

刘华军, 贾文星. 中国区域经济增长的空间网络关联及收敛性检验[J]. 地理科学, 2019, 39(5): 726-733. [Liu Huajun, Jia Wenxing. Spatial Network Correlation and Convergence Test of Regional Economic Growth in China. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(5): 726-733.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2019.05.003

中国区域经济增长的空间网络关联及收敛性检验

刘华军, 贾文星

(山东财经大学经济学院, 山东 济南 250014)

摘要: 基于1992~2013年中国30个省份面板数据, 利用引力模型和网络分析方法考察中国区域经济增长空间关联网络的结构特征, 并基于空间网络权重, 对中国区域经济增长进行收敛检验, 研究发现: ① 中国区域经济增长的空间关联网络呈现复杂化与全域性的发展趋势, 但网络的整体紧密程度不够。② 山东、河南和江苏在空间关联网络中既扮演中心行动者的角色, 又在网络中发挥着“中介”与“桥梁”的作用。③ 四大板块内部及之间存在普遍的关联关系, 板块Ⅲ在四大板块中发挥核心带动作用。④ 中国区域经济增长存在全域性收敛现象, 与基于传统空间权重的模型相比, 空间网络权重下模型的收敛速度加快; 资本积累是影响收敛的重要因素。此外, 东部、中部和西部存在一定程度的俱乐部收敛趋势。

关键词: 区域经济增长; 空间关联; 网络分析; 收敛检验

中图分类号: F061.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2019)05-0726-08

伴随区域发展总体战略的深入实施, 以及“一带一路”建设、京津冀协同发展和长江经济带发展等新的区域发展战略相继部署, 区域间的经济关联和互动日益增强, 成为区域协调发展的重要决策变量和施政目标。与此同时, 中国市场化改革稳步推进, 商品和要素自由流动加深了区域间经济联系。而且区域间的空间关联已经突破了传统的线性模式, 呈现复杂的多线程网络结构状态^[1]。然而, 由于不同区域在经济基础、地理位置和政策倾向上存在明显差异, 区域发展不平衡给新时期的区域经济协调发展带来新的压力和巨大挑战。为此, 本文要解决的问题是: 中国区域经济增长的空间关联网络究竟呈现什么样的结构特征? 在空间关联网络情形下, 中国区域经济增长是出现发散还是收敛趋势? 这对进一步促进区域协调发展具有重要的理论意义和决策参考价值。

梳理已有文献, 对于区域经济增长收敛研究主要分为两类: 一类是传统不考虑空间因素的收敛检验。早期国外研究多基于横截面或面板数据的条件收敛模型, 探究经济增长率与初始产出水平的关系, 以判断一个国家或地区经济增长是否

存在收敛并对收敛速度进行实证分析^[2-4]。受这类研究的启发, 中国区域经济增长的收敛问题也引发了国内学者的关注^[5-6], 该类研究大多基于经验分析考察中国区域经济增长是否存在俱乐部趋同或条件趋同现象。另一类是考虑空间因素的收敛检验。该类研究大多基于空间误差、空间滞后或空间杜宾模型, 在空间自相关和空间异质情形下探讨区域经济增长收敛问题^[7-9]。然而由于代理变量、数据处理及数据来源不同等原因, 现有文献对于中国区域经济增长的收敛情况存在分歧。林光平等^[10]发现中国区域经济增长存在全局收敛趋势, 但收敛的速度却随时间推移而趋于下降。而周亚虹等^[11]则认为中国区域经济增长正处于发散过程, 相对落后区域经济增长的发散现象更为明显, 朱国忠等^[12]也得出类似的结论。

传统收敛检验忽略了地理空间效应, 而基于空间计量模型的收敛检验则忽略区域间真实的复杂网络形态交互影响。此外, 已有文献通常选择GDP作为经济发展水平的代理变量, 但国内外学者对官方公布的统计数据真实性质疑由来已久^[13]。鉴于上述研究的局限, 本文基于1992~

收稿日期: 2018-05-15; **修订日期:** 2018-07-12

基金项目: 国家社会科学基金项目(16BJL033)、山东省泰山学者青年专家计划(tsqn20171208)资助。[Foundation: National Social Science Foundation of China (16BJL033), Taishan Scholars Youth Expert Plan of Shandong Province (tsqn20171208).]

