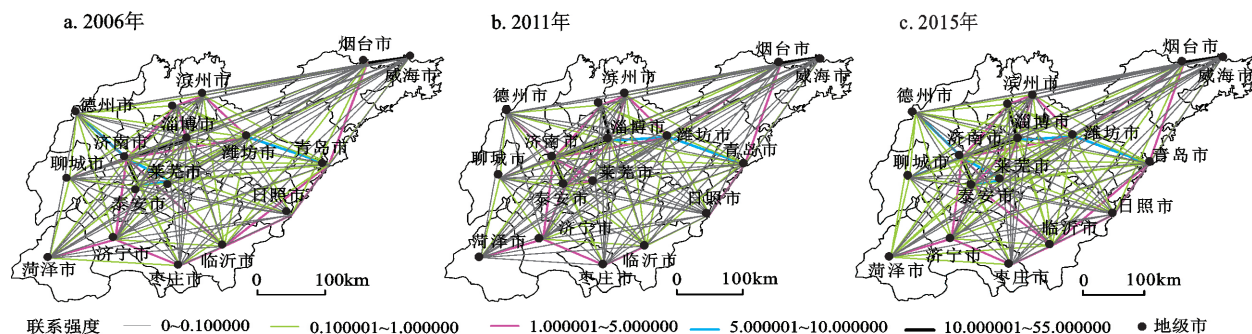


图1 2006年、2011年、2015年山东半岛城市群经济联系强度

Fig.1 The economic relationship strength of Shandong Peninsula urban agglomeration in 2006, 2011 and 2015

注:由于篇幅所限,仅列出8个主要城市点度中心度结果;“:”为点度中心度靠后的城市结果省略。

大,部分子群内部城市与核心城市发展不协调。① 2006~2015年,凝聚子群城市构成数目变动较小,变动幅度在1~2个之间。② 根据密度矩阵,以济南、青岛为核心的两大凝聚子群与其他子群联系密度较大,各子群内部联系较紧密。③ 半岛城市群凝聚子群在结构上具有不稳定性,尤其是第一、二凝聚子群在城市构成上变动较大。此外,第四凝聚子群中,威海、日照等市的凝聚与行政区划分布不耦合,与子群内核心城市发展不协调。

4) 核心-边缘结构演变分析。利用Ucinet 6.0的Core/Periphery算法计算城市核心度值、核心区与边缘区分布情况。结果显示,半岛城市群核心区、边缘区城市分布较均匀,各区内部联系密度小,核心城市密度值较低。① 2006~2015年,半岛城市群核心区与边缘区的城市构成较稳定。济南、青岛作为城市群双核心的布局逐步明显。② 核心区城市核心度值偏低,济南、青岛的核心带动作用较弱,并且济南、青岛两大核心区的联系密度小。③ 密度矩阵显示,2006~2015年核心区内部联系密度值位于(0.8, 0.9)区间;边缘区内部联系密度值在2015年达到最高值,仅为0.238,核心区与边缘区内部联系密度值水平较低。

3 山东半岛城市群经济联系空间格局演变影响因素

3.1 影响因素因子的选取

城市群经济联系空间格局的演变是多种动力因素综合变动、共同作用的结果。首先,交通技术的创新,提升了城市联系速度,使不同城市间的可达性不断增强和优化^[25,26]。其次,产业结构变动引起的产业联系,间接带动了城市经济联系结构的

演变。最后,信息、资金、技术等要素流动,直接构成城市间经济联系的主体,影响着城市经济联系强度和方向的变化。综合以上3方面因素确定影响因子(表3),分析半岛城市群经济联系空间格局演变的影响因素。

表3 山东半岛城市群经济联系空间格局演变影响因素因子

Table 3 The influence factors of spatial pattern evolution of Shandong Peninsula urban agglomeration

影响因素	影响因子
交通技术创新	高铁动车班次(次),高速公路里程(km),时间成本(h)
产业结构变动	二、三产业增加值(亿元),二、三产业就业人数(人)
要素资源流动	社会消费品零售总额(亿元),固定资产投资完成额(亿元)

3.2 影响因素因子的相关性分析

由于本文的数据形式以“关系数据”,即矩阵数据为主,而QAP法是测量两种“关系数据”之间相关性的重要方法,因此,本文利用Ucinet工具中的QAP算法进行分析。先计算表3中7个影响因子在半岛城市群17市间分布数据的差值,由此构建7个影响因子在17市间分布的差值矩阵;其次,分别以各个差值矩阵为自变量,以城市经济联系强度值矩阵为因变量,构建影响因素因子分析模型,进行相关性检验;最后,根据分析结果对可能的影响因子与半岛城市群经济联系空间格局演变特征进行相关性分析(表4)。

