

山东省迁入人口网络空间演化特征研究

曾文霞,赵 蕾,董会忠

(山东理工大学 管理学院,山东 淄博,255012)

[摘要] 选取全国人口普查分县数据,运用探索性空间数据方法分析迁入人口空间集聚特征,运用空间引力模型构建迁入人口网络空间模型,探讨网络视角下迁入人口网络空间结构特征及城镇化效应。研究表明:高高集聚型、低低集聚型为迁入人口空间格局的主导模式,外省人口迁入率与总人口迁入率的集聚性均降低,省内县际人口迁入率集聚性增强;从引力线连结成的空间结构来看,山东省总迁入人口网络形成了“H型”空间结构,且周边城市加入这一空间结构的数量增加,网络化趋势加强,呈现为以南部地区为主要扩散方向的“扇形”网络空间结构;总迁入人口网络反映出山东省“一群一带双核六区”的城镇化战略实施空间基础坚实,为山东省的城镇空间战略布局提供了新的视角。

[关键词] 迁入人口网络; 城镇化; 空间引力模型

[中图分类号] F129.9 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2096-3300 (2020) 03-0039-07

城镇化是人与自然复杂交互的综合地理过程,城镇化的空间格局、变化过程及其机理一直是中国城市地理学、人文地理学的核心研究内容。传统研究一般从经济增长、产业结构演变等角度分析城镇化的驱动因素,已经无法解释城镇化过程中出现的农民工向城市转移的现象。人口空间迁移是影响人口地理分布的重要因素之一,是中国城镇化进程中最主要的实现方式。本文通过研究人口迁入的空间结构特征,揭示山东省人口迁入的空间集聚特征,为山东省探索城镇规划模式提供新视角。

一、文献综述

以人口流为载体的城市空间关联网络,是近年

来国内外学者进行城市网络研究的重要方法^[1-2]。对流动人口问题的研究可追溯至国外学者 Ravenstein 的人口流动七大规律、Zipf 的人口重力模型等。当前学者较为关注人口流动的空间集聚特征,如刘涛等^[3]、李扬等^[4]分别利用“五普”“六普”数据,运用空间自相关模型、双组份趋势制图法揭示人口流动的空间集聚及时间演变特征。随着现代交通迅猛发展,区域间的时空压缩趋势明显,人口流在区域间流动范围和规模大幅扩展,成为测度区域关联程度的重要指标。在此背景下,相关学者将研究视角转向空间网络,运用复杂网络分析、相互作用模型等方法探究人口流动网络的空间结构特征。KYLE

收稿日期: 2020-01-02

基金项目: 山东省社会科学规划研究重点项目“新型城镇化背景下山东省特色小镇建设模式与培育策略研究(18BSJJ05)”; 国家社会科学基金项目“‘2+26’城市煤炭消费减量替代差异化路径与政策协同机制研究”(19BJY085)。

作者简介: 曾文霞(1994-),女,山东潍坊人,硕士研究生,研究方向: 城市地理研究;

赵 蕾(1994-),女,山东青岛人,硕士研究生,研究方向: 工业工程;

董会忠(1968-),男,山东烟台人,教授,博士,研究方向: 区域发展。

等^[5]运用社会网络分析研究1960-2000年全球人口迁移网络,结果表明人口迁移网络在二十世纪下半叶联系愈加紧密,“小世界”特征显著;TED等^[6]运用社会网络分析的中心性分析,强调了移民网络对双边自由贸易协定形成的重要性;臧玉珠等^[7]利用社会网络分析研究了中国省际人口迁移网络的空间特征,结果表明人口迁移网络存在空间异质性,呈现显著的小世界特征;豆晓等^[7]利用相互作用关系模型实证证明“非对称双向迁移”的省际人口流动模式已经形成;赵落涛等^[8]利用2015年全国流动人口动态监测数据等大数据,运用复杂网络分析证明泛长三角地区人口流动复杂网络具有层级、小世界性和无标度性等特征。