作者简介: 刘华军(1979-), 男, 山东广饶人, 教授, 博导, 主要从事区域经济、资源环境经济研究。E-mail: huajun99382@163.com

2013年中国30个省份夜间灯光数据,采用引力模型和网络分析方法考察了中国区域经济增长空间关联网络的结构特征,进而利用空间网络关联构建权重矩阵,对中国区域经济增长进行收敛检验,并与基于传统空间权重的收敛检验模型进行特征比较。

1 样本数据、研究方法与计量模型

1.1 样本数据

本文选择美国国家海洋和大气管理局(NOAA)(<http://www.noaa.gov>)发布的全球夜间灯光数据作为经济发展水平的代理变量,该数据作为人类经济活动的表征,既可以反映经济发展水平,又可以反映基本公共服务、人口流动及能源消费等活动,可以较为综合全面的考量区域经济发展^[14]。然而由于原始影像数据存在非连续及像元DN值饱和问题,本文基于不变目标区域法的影像校正方法,对原始数据进行了相互校正、连续性校正和饱和校正^[15]。

1.2 研究方法

1) 引力模型。经济引力论认为一定范围内的区域间存在相互作用的关系^[16-18],但由于经济联系具有差异性和单向性,两个区域对其之间经济联系强度的贡献也不相同,本文对引力模型进行修正,公式如下:

$$R_{ij} = K_{ij} \times (\sqrt{E_i P_i} \times \sqrt{E_j P_j}) / D_{ij}^2 (i \neq j),$$

$$K_{ij} = E_i / (E_i + E_j) \quad (1)$$

式中, R_{ij} 为区域的经济联系强度; P_i 、 P_j 分别为区域 i 、 j 的总人口; E_i 、 E_j 分别为区域 i 、 j 的经济规模; K_{ij} 为 i 区域对 R_{ij} 的贡献率; D_{ij} 为区域 i 、 j 的球面地理距离。

2) 网络分析方法。是一种基于“关系”视角的跨学科分析方法,目前已广泛应用于社会学、经济学和地理学等领域^[19-21]。本文根据引力模型测算结果构建经济联系强度矩阵,以矩阵的各列均值作为阈值,若经济联系强度高于该阈值则记为1,反之,则记为0,从而构建二值空间关联网络。刻画网络结构特征主要采用整体结构特征、个体结构特征与块模型分析等方法,其中,整体结构特征通常对网络的密度、关联度、等级度和效率进行刻画,个体结构特征主要考察网络中各节点的度数、接近和中介中心度,块模型则基于空间聚类视角对各个模块在网络中的角色进行分析。

1.3 计量模型

参考已有研究^[22],本文构建如下动态空间面板回归模型检验区域经济增长收敛趋势:

$$\ln y_{i,t} = \rho_1 \sum_{j \neq i}^n w_{ij} \ln y_{i,t} + \gamma \ln y_{i,t-1} + \rho_2 \sum_{j \neq i}^n w_{ij} \ln y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^2 \beta_j x_{i,t}^j + \sum_{j=1}^2 \varphi_j w_{ij} x_{i,t}^j + \eta_i + \mu_i + v_{i,t} \quad (2)$$

式中, i 、 t 分别表示区域和时间, $x_{i,t}^1 = \ln s$, $x_{i,t}^2 = \ln(n+g+d)$; w 为本文所使用的空间网络权重矩阵,基于前文所构建的空间关联网络,对其行列转置所得; y 为经济发展水平,以稳定型夜间灯光数据作为代理变量; s 为储蓄率,以资本形成总额占GDP的比重来衡量; n 为人口增长率,以分省人口算术平均增长率来测算; g 为技术进步率; d 为折旧率,借鉴已有研究^[2],折旧率与技术增长率之和设定为0.05; ρ_1 、 ρ_2 、 γ 、 β_1 、 β_2 、 φ_1 、 φ_2 为待估计参数,其中, $\gamma = e^{-\lambda \tau}$, $\tau = t_2 - t_1$; t 为时间变量; λ 为收敛速度; μ_i 为个体效应; η_i 为时间效应; $v_{i,t}$ 为随机误差项。

考虑数据资料的可得性,本文选择1992~2013年中国大陆30个省、市、自治区的年度数据(不包括西藏、港澳台数据)。为了消除商业周期波动的影响,对整个样本考察期隔年选取数据。本文使用的矢量底图来自于国家测绘地理信息局1:1 600万省际行政区划矢量图,资本形成总额、GDP及人口等数据分别来源于《新中国六十年统计资料汇编》^[23]、《中国统计年鉴》^[24]以及国家统计局数据库(<http://data.stats.gov.cn/>)。