表4显示,交通技术创新、产业结构变动、要素资源流动通过不同的影响因子均对城市群经济联系空间格局演变具有一定的影响。其中:① 高铁

表4 影响因素因子QAP相关分析结果

Table 4 The results of QAP correlation analysis of impact factors

影响因素	影响因子	QAP 相关分析结果				
		相关系数	显著性水平	标准差	$Prop \geq 0$	$Prop \leq 0$
交通技术创新	高铁动车班次	0.216	0.028	0.120	0.028	0.973
	时间成本	-0.044	0.356	0.081	0.644	0.356
	高速公路里程	0.159	0.131	0.133	0.131	0.870
产业结构变动	二、三产业增加值	0.170	0.076	0.108	0.076	0.964
	二、三产业就业人数	0.167	0.050	0.099	0.058	0.970
要素资源流动	社会消费品零售总额	0.178	0.046	0.118	0.069	0.931
	固定资产投资完成额	0.075	0.315	0.142	0.315	0.685

注: $Prop \geq 0$ 表明这些随机计算出的相关系数大于等于实际相关系数的概率接近 0; $Prop \leq 0$ 表明这些随机计算出的相关系数小于等于实际相关系数的概率接近 1。

动车班次因子回归系数为正值,且显著性明显,说明交通技术创新对城市经济网络结构改善具有促进作用。② 二、三产业增加值及其就业人数因子显著性明显,且与经济联系优化正相关。③ 社会消费品零售总额因子回归系数为正,且通过显著性检验,说明社会消费品零售总额越大,市场资源连通能力越强,越有利于城市群网络结构优化。

3.3 影响因素的实证结果分析

1) 交通技术创新因素。2006~2015年山东半岛城市群城市铁路通车里程由3 405 km增加到4 863 km,增加1.41倍,公路通车里程增加1.29倍。半岛城市群内高速公路、快速铁路以及航空等交通技术迅速发展,降低了城市间经济联系的时间成本,加快了人员、信息、资本等要素在城市间的流动,为半岛城市群经济联系空间网络结构优化奠定了基础。

2) 产业结构因素。2015年半岛城市群第二、三产业增加值总额为58 522.506亿元,较2006年增长2.86倍。二、三产业总比重逐步上升,第一产业比重逐步缩小,产业结构逐步完善,但第二产业产值比重过大,第三产业比重增长缓慢,产业发展较不均衡,不利于半岛城市群经济联系网络结构的合理化演进。

3) 要素资源流动因素。山东半岛城市群自然资源丰富,制造业密集,开发区数量较多。2006~2015年,城市群固定资产投资完成总额增长了5.3倍,社会消费品零售总额增长了14.68倍,城市群内各要素交叉流动日益频繁,城市间经济联系愈加紧密,城市群空间网络结构日趋牢固。

4 结论

1) 2006~2015年,半岛城市群经济联系强度低,网络密度始终处于中等偏下水平,整体网络结构和联系方向均呈现缓慢的复杂化演变特征。其次,半岛城市群中心性水平持续偏低,整体中心度水平变动幅度较小,点入点出中心势差逐渐增大:济南中心性水平始终位居首位,但资源连通能力不足;青岛点出度水平明显低于自身点入度水平,缺乏资源辐射能力;菏泽、日照等网络边缘城市点入点出度均持续位于低谷;整体城市群内的资源集聚能力高于资源辐射能力。再次,以济南、青岛为核心的两大凝聚子群的城市构成变动较大,凝聚具有不稳定性;日照、菏泽等部分城市与子群中

心城市不能协调发展。最后,半岛城市群核心区、边缘区城市构成变动较小,核心区联系密度较低,且有缓慢下降趋势。济南、青岛、淄博等市始终位于核心区,济南、青岛为核心的两大经济圈间经济联系密度小,缺乏资源互通性和产业联系。

2) 根据研究结论及影响因素的分析结果,空间上,山东半岛城市群位于中部地带的城市在经济网络中占据主要地位,而西部、西北部、东部沿海城市在经济网络中则处于劣势地位;时间上,城市群经济联系整体空间格局有所优化,但仍有较大改善空间。建议优化经济联系网络结构,提升整体经济联系水平。大力推动交通技术创新,实现海、陆、空运三大交通的综合创新性发展,降低城市经济联系时间成本,提升城市经济联系效率;注重引导济南、青岛两大经济圈在城市网络中的协调发展,着重增强青岛在城市网络中的资源辐射力,合理调节其经济发展方式和产业结构,促进其向周边城市输送优势产业资源;促进两大经济圈周边城市实现外部优势资源流入及内部优势资源的外部共享,提升整体网络中心性水平;改善不合理的城市聚集模式,发挥政府引导作用,合理规划交通网络,改善子群内城市发展不协调现状,明确核心区城市及边缘区城市各自特色产业定位,促进整体城市群网络结构合理化发展。