通过以上文献梳理可以看出,基于人口流动行为的指标能够表征区域的城市网络空间结构特征,引力模型能够揭示区域间的相互作用关系,是揭示人口流动网络结构特征的基础研究方法。本文以山东省为研究对象,运用空间探索性数据分析方法从省内县际迁入和外省迁入两个层面揭示迁入人口的内部空间模式,运用空间引力模型及最大引力线分析迁入人口网络空间联系结构特征,从网络视角为山东省的城镇空间战略提供决策支持。

二、研究方法 with 数据来源

(一) 研究方法

用全局空间自相关 Global Moran's I 指数对山东省迁入人口的空间特征进行总体描述,可以分析山东省迁入人口的整体空间态势,通过对2000年和2010年迁入人口的 Global Moran's I 指数对比分析,刻画迁入人口的空间集聚性演变趋势,公式如下:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij}} \quad (1)$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (2)$$

式中: n 为研究区域的个数; X_i 、 X_j 为第 i 和第 j 个研究单元的观测值; \bar{X} 为 X_i 的平均值; W_{ij} 为空间邻接权重矩阵,区域 i 、 j 空间相邻为 1,反之则为 0。Moran's I 指数取值范围为 $[-1, 1]$,结果大于 0,说明人口迁入情况相似的区域在空间上存在集聚性,且数值越大,集聚性越显著;结果小于 0,表

明呈现空间分散格局,且越接近 -1,趋异性越显著;结果为 0,表明研究区域不存在空间自相关。

用局部空间自相关 Local Moran's I 指数描述山东省迁入人口的内部空间差异特征,得到山东省迁入人口的空间 LISA 集聚图,集聚类型分为高高集聚型、高低集聚型、低高集聚型、低低集聚型四种类型,公式如下:

$$I_i = Z_i \sum_{j \neq i}^n W_{ij} Z_j \quad (3)$$

式中: Z_i 、 Z_j 分别为区域 i 、 j 上观测值的标准化形式。

选用人口迁入率作为度量指标,运用空间引力模型分析山东省迁入人口空间网络结构特征。公式如下:

$$R_{ij} = KM_i M_j / D_{ij}^b \quad (4)$$

式中: R_{ij} 为区域 i 和区域 j 之间的联系强度; M_i 、 M_j 分别为两区域的人口迁入率; D_{ij} 为两区域的最短行车距离; K 为引力常数,一般取 $k=1$; b 为距离衰减指数,取 $b=2$ 。参考蒋天颖等^[10]的做法,测算某一城市对外联系总量 (R_i),公式如下:

$$R_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} \quad (5)$$

式中, R_i 为 i 地区对外联系总量; n 为对外区域个数。各城市选取最大引力即最大联系强度 R_i^{\max} ,公式如下:

$$R_i^{\max} = \max [R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{ij}, \dots, R_{i(n-1)}, R_{in}] \quad (6)$$

式中, R_i^{\max} 为各城市所得到的最大引力值,将对应城市两两连线,得到山东省迁入人口网络节点城市划分图。

(二) 数据来源

主要数据为 2000 和 2010 年山东省其他县(市)、市区迁入人口(简称为省内县际迁入人口)和外省迁入人口,来源于第五次和第六次全国人口普查分县数据。由于第七次全国人口普查工作于 2020 年开展,无法获取,故选取 2000 年和 2010 年数据进行分析。为进行县域行政单元的对比分析,将这两个年份的数据整合,共得到 137 个县级市(区)。在人口迁入空间分析模式中,参考黄向球等^[9]的做法,将省内县际迁入人口和外省迁入人口的总和定义为总迁入人口,并将其占此县(市)户

籍人口比例定义为总迁入率,将省内县际迁入人口占此县(市)户籍人口比例定义为此县的省内县际迁入率,将外省迁入人口数据占此县(市)户籍人口比例定义为外省迁入率。各城市间最短道路距离数据通过百度API提取。