2 中国区域经济增长的空间网络关联分析

2.1 中国区域经济增长的空间关联网络

本文基于ArcGIS对1992和2013年中国区域经济增长的空间关联网络进行可视化(图1)。从整体来看,区域经济增长的关联关系呈现复杂化与全域性的发展趋势。省际间交互影响传输存在临近渠道和跳跃渠道并存的局面,省际间的多重联系渠道相互交织呈现典型“蛛网”形结构。与1992年220个关联关系数相比,2013年关联关系总数上升为226个,网络结构更加稳定。从个体来看,山东、河南和江苏一直与其他省份存在最多的关联关系,这几个省份在空间关联网络中处于中心位置,海南一直与其他省份的关联关系最少,需要进一步加强其与其他省份的联系。与1992年相比,内蒙古

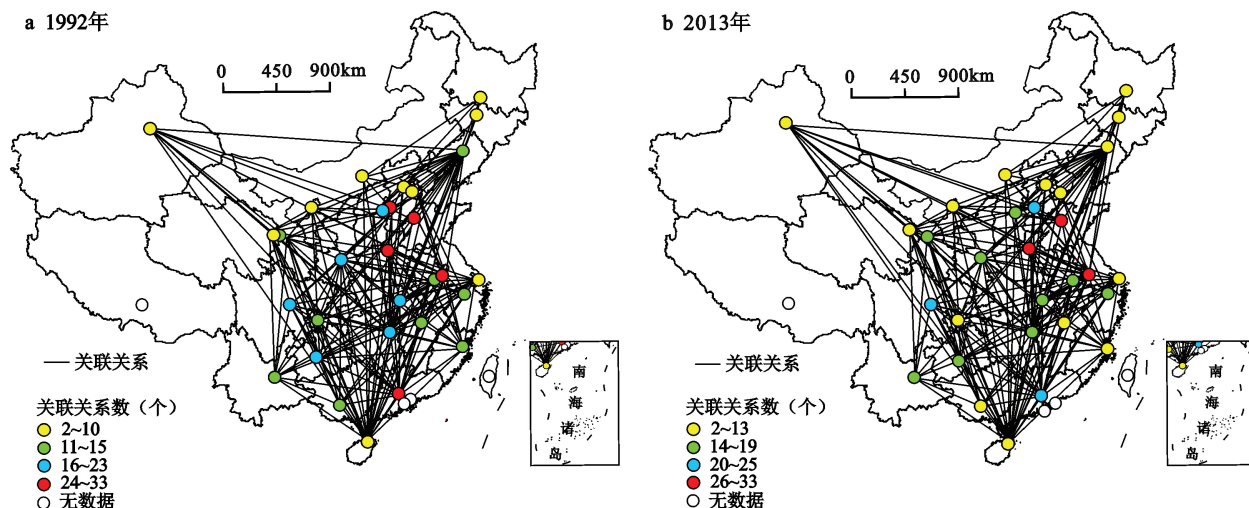


图1 中国区域经济增长的空间关联网络

Fig.1 The spatial association network of regional economic growth in China

的关联关系数增长最多,由6个增长为12个。

2.2 中国区域经济增长空间关联网络的整体结构特征

表1报告1992~1999、2000~2006和2007~2013年共3个样本时间段空间关联网络的整体结构特征。具体而言,30个省份之间最大可能的关联关系数为870个,实际关系数由1992~1999年的220个小幅增加为2007~2013年的226个,网络密度也由0.253上升至0.260,但仍存在较大提升的空间,区域之间的经济关联仍需进一步增强。网络关联度为1,表明网络的连通性与通达性较好,这也佐证了空间关联网络呈现全域性的特点。网络效率均超过0.6,且呈现下降趋势,意味着尽管区域之间存在冗余交互影响传输渠道,但是交互影响方式朝着更合理的方向发展,网络的稳定性不断增强。网络等级度则在2007~2013年时间段呈现较大的下降趋势,降至0.129,空间关联网络等级并不森严,不同区域之间均存在空间溢出的可能,区域之间的相互影响和相互依赖逐步增强。

2.3 中国区域经济增长空间关联网络的个体结构特征

图2看出,度数中心度、接近中心度和中介中心度排名前3位的省份从高到低均依次为山东、河南和江苏,表明这些省份在空间关联网络中与其他省份的联系数最多,可以在空间关联网络中更快速地与其他省份产生联系,既在网络中扮演着中心行动者的角色,又在网络中发挥着“中介”与