参考文献(References):

- [1] 《地理学词典》编辑委员会.地理学词典[M].上海:上海辞书出版社,1983.[The Editorial Board of the Geographical Dictionary. Geographical dictionary. Shanghai: Shanghai Lexicographical Publishing House, 1983.]
- [2] Reilly W J. Methods for the study of retail relationships[M]. Bulletin: University of Texas, 1929: 1-9.
- [3] Mark Jefferson. The law of the primate city[J].Geographical Review, 1939(29): 226-232.
- [4] Zipf G K. The hypothesis: On the intercity movement of persons [J].American Sociological Review,1946, 11(6): 677-686.
- [5] Matsumoto H. International urban systems and air passenger and cargo flows: Some calculations[J].Journal of Air Transport Management, 2004, 10(4): 239-247.
- [6] Jacobs W, Koster H, Hall P. The location and global network structure of maritime advanced producer services[J]. Urban Studies, 2011, 48(13): 2749-2769.
- [7] 劳昕,沈体雁,杨洋,等.长江中游城市群经济联系测度研究——基于引力模型的社会网络分析[J].城市发展研究,2016 (7): 91-98.[Lao Xin, Shen Tiyan, Yang Yang et al. A study on the economic network of the urban agglomeration in the middle

- reaches of the Yangtze River: Based on social network analysis method with gravity model. *Urban Development Studies*, 2016 (7): 91-98.]
- [8] 欧向军, 薛丽萍, 顾雯娟. 江苏省县市经济联系的空间特征[J]. 经济地理, 2015, 35(8): 24-31. [Ou Xiangjun, Xue Liping, Gu Wenjuan. Characteristic in space economic contacts of cities and counties in Jiangsu Province. *Economic Geography*, 2015, 35(8): 24-31.]
- [9] 方大春, 周正荣. 安徽省城市经济联系结构研究: 基于社会网络分析[J]. 华东经济管理, 2013, 27(1): 18-22. [Fang Dachun, Zhou Zhengrong. Research on the structure of economic ties in cities in Anhui Province: Based on the social network analysis. *East China Economic Management*, 2013, 27(1): 18-22.]
- [10] 王磊, 吴也. 基于城市流的长江中游城市群经济联系研究[J]. 江淮论坛, 2014(3): 62-69. [Wang Lei, Wu Ye. Study on the economic linkage of urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River Based on urban flow. *Jiang Huai Tribune*, 2014(3): 62-69.]
- [11] 张荣天, 焦华富. 江苏省城市网络空间结构演化特征与驱动机制[J]. 世界地理研究, 2015(5): 68-75. [Zhang Rongtian, Jiao Huaifu. Evolution characteristics and driving mechanism of urban network spatial structure in Jiangsu Province. *World Regional Studies*, 2015(5): 68-75.]
- [12] 于洪雁, 李秋雨, 梅林, 等. 社会网络视角下黑龙江省城市旅游经济联系的空间结构和空间发展模式研究[J]. 地理科学, 2015, 35(11): 1429-1436. [Yu Hongyan, Li Qiuyu, Mei Lin et al. Research on the spatial structure and spatial development patterns of urban tourism economic connections of Heilongjiang Province-Focus on the perspective of social network. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(11): 1429-1436.]
- [13] 李巍, 赵敏, 严江平, 等. 基于空间互动模型的兰州市乡村旅游网络中心性分析[J]. 地理科学, 2017, 37(7): 1059-1068. [Li Wei, Zhao Min, Yan Jiangping et al. Rural tourism network centrality of Lanzhou city based on spatial interaction model. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(7): 1059-1068.]
- [14] 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(7): 1239-1250. [Li Yating, Pan Shaoqi, Miao Changhong. Structure and evolution of economic linkage network at county level in central plains economic zone. *Geographical Research*, 2014, 33(7): 1239-1250.]
- [15] 李琳, 蔡丽娟. 中三角城市群城市经济联系的时空演变特征[J]. 城市问题, 2015(7): 62-70. [Li Lin, Cai Lijuan. The spatial and temporal evolution characteristics of urban economic ties in the central triangle city cluster. *Urban Problems*, 2015(7): 62-70.]
- [16] 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.]
- [17] 山东省统计局. 山东省统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017. [The Shandong Bureau of Statistics. *Shandong statistical yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2017.]
- [18] 山东省统计局. 山东省统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006, 2011, 2015. [The Shandong Bureau of Statistics. *Shandong statistical yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2006, 2011, 2015.]
- [19] 山东省统计局. 山东省国民经济和社会发展统计公报[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006, 2011, 2015. [Statistics Bureau of Shandong Province. *The statistical bulletin on national economic and social development of Shandong Province*. Beijing: China Statistics Press, 2006, 2011, 2015.]
- [20] 孙久文, 罗标强. 基于修正引力模型的京津冀城市群经济联系研究[J]. 经济问题探索, 2016(8): 71-75. [Sun Jiuwen, Luo Biaoqiang. Study on the economic links among Beijing, Tianjin and Hebei Cities Based on the Modified Gravitation Model. *Inquiry Into Economic Issues*, 2016(8): 71-75.]
- [21] 何胜, 唐承丽, 周国华. 长江中游城市群空间相互作用研究[J]. 经济地理, 2014, 34(4): 46-53. [He Sheng, Tang Chengli, Zhou Guohua. Research on spatial interaction of the Urban Agglomeration in the Middle Reaches of the Yangtze River. *Economic Geography*, 2014, 34 (4): 46-53.]
- [22] 刘军. 整体网分析讲义——UCINET软件使用指南[M]. 上海: 上海人民出版社, 2009. [Liu Jun. *Overall network analysis—UCINET software usage guide*. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2009.]
- [23] 邹琳, 曾刚, 曹贤忠, 等. 长江经济带的经济联系网络空间特征分析[J]. 经济地理, 2016, 36(6): 1-7. [Zou Lin, Zeng Gang, Cao Xianzhong et al. Research on spatial characteristic of the economic relation network of Yangtze Economic Zone. *Economic Geography*, 2016, 36(6): 1-7.]
- [24] 张婷麟, 孙斌栋. 都市区空间结构与经济发展的互动关系研究[J]. 地理科学, 2017, 37(4): 512-518. [Zhang Tinglin, Sun Bindong. The interaction between urban spatial structure and economic development. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(4): 512-518.]
- [25] 宋洁华, 李敏纳, 蔡舒, 等. 海南交通可达性的测度与空间分异格局分析[J]. 地理科学, 2017, 37(10): 1507-1516. [Song Jiehua, Li Minna, Cai Shu et al. The measurement and spatial differentiation pattern of traffic accessibility in Hainan. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(10): 1507-1516.]
- [26] 孟德友, 魏凌, 樊新生, 等. 河南“米”字形高铁网构建对可达性及城市空间格局影响[J]. 地理科学, 2017, 37(6): 850-858. [Meng Deyou, Wei Ling, Fan Xinsheng et al. “Tar-type” high-speed railway network and its impacts on the accessibility and urban spatial pattern in Henan, China. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(6): 850-858.]