二、迁入人口空间集聚特征分析

运用探索性数据分析的全局空间自相关分析、局部空间自相关分析对山东省迁入人口的空间集聚演变特征进行分析。其中全局空间自相关分析可以刻画人口迁入的整体集聚态势,在此基础上,局部

空间自相关分析可以揭示某一城市的集聚类型。

(一) 全局空间自相关分析

将迁入率详细分为省内县际迁入率、外省迁入率及总迁入率,运用全局空间自相关分析揭示迁入率的空间集聚特征(见表1)。结果表明,2000年、2010年山东省总迁入人口率均呈现空间正相关特征,且在0.001的水平上显著。2010年迁入人口的Global Moran's I指数降至0.355,且通过显著性检验,表明人口迁入倾向有分散化的趋势。

表1 山东省人口迁入率的空间自相关 Global Moran's I 指数

Tab. 1 Global Moran's I of inflow rate of population in Shandong Province

年份	2000年			2010年		
	省内县际	外省	总迁入	省内县际	外省	总迁入率
Moran's I	0.325	0.455	0.373	0.353	0.350	0.355
P值	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Z值	6.274	8.388	6.874	6.525	6.594	6.789

(二) 局部空间自相关分析

在全局空间自相关分析的基础上,使用空间LISA集聚图(如图1)反映山东省县域总迁入人口局部空间自相关特征。如图1所示,高高集聚型、低高集聚型呈零散分布,低低集聚型则大范围地分布在经济相对落后的鲁南、鲁西北地区,而高低集聚型仅在鲁西北地区有一处分布。经过10年,山东省总迁入人口高高集聚型从“多中心”演化为“两中心”的空间特征。“多中心”即指零散分布在鲁中、鲁东以及鲁西北部分地区,“两中心”即指集中分布在济南、青岛。总迁入人口呈现高高集聚型,说明这些地区人口迁入溢出效应明显,空间联系较

为紧密,其中具有“副省级市”地位的济南、青岛人口迁入的空间扩散效应显著。2000年,低高集聚型仅分布在烟台海阳、日照五莲;2010年,低高集聚型有沿海向北扩散的趋势,烟台莱阳、烟台牟平成为低高集聚型。这些地区总人口迁入率较低,位于高高集聚型的周边地区,但受周围地区辐射影响较小。2000年,高低集聚型仅有鲁西北的德城区,其相对于周围地区有较高的总人口迁入率,但难以带动周边地区总人口迁入率的提高,到2010年,这一集聚类型的分布情况没有发生变化。低低集聚型呈连片团状分布在经济相对落后的鲁南、鲁西北地区。