表1 中国区域经济增长的整体结构特征

Table 1 Overall structural features of regional economic growth in China

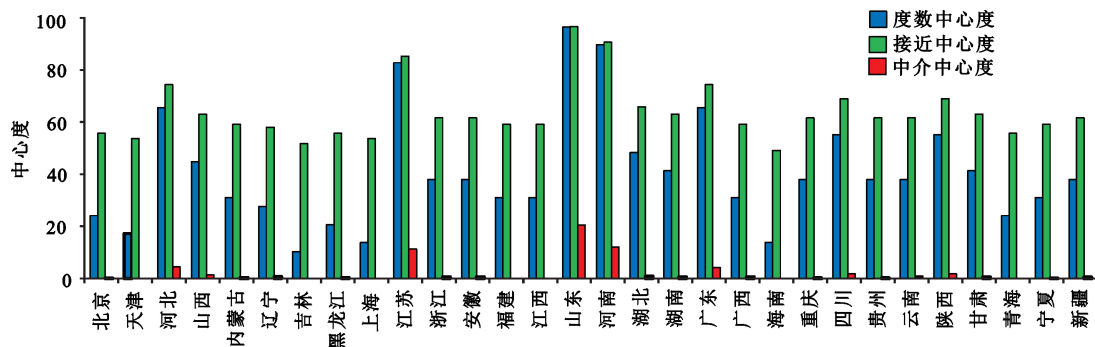
	1992~1999年	2000~2006年	2007~2013年
实际关系数	220	224	226
理论关系数	870	870	870
网络密度	0.253	0.257	0.260
网络关联度	1.000	1.000	1.000
网络效率	0.645	0.640	0.636
网络等级度	0.242	0.242	0.129

注:不含西藏、港澳台基础数据。

“桥梁”作用。度数中心度排名最低的是吉林,仅有10.35,表明吉林在网络中与其他省份的空间关联相对较弱,处于网络边缘位置。海南的接近中心度最低,表明海南在空间关联网络中与其他省份的“距离”最远,扮演着边缘行动者的角色。从中介中心度来看,排名后7位的省份中介中心度均为0,说明这些省份在空间联动网络中处于从属或边缘位置,难以对网络中其他省份起到控制和支配作用,主要跟这些省份人口少、经济规模小或地理位置偏远有关。

2.4 中国区域经济增长空间关联网络的块模型分析

本文基于Ucinet6.1中的CONCOR程序,设定最大分割深度为2,收敛标准设定为0.2,将样本观测省份划分为4个板块(图3)。从板块的整体来看,2013年空间关联网络中的实际关系数为226个,而板块内部之间的关联关系为100个,板块之