Spatial Pattern Evolution of Economic Links in Shandong Peninsula Urban Agglomeration

Yu Jinkai, Ma Jianqiu

(School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, Shandong, China)

Abstract: The research analyzes spatial pattern evolution of urban agglomeration economic links mainly by means of social network analysis, based on the strength characteristics of economic links using the strength matrix constructed by modified gravity model. The model is mainly corrected from three dimensions: the complementary between different industries, comprehensive economic quality and economical distance which considers both time and economy cost. The research, taking 17 cities in Shandong Peninsula urban agglomeration as study objects, reveals the spatial pattern evolution of economic links from 2006 to 2015 with the help of ArcGIS 10.2 and Ucinet 6.0 which can manipulate data and render images. The results are shown as follows: 1) The overall strength of economic interaction grows slowly despite of its low level and the directions of economic linkage between different cities vary a lot, which contributes to a more dense network; 2) The level of overall centrality degree grows slowly, which indicates a low liquidity of resources among cities in urban agglomeration. Moreover, the disparity between indegree and outdegree gets more and more obvious; 3) The members of urban subgroups is usually unstable and some of the subgroups are uncoupled with the distribution of administrative districts, which lead to a low economic level of some cities; 4) Jinan and Qingdao become the core cities of two different economic circles in Shandong Peninsula urban agglomeration, whereas the communications of resources and energies and industry connections between the two city subgroups is scanty. At last, through the study of influencing factors we found that innovations of transportation technology, changes of industrial structure and flows of essential resources become the main factors for the evolution of spatial pattern of economic linkage in this urban agglomeration.

Key words: Shandong Peninsula urban agglomeration; economic ties; spatial pattern; social network analysis; evolution