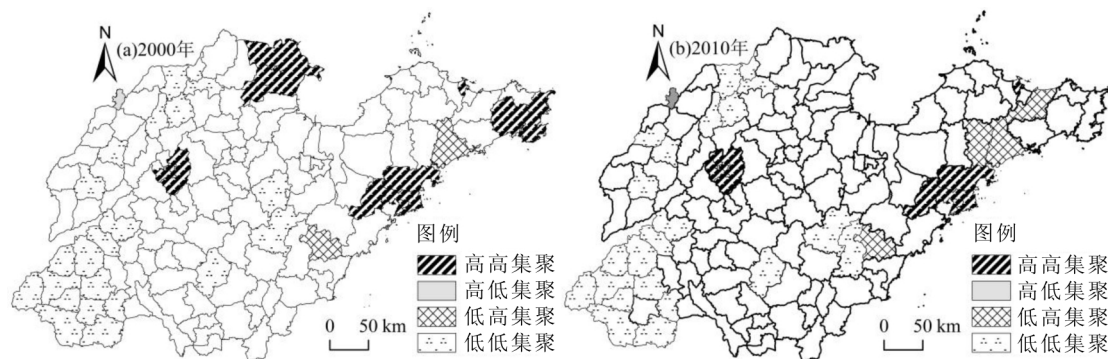


图1 山东省总人口迁入率的空间LISA集聚

Fig. 1 LISA clustering map of inflow rate of population in Shandong Province

进一步,从省内县际人口迁入率、外省迁入率进行分析。表1中全局空间自相关分析结果表明,山东省省内县际人口迁入率的 Moran's I 指数从2000年的0.325增至2010年的0.353,外省人口迁入率 Moran's I 指数从2000年的0.455降至2010年的0.350,且均通过显著性检验,说明2000年、2010年山东省省内县际、外省人口迁入率在地理分布上均呈现一定的空间集聚模式,省内县际人口迁入空间集聚性增强,外省人口迁入空间集聚性降低,省内县际人口迁入有集中化的趋势,而外省迁入人口有分散化的趋势,迁入人口在不同城市间选择的多元

化利于城市空间结构优化。通过局部自相关分析得出 LISA 集聚图(见图2、图3)。东营在2000年成为高高集聚型区域,主要来源于省内县际的人口迁入,2010年吸引人口迁入的能力大幅度下降,不再是人口迁入的高高集聚型区域;烟台在2000年成为高高集聚型的主导因素是外省的人口迁入,到2010年吸引外省人口迁入的能力有所下降,高高集聚型范围有所缩减;济南、青岛为高高集聚型区域,对省内县际、省外都具有较高的人口吸引力;鲁南、鲁西北地区对省内县际、外省人口吸引力均较低,是典型的外省边缘塌陷地区。

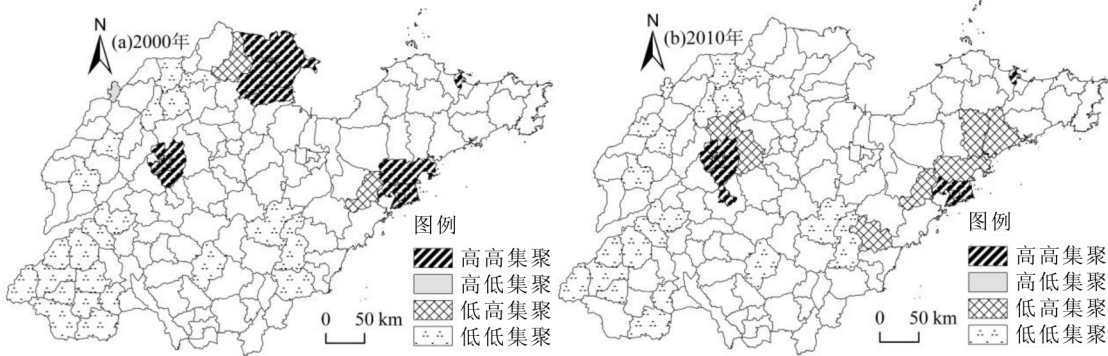


图2 山东省省内县际人口迁入率的空间 LISA 集聚

Fig2. LISA clustering map of proportion of intra-provincial inflow rate in Shandong Province