不含西藏、港澳台数据

图2 2013年中国区域经济增长的网络中心性分析

Fig.2 Network centrality analysis of regional economic growth in China in 2013

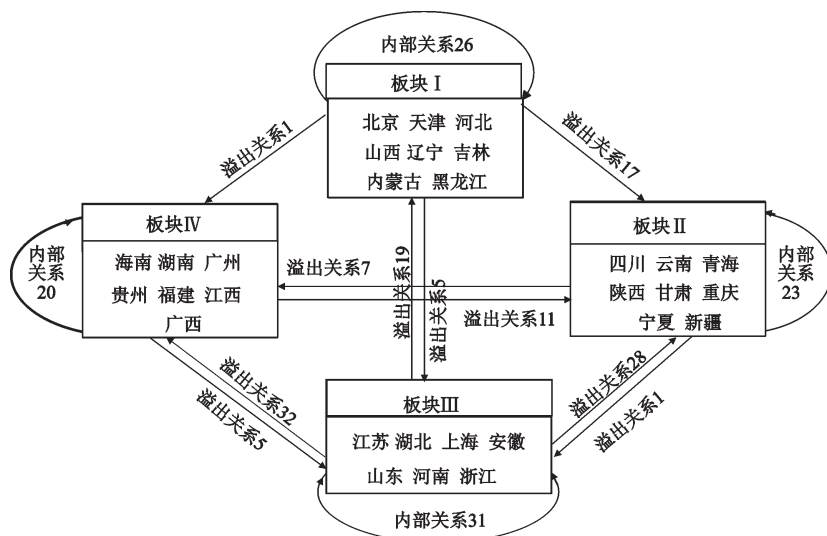


图3 块模型分析

Fig.3 Block model analysis

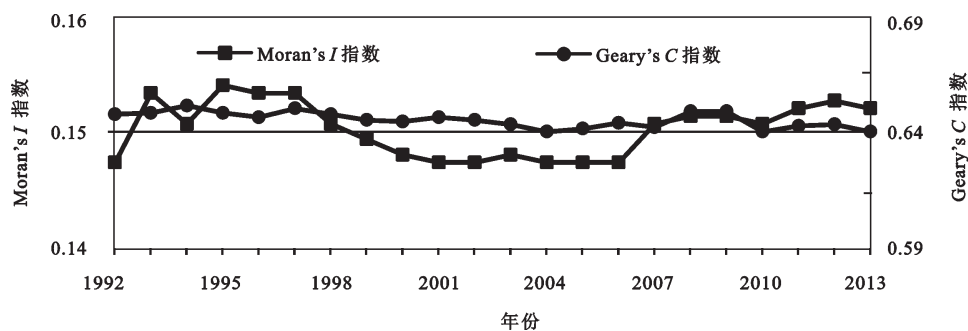
间的关系数为126个,除板块Ⅰ和板块Ⅱ、板块Ⅳ无关联外,其余四大板块内部及之间均存在关系,这表明板块之间存在着明显的空间关联和溢出效应。从板块的具体来看,板块Ⅱ接收的来自于其他板块的关系数最多,达到56个,这主要跟板块Ⅱ多位于中西部偏远地区有关,受其他省份带动影响显著。板块Ⅲ向其他板块发出的关系最多,达到79个,主要原因是板块Ⅲ多位于东部沿海发达地区,经济发展水平较高,在4个板块中起到核心带动作用。另外,板块间单向最大关联关系数为板块Ⅲ向板块Ⅳ发出溢出关系32个,板块Ⅲ和板块Ⅳ的关联关系也最多,达到37个,表明这两个板块间互动性最强。板块Ⅲ内部关联关系最多,达到31个,说明板块内部各成员之间联系密切,这跟

板块Ⅲ省份发展水平相近有关。

3 中国区域经济增长的收敛检验

3.1 空间相关性检验

本文采用Moran's I 和Geary's C 指数对全局空间相关性进行检验(限于篇幅,本文没有给出Moran's I 、Geary's C 的测算公式及报告局部空间相关性检验结果),图4直观展示Moran's I 和Geary's C 指数变化趋势。可以发现,样本考察期内,Moran's I 指数取值范围在0.14~0.16之间且均为正值,Geary's C 指数则一直小于1,且两个指数均通过5%的显著性水平检验,这表明区域经济增长呈现典型高-高集聚和低-低集聚的空间正相关分布特征。从演变趋势上看,Moran's I 指数在



不含西藏、港澳台基础数据

图4 中国区域经济增长的Moran's I 和Geary's C 指数趋势

Fig.4 The Moran's I and Geary's C index trends of regional economic growth in China

1997年前呈波动上升趋势,在1997~2006年则出现小幅度下降,2006年后再次呈现上升趋势。Geary's C 指数变化趋势则一直比较稳定,围绕0.6数值上下小幅波动。

3.2 收敛性检验

表2报告了收敛检验回归结果。其中,模型1为未考虑空间因素下OLS的估计结果,模型2~7为考虑空间因素下MLE的估计结果,此外模型2~7还同时考虑了时间滞后、空间滞后以及时空滞后效应,可以有效的解决模型的遗漏变量和内生性问题。具体而言,模型2为邻接权重下的回归结果,模型3为地理距离权重下的回归结果,模型4~7分别为空间网络权重下全国、东部、中部与西部的回归结果。此外,根据Hausman检验结果,本文

选择固定效应模型。

从全国层面看,模型1~4的回归系数 γ 的估计值均小于1,且均通过1%水平的显著性检验,这表明在样本考察期内,不同模型均支持中国区域经济增长存在全域性收敛现象。具体而言,对于模型1而言,此时收敛速度高达0.115,这远高于传统研究中0.02的典型收敛速度^[25],说明如果模型忽略空间效应可能会得到有偏的估计结果。此外,Moran's I 和Geary's C 检验均显示区域经济增长空间相关性的存在。对于模型2和3而言,虽然回归结果支持存在经典 β 收敛,这与大多数研究结论基本一致^[9,10],但收敛速度分别为0.002和0.055,在不同权重矩阵下,估计结果表现出了较为明显的非一致性。而空间网络权重矩阵下的回归结果显