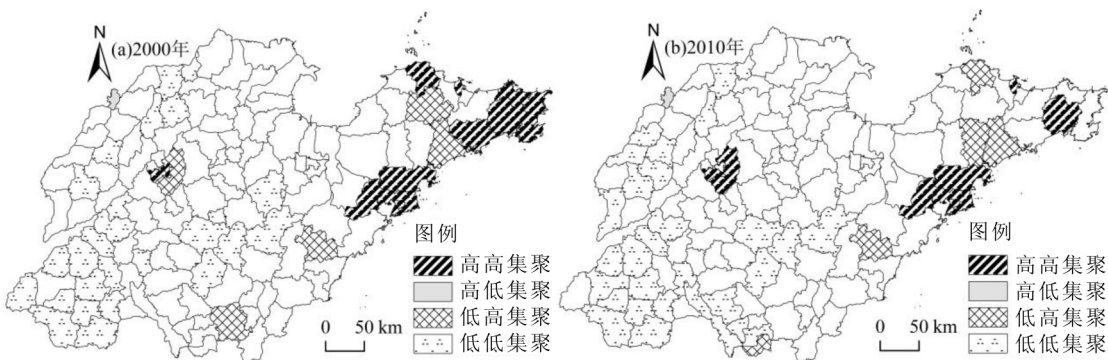


图3 山东省外省人口迁入率的空间 LISA 集聚

Fig3. LISA clustering map of proportion of inter-provincial inflow rate in Shandong Province

三、总迁入人口网络空间结构特征分析

运用空间引力模型构建山东省总迁入人口网络,在分析两两城市联系紧密程度的基础上,将每个城市与其联系强度最大的城市之间定义为最大引力线,进而对总迁入人口网络进行等级结构特征分析。

(一) 总迁入人口网络空间结构整体特征分析

将引力值大小定义为联系强度,使用自然断点法分别对山东省地级市2000、2010年的联系强度划分为五个区间,以此判断两个城市的联系紧密程度,使用 ArcGIS10.2 软件将两两城市之间联系形成的迁入人口网络空间结构可视化(见图4)。

2000年,山东省联系最紧密的两个城市为烟台-威海,其联系紧密度指数为121.47,2010年联系最紧密的两个城市未发生改变,但其联系紧密度指数骤增为442.27,翻了近四倍。从引力线连结成的迁入人口网络空间结构来看(见图4),2000年联系紧密程度较高的城市间形成了“H型”空间结构,即“两竖轴一横轴”。其中内陆地区形成了以济南、淄博和东营为紧密联系的“竖轴”发展带,沿海地区形成了以青岛、日照、威海和烟台为紧密联系的“竖轴”发展带,这两条“竖轴”发展带以南北为主要发展方向,在两“竖轴”发展带间形成了连接内陆与沿海的“横轴”发展带,其中青岛-东营间联系程度最高。到2010年,“H型”空间结构的网络化趋势明显加强,主要表现在内陆与沿海之间的联系加强,青岛-潍坊、青岛-济南联系程度明显增加。其次,内陆、沿海地区形成的两“竖轴”发展带与其周边城市的联系均有所加强,均呈现以南部地区为主要扩散方向的“扇形”网络空间结构,形成城镇化的基本格局。2010年,山东省迁入人口空间结构的网络化趋势明显,但内部联系仍较弱,形成了以烟台-威海为一级紧密联系,济南-泰安、莱芜、淄博,东营-滨州、淄博,青岛-日照为二级紧密联系,济南-滨州、东营、青岛,泰安-

莱芜、淄博-滨州、潍坊、莱芜为三级紧密联系的网路空间结构。应加强内部尤其是内陆与沿海城市之间的联系,结合“两核”空间战略分析,作为核心城市的青岛、济南仅为三级联系,联系较弱。一方面,应加强“两核”城市间的联系;另一方面,地处山东省东西发展轴线的潍坊与淄博、青岛为三级联系,应着力将潍坊打造为连接内陆和沿海地区的结点型城市。检验“一带”空间战略可知,地处鲁南城镇发展带的城市间联系较弱,仅日照-临沂为四级联系。其次,日照-青岛为二级联系,济宁-泰安、济南以及临沂-济南、日照-济南为四级联系。一方面,应发挥青岛对日照的辐射带动作用,加强日照-临沂-济宁在空间上的联系强度,同时加强济南、泰安与济宁、临沂的联系,促进鲁南城镇发展带的内部快速联系的同时,加快鲁南城镇发展带与沿海发达地区的联系。检验城镇规划的“六区”空间战略可知,烟威城镇密集区为一级联系网络,东滨城镇密集区、青潍城镇密集区为三级联系网络,临日城镇密集区、济淄泰莱德聊城镇密集区为四级联系网络,济枣菏城镇密集区为五级联系网络。联系密集区主要集中在鲁东、鲁中地区,而鲁西南、鲁西北城市发育较差,应加大地处低联系网络区域的政策扶持力度。

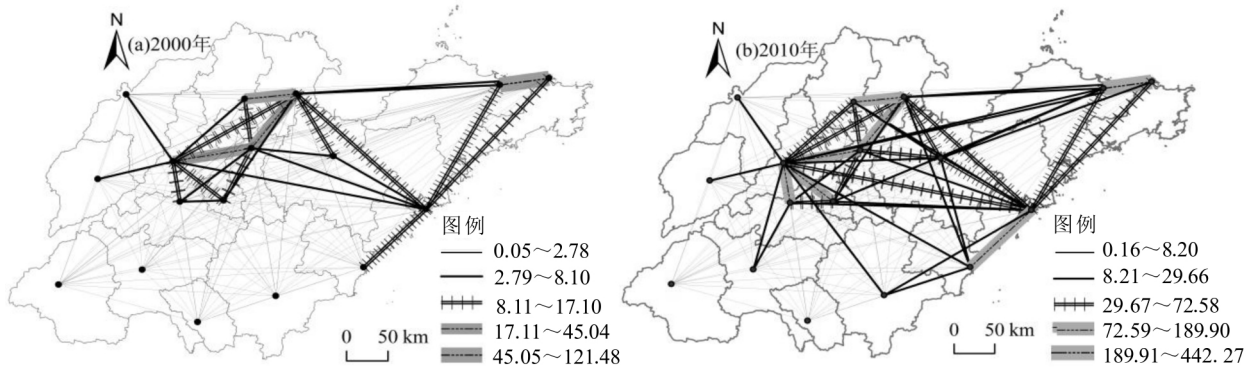


图4 山东省总迁入人口网络空间结构

Fig. 4 Urban cyberspace structure in Shandong Province

(二) 总迁入人口网络空间等级结构特征分析

将最大引力线数量 (N_{max}) 和人口迁入率 (M_i) 相结合,以确定山东省人口迁入网络空间结构中的中心城市。结合山东省地级市人口迁入率实际情况,从市级尺度划分城市等级具体如下: $N_{max} > 5$ 或者 $R_i > M + 2S$ 为中心节点城市,其中 M 与 S 分别

为 M_i 的平均值和标准差; $M_i > M + S$ 为一级节点城市; $M_i > M$ 为二级节点城市。按照上述分类方法,通过计算得到山东省2000、2010年空间结构的节点城市分类。运用 ArcGIS10.2 软件绘制山东省人口迁入网络最大引力线及节点城市图(见图5)。

由图5可知,山东省迁入人口网络内部空间等

级结构发生了较大变化。2000年,内陆地区呈现出以济南、东营为中心节点城市,淄博为二级节点城市的内部等级结构格局,形成济南、东营“双核心抱团”发展状态。其中济南的内陆中心城市地位主要源于对周边城市的扩散作用,与更多的城市发生了紧密联系,东营则不仅与周边的城市发生了紧密联系,且具有较高的吸引人口迁入的能力。沿海地区由于周边城市较少,且人口吸引力较低,尚未形

成中心城市,形成以威海、青岛为一级节点城市、烟台为二级节点城市的内部等级城市结构。到2010年,东营由于石油产业带动效应减弱退化为二级节点城市,青岛吸引人口迁入的能力迅速提高,取代东营的中心地位成长为一级节点城市,形成内陆一核心、沿海一核心的“双核心分离”发展状态。由此检验山东省的城镇化布局,发现打造济南、青岛“双核”城市的城镇战略具有坚实的空间基础。