表2 收敛检验回归结果

Table 2 Regression model results of convergence test

	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7
$\ln y_{i,t-1}(\gamma)$	0.795***	0.996***	0.895***	0.869***	0.899***	0.817***	0.926***
$\ln s$	0.139***	0.032	0.054	0.074***	0.031	0.017	0.158***
$\ln(n+g+d)$	-0.022	-0.010	0.004	0.002	0.055**	0.057	0.043
$W \times \ln s$		-0.034	0.044	-0.032	0.020	-0.142*	-0.130
$W \times \ln(n+g+d)$		0.045	-0.033	0.058	-0.112*	0.195***	0.344***
$W \times \ln y_{i,t-1}(\rho_1)$		0.770***	0.727***	0.794***	0.849***	0.915***	0.745***
$W \times \ln y_{i,t-1}(\rho_2)$		-0.784***	-0.704***	-0.678***	-0.791***	-0.568***	-0.640***
常数项	0.430***	0.003***	0.003***	0.004***	0.002***	0.003***	0.004***
收敛或发散	收敛	收敛	收敛	收敛	收敛	收敛	收敛
收敛速度	0.115	0.002	0.055	0.070	0.053	0.101	0.038

注:*, **, ***分别表示在0.1、0.05、0.01水平上显著;W为权重;空白为无此项;不含西藏、港澳台基础数据。

示,模型的收敛速度为0.07,与基于传统空间权重的模型相比,区域经济收敛的速度加快,这表明区域间的空间交互影响加强了彼此之间的交流和联系,区域间的发展呈现良好的协同状态。此外,与模型2和3相比,模型中被解释变量的空间项回归系数 ρ_1 更高,表明基于空间权重矩阵的模型表现出更强的空间相关性,所得到的估计结果更为准确。从控制变量的回归系数看,储蓄率正面显著影响经济增长率,主要原因是中国经济增长很大程度仍依靠资本要素驱动的粗放发展方式,由于资本存在边际报酬递减规律,资本的逐利性最终导致区域经济增长趋于收敛,这也与新古典增长模型的预测一致。

从分地区层面来看,东、中和西部模型的回归系数 γ 的估计值均小于1,且均通过1%水平的显著性检验,在空间网络权重矩阵下模型均支持区域经济增长存在俱乐部收敛特征,但3个地区表现出了不同的收敛速度。其中,东部地区的收敛速度为0.053,这一结果与全国水平最为接近,这主要跟东部地区相对较高的经济发展水平有关。中部地区表现出最强的收敛态势,收敛速度高达0.101,远高于全国水平,主要原因是中部地区省份经济发展程度相似、整体差距不大,相对于其他地区而言,更容易实现收敛。西部地区的收敛速度最低,仅为0.038,同时,模型的回归系数 ρ_1 也最低,但只有西部地区储蓄率正面显著影响经济增长率。这表明西部地区呈现收敛主要归因于资本因素而非俱乐部成员之间的空间相关性,省际间空间交互影响较弱。

4 结论与讨论

本文基于1992~2013年夜间灯光数据,探究中国区域经济增长空间关联网络的结构特征,并在空间网络关联下,实证检验了中国区域经济增长的收敛性。研究发现:

1) 中国区域经济增长的空间关联网络呈现复杂化与全域性的发展趋势,省际间联系方式呈现临近连接和跳跃连接并存,不存在独立发展的省份,但网络的整体紧密程度不够;网络中的连通性与通达较强,存在多重叠加的溢出效应,网络的稳定性较强;网络等级度存在明显的下降趋势,空间关联网络等级结构并不森严。

2) 山东、河南和江苏的度数、接近及中介中

心度均排名前3位,同时也与其他省份的联系系数最多,既在网络扮演着中心行动者的角色,又在网络中发挥着“中介”与“桥梁”的作用。度数中心度与接近中心度排名最低的省份是吉林与海南,多个省份出现中介度为0的现象。

3) 区域经济增长的空间关联网络可以划分为4个板块,四大板块内部及之间存在普遍的关联关系,其中,板块Ⅱ受其他板块溢出影响最大,板块Ⅲ向其他板块发出的关系最多,在4个板块中起核心带动作用。