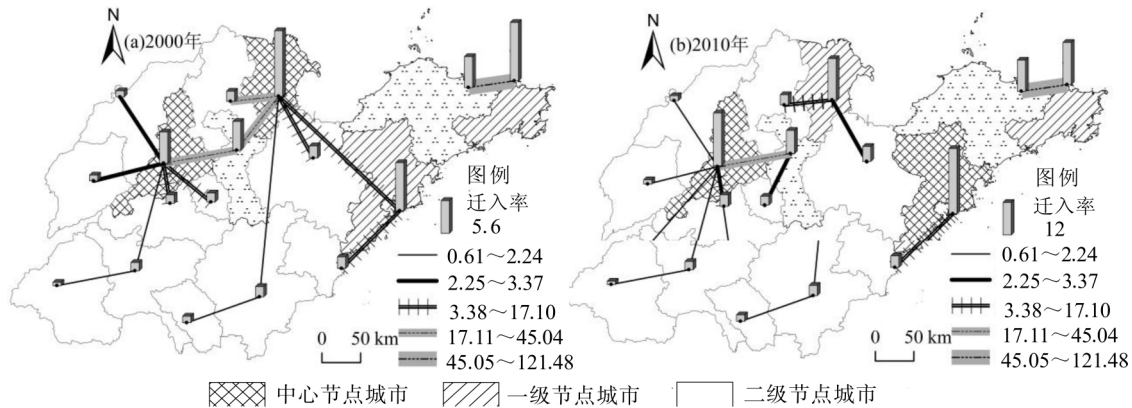


图5 山东省总迁入人口网络节点城市划分

Fig. 5 The largest attraction linkages and node cities in Shandong Province

四、结论与建议

基于2000、2010年全国人口普查分县数据,运用探索性空间数据分析、空间引力模型测度山东省迁入人口空间集聚以及迁入人口网络空间结构演变趋势,并通过2010年山东省人口迁入网络空间结构、最大引力线及节点城市划分检验山东省城镇空间战略。得出如下结论:①从人口迁入率的空间集聚来看,人口迁入率的Moran's I指数降低,表明迁入人口有分散化的趋势。LISA集聚图分析可知,2000-2010年山东省迁入人口的高高集聚型由“多中心化”向“两中心化”演变,低高集聚型则仍主要零散分布在沿海地区,且有沿海向北扩散趋势;而高低集聚型仅有位于鲁西北的德城区;低低集聚型则大范围地分布在经济相对落后的鲁南、鲁西北地区。从人口迁入的内部空间模式来看,省内县际人口迁入率集聚性增强,而外省人口迁入率集聚性降低,表明省内县际人口迁入有集中化的趋势,而外省迁入人口有分散化的趋势。②人口迁入地的选择导致人口空间分布格局发生变化,可以通过加快城市基础设施建设以吸引人口迁入,重构山东省城镇化

空间体系。通过2010年迁入人口网络空间结构、最大引力线及节点城市划分检验山东省“一群一带双核六区”城镇空间战略,城镇化基本格局已经形成,但内部尤其是内陆与沿海间联系较弱仍需加强。其中,“双核”是城镇化发展的重要增长极,但处于“双核心分离”发展状态。

针对鲁南、鲁西北地区人口迁入率较低的情况,要积极加强基础设施和基本公共服务项目的建设,加强吸引本省人口迁入的能力。其中,日照接受青岛的辐射力度较强,应首先培育日照成为鲁南、鲁西北的经济增长极,以吸引人口、产业等资源向日照集聚;日照和临沂在空间上有较强的联系,应加快推进临日城镇密集区的建设,进而促进整个鲁南城镇发展带的发展,积极打造鲁南城镇带。其次,促进鲁南城镇发展带的内部快速联系的同时,加快鲁南城镇发展带与沿海发达地区的联系。鉴于济南、青岛两个中心节点城市具有较强吸引人口迁入的集聚作用,应大力发展高端产业和服务业、加大人才吸引力度、逐步放宽落户制度,积极吸引外省人口的迁入。其中济南与泰安、莱芜、淄博形成了二级