4) 收敛检验的实证结果表明,中国区域经济增长存在全域性收敛现象,与基于传统空间权重的模型相比,空间网络权重下模型的收敛速度加快,达到0.07,区域间的空间交互影响缩小彼此间的差距;储蓄率对经济增长率存在正面显著影响,资本积累仍是影响收敛的重要因素;东、中和西部在空间网络权重矩阵下均支持区域经济增长存在“俱乐部”收敛特征。其中,中部地区表现出最强的收敛态势,收敛速度高达0.101,西部地区的收敛速度最低,仅为0.038。

本文首次基于空间关联网络构建权重并进行收敛检验,突破已有研究空间权重构建不准确的局限,但仍存在一定程度的不足。首先,空间权重的合理构造一直是空间计量经济学发展的瓶颈,本文在权重的构建上忽略时间因素,时空网络权重的构建将是本文重要的拓展方向。其次,本文仅就收敛现象进行了初步解释,对收敛背后的机制探究仍有较大研究的空间。

参考文献(References):

- [1] 李敬,陈澍,万广华,等.中国区域经济增长的空间关联及其解释——基于网络分析方法[J].经济研究,2014,49(11):4-16. [Li Jing, Chen Shu, Wan Guanghua et al. Study on spatial correlation and explanation of regional economic growth in China: Based on analytic network process. Economic Research Journal, 2014, 49(11):4-16.]
- [2] Islam N. Growth empirics: A panel data approach[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(4):1127-1170.
- [3] Barro R J, Sala-i-Martin X. Convergence[J]. Journal of Political Economy, 1992, 100(2):223-251.
- [4] Hsiao C. Analysis of panel data[J]. Cambridge Books, 2015, 87(2):221-222.
- [5] 蔡昉,都阳.中国地区经济增长的趋同与差异——对西部开发战略的启示[J].经济研究,2010(10):30-37. [Cai Fang, Du Yang. Convergence and divergence of regional economic

- growth in China. *Economic Research Journal*, 2010(10):30-37.]
- [6] 林毅夫, 刘明兴. 中国的经济增长收敛与收入分配[J]. *世界经济*, 2003(8):3-14. [Lin Yifu, Liu Mingxing. Growth convergence and income distribution in China. *World Economy*, 2003 (8):3-14.]
- [7] Ying L G. Measuring the spillover effects: Some Chinese evidence[J]. *Papers in Regional Science*, 2000, 79(1):75-89.
- [8] Ramajo J, Márquez M A, Hewings G J D et al. Spatial heterogeneity and interregional spillovers in the European union: Do cohesion policies encourage convergence across regions?[J]. *European Economic Review*, 2008, 52(3):551-567.
- [9] 潘文卿. 中国区域经济差异与收敛[J]. *中国社会科学*, 2010(1): 72-84. [Pan Wenqing. The economic disparity between different regions of China and its reduction: An analysis from geographical perspective. *Social Sciences in China*, 2010(1):72-84.]
- [10] 林光平, 龙志和, 吴梅. 我国地区经济收敛的空间计量实证分析: 1978~2002年[J]. *经济学(季刊)*, 2005, 4(s1):71-86. [Lin Guangping, Long Zhihe, Wu Mei. A spatial analysis of regional economic convergence in China: 1978-2002. *China Economic Quarterly*, 2005, 4(s1):71-86.]
- [11] 周亚虹, 朱保华, 刘俐含. 中国经济收敛速度的估计[J]. *经济研究*, 2009(6):40-51. [Zhou Yahong, Zhu Baohua, Liu Lihan. Estimation of speed of convergence of China's economy. *Economic Research Journal*, 2009(6):40-51.]
- [12] 朱国忠, 乔坤元, 虞吉海. 中国各省经济增长是否收敛?[J]. *经济学(季刊)*, 2014, 13(3):1171-1194. [Zhu Guozhong, Qiao Kunyuan, Yu Jihai. Is provincial economic growth convergent in China. *China Economic Quarterly*, 2014, 13(3):1171-1194.]
- [13] Wu H X. The Chinese GDP growth rate puzzle: How fast has the Chinese economy grown?[J]. *Asian Economic Papers*, 2007, 6(1):1-23.
- [14] Henderson J V, Storeygard A, Weil D W. Measuring economic growth from outer space[J]. *American Economic Review*, 2012, 102(2):994-1028.
- [15] Liu Z, He C, Zhang Q et al. Extracting the dynamics of urban expansion in China using DMSP-OLS nighttime light data from 1992 to 2008[J]. *Landscape & Urban Planning*, 2012, 106 (1):62-72.
- [16] 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. [Tang Fanghua, Tang 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.]
- [17] 杨丽花, 刘娜, 白翠玲. 京津冀雄旅游经济空间结构研究[J]. *地理科学*, 2018, 38(3):394-401. [Yang Lihua, Liu Na, Bai Cuiling. The spatial structure of the tourism economy in Beijing-Tianjin-Hebei-Xiongan region. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(3):394-401.]
- [18] 魏丽华. 论城市群经济联系对区域协同发展的影响——基于京津冀与苏浙沪的比较[J]. *地理科学*, 2018, 38(4): 575-579. [Wei Lihua. Influence of urban agglomeration economic cooperation on regional coordinated development: Based on comparison between Beijing-Tianjin-Hebei and Shanghai-Jiangsu-Zhejiang. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(4):575-579.]
- [19] Scott J. *Social network analysis*[M]. London: Sage Publications, 2017.
- [20] 庄德林, 杨羊, 晋盛武, 等. 基于战略性新兴产业的长江三角洲城市网络结构演变研究[J]. *地理科学*, 2017, 37(4):546-553. [Zhuang Delin, Yang Yang, Jin Shengwu et al. Evolution of the Yangtze River Delta's city network based on the strategic emerging industries. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(4): 546-553.]
- [21] 马丽君, 龙云. 基于社会网络分析法的中国省际入境旅游经济增长空间关联性[J]. *地理科学*, 2017, 37(11):1705-1711. [Ma Lijun, Long Yun. The spatial correlation of economic growth of inbound tourism in China based on social network analysis. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(11):1705-1711.]
- [22] Yu J H, Lee L F. Convergence: A spatial dynamic panel data approach[J]. *Global Journal of Economics*, 2012, 1(1):6-36.
- [23] 国家统计局. 新中国六十年统计资料汇编[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010. [National Bureau of Statistics of China. *China compendium of statistics 1949-2008*. Beijing: China Statistics Press, 2010.]
- [24] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1994-2014. [National Bureau of Statistics of China. *China statistical yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 1994-2014.]
- [25] Barro R J, Blanchard O J, Hall R E. Convergence across states and regions[J]. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1991 (1):107-182.

Spatial Network Correlation and Convergence Test of Regional Economic Growth in China

Liu Huajun, Jia Wenxing

(School of Economics, Shandong University of Finance and Economics, Jinan 250014, Shandong, China)

Abstract: Under the interaction of government regulation and market mechanism, the spatial correlation of regional economic growth in China has gradually evolved into a complex, multi-threaded network structure. Based on the panel data of 30 provinces in China from 1992 to 2013, this article uses the gravitational model and the network analysis method to investigate the structural characteristics of the spatial association network of China's regional economic growth, and based on the weight of the space network to test the convergence of the regional economic growth in China. The research finds that: 1) The spatial correlation network of China's regional economic growth presents a complex and global development trend. The inter-provincial linkages show the coexistence of adjacent connections and jump connections. There are no independent development provinces, but the overall network is not tight enough; The connectivity and accessibility are strong, there are multiple overlapping spillover effects, and the stability of the network is strong; the network hierarchy has a significant downward trend, and the hierarchical structure of the spatial association network is not strict. 2) The degrees, proximity and intermediate centers of Shandong, Henan and Jiangsu are ranked in the top three, and they also have the most contacts with other provinces. They play the role of central actors in the spatial correlation network, and play the role of "intermediary" and "bridge" in the network. The provinces with the lowest degree of degree and near center degree are Jilin and Henan, and the phenomenon of mediation is 0 in many provinces. 3) The spatial correlation network of regional economic growth can be divided into four sections. There are general relationships within and between the four major sections. Among them, the impact of the spillover of the other sections of the sector II is the largest, and the relationship of the sector III to the other sections is the most. It plays a core role in the four sections. 4) The empirical results of convergence test show that there is a global convergence phenomenon in China's regional economic growth. Compared with the traditional spatial weight model, the convergence speed of the model is faster under the weight of the spatial network, reaching 0.07, and the spatial interaction between regions reduced the gap of them; the savings rate has a positive and significant impact on the economic growth rate, capital accumulation is still an important factor affecting convergence; in addition, there is a certain degree of club convergence in the eastern, central and western regions, the central region showed the strongest convergence trend, the convergence speed was as high as 0.101, and the convergence speed in the western region was the lowest, only 0.038. This reveals the important role of spatial network association in regional economic growth and has important theoretical significance for promoting regional coordinated development.

Key words: regional economic growth; spatial correlation; network analysis; convergence test