联系,应将其作为打造济淄泰莱德聊城镇密集区的首发城市;青岛则与日照在空间上形成二级联系,应在打造青潍城镇密集区的同时,积极促进青岛与日照之间的联系。虽然烟台、威海未成为中心节点城市,但自身吸引人口迁入的能力较高,且两个城市之间的联系最为紧密,达到了一级联系强度,应将烟威城镇密集区打造为国际化的都市区。应着力将潍坊打造为连接内陆与沿海地区的结点型城市,促进山东省发展为具有多中心的网络化城镇空间结构;东营在2010年失去了中心节点城市地位,应加强通过主导产业改造升级和战略性新兴产业壮大“双轮驱动”,以新型工业化促进新型城镇化。

参考文献:

- [1]赵梓渝,魏冶,庞瑞秋,等.基于人口省际流动的中国城市网络转变中心性与控制力研究——兼论递归理论用于城市网络研究的条件性[J].地理学报,2017,72(6):1032-1048.
- [2]MA H,ZHANG F,LIU Y. Transnational elites enhance the connectivity of Chinese cities in the world city network [J]. *Environment and Planning A: Economy and Space*,2018,50(4):749-751.
- [3]刘涛,齐元静,曹广忠.中国流动人口空间格局演变机制及城镇化效应——基于2000和2010年人口普查分县数据的分析[J].地理学报,2015,70(4):567-581.
- [4]KYLE F D,DAVIS I,PAOLO D,et al. Global spatio-temporal patterns in human migration: a complex network perspective [J]. *PLOS ONE* 2013,8(1):1-8.
- [5]TED H J,PAK J M,PAK M S. Immigration's impact on bi-lateral trade formation: a social network analysis approach [J]. *Journal of International Logistics&Trade*,2015,13(1):49-71.
- [6]臧玉珠,周生路,周兵兵,等.1995—2010年中国省际人口迁移态势与空间格局演变——基于社会网络分析的视角[J].人文地理,2016,31(4):112-118.
- [7]豆晓,ARELLANO B,ROCA J. 基于相互作用关系的中国省际人口流动研究[J].地理研究,2018,37(9):1848-1861.
- [8]赵落涛,曹卫东,魏冶,等.泛长三角人口流动网络及其特征研究[J].长江流域资源与环境,2018,27(4):705-714.
- [9]黄向球,苗长虹,麻永建,等.河南省流动人口的空间格局及其对人口分布的影响[J].地域研究与开发,2014,33(4):142-147.
- [10]蒋天颖,谢敏,刘刚.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[J].地理科学,2014,34(11):1320-1326.

Evolution Characteristics of Migrating Population Network: A Case Study of Shandong Province

ZENG Wenxia, ZHAO Lei, DONG Huizhong

(School of Management, Shandong University of Technology, Zibo 255012, China)

Abstract: Based on the data from the national census data, this paper analyzes patterns of the spatial distribution of inflow population in the Shandong Province, using the methods of spatial autocorrelation. And it also analyzes patterns of the spatial linkage of inflow rate of population and urbanization in the Shandong Province, using the method of gravity model. Results are shown as follows: (1) High-high agglomeration, low-low agglomeration is the dominant mode of spatial pattern of population attraction. The attraction of inflow rate of population and inter-provincial inflow rate are both reduced while the attraction of the intra-provincial inflow rate is enhanced. (2) From the perspective of the spatial structure formed by the gravitational lines, Shandong Province forms a “H-shaped” spatial structure, and the number of surrounding cities adding to the spatial structures increases, and the networked trend strengthens showing the southern region as the main diffusion direction with “fan” cyberspace structure. (3) The spatial structure of urban cyberspace reflects the remarkable spatial pattern of urban agglomerations in the Shandong Province. The implementation of the strategy of “a group of one belt, two nuclear and six zones” has a solid spatial foundation, providing a new perspective for the development of new urbanization.

Keywords: population migration network; new urbanization; spatial gravity model

(责任编辑:杨成平)