
湖南经济发展空间网络分布的特征及效应分析^{*1}

杨伶^{1, 2} 张贵² 王金龙²

(1. 北京林业大学, 北京 100083;

2. 中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004)

【摘要】: 借助复杂网络理论及 Pajek 软件, 以县域行政单位为节点, 空间依赖度为边权, 构建湖南经济发展空间网络图, 以此来揭示经济发展空间格局的演变规律。结果显示: 湖南经济发展在空间分布上以核心区为中心向周边区域按等级依次排列, 在空间网络中热点区节点在局部空间格局中占据重要的地位, 但其在空间网络的作用较小, 而冷点区节点则呈现空间效应强度低但度值高的特点。为实现湖南经济空间协同发展, 最有效的调控方式是重点关注度值高且空间效应强度低的研究单元。

【关键词】: 湖南; 经济发展; 空间格局; 核心区; 周边区

【中图分类号】: F2 **【文献标志码】**: A **【文章编号】**: 1004-3160 (2017) 04-0074-06

一、引言

县域是中国新型城镇化和城乡一体化推进的重要节点, 县域经济的持续健康发展, 事关经济发展、民生改善、生态建设全局。^[1] 对县域经济发展水平的差异与时空演变进行空间计量分析, 对于促进特定区域经济协调发展具有现实的指导意义。^[2] 近年来, 基于经济地理学视角的县域经济发展空间差异研究备受瞩目, 诸多研究者从市级^[3]、省域^[4]到全国^[5]等不同区域范围开展县域经济发展水平的空间特性研究, 也有学者对不同江河流域^[6]、城市群(圈)^[7]、经济带^[8]等特定区域的县域经济发展水平差异进行研究。研究方法则从传统区域经济差异度量方法如标准差、变异系数、锡尔系数、基尼系数、泰尔指数^{[9][10]}等过渡到以空间关联测度为核心的探索性空间数据分析方法的区域经济空间依赖性和异质性的研究^[11]。本研究认为经济发展水平在地域分布上有着十分密切与复杂的因果联系, 任一节点的变化对该区域的经济发展状态都会产生一定的效应, 并且这种效应在特定的空间地理上呈现出一种特殊的网络关系。复杂网络是研究复杂系统中大量元素间相互作用的重要工具, 空间网络作为一种特殊的复杂网络, 每个节点都有自己的空间地理位置, 通过对不同区域间经济发展水平空间分布格局的描述与可视化, 可以发现其空间集聚和空间异常, 从而揭示特定区域县域经济发展之间的空间相互作用机制。

本文以湖南 122 个县级行政单位为研究对象, 在对经济发展进行评价, 通过局部 Getis-Ord 指数来识别出经济发展水平的热点区、冷点区以及非聚集区的基础上, 构建以研究单元为节点, 空间依赖度为边权的湖南经济发展空间网络, 并通过节点的

¹ 收稿日期: 2017-02-20

基金项目: 国家社科基金青年项目(项目编号: 16CJY051); 湖南省教育厅优秀青年项目(项目编号: 17B290)。

作者简介: 1. 杨伶, 女, 湖南株洲人, 北京林业大学博士研究生, 中南林业科技大学讲师, 主要研究方向: 林业经济理论与政策; 2. 张贵, 男, 湖南桃江人, 中南林业科技大学教授、博士生导师, 主要研究方向: 农村与区域经济发展、林业生态工程;

3. 王金龙, 男, 湖南株洲人, 中南林业科技大学讲师、林业经济管理博士, 主要研究方向: 林业经济理论与政策。

度和空间效应强度分析空间网络的特性，以此来揭示湖南经济发展空间格局的演变规律。

二、数据与方法

(一) 研究区域与数据来源

湖南省地处我国中部，长江中游，国土面积 21.18 万平方千米，占全国国土面积的 2.2%，下辖 14 个地州市、122 个县（市、区）。2015 年全省总人口 7242 万人，人均 GDP 为 42754 元。本研究选取 2015 年作为研究年份，以经济发展相关数据为数据来源，以县域为研究对象。在县级行政单位中，各市辖区是各地级行政单位的重要组成部分，通过前期研究发现，各市辖区的经济发展与县（县级市）存在明显的空间分异性，而同一地级行政单位的各市辖区存在显著的趋同性。因此，本文将地级行政单位下属辖区合并为一个市区进行研究。由于湖南省衡阳市南岳区位于衡阳市区北侧 50 公里，与其他市辖区不存在邻接关系，本研究将南岳区单独列出，其他市辖区合并为衡阳市区。根据上述调整结果，本研究共有 101 个研究单元，含 15 个市区，86 个县和县级市。

(二) 研究方法

1. 经济发展评价方法

经济发展水平是反映一个地区经济发展现状和经济增长活力的综合性指标，由地区经济发展总规模和地区经济增长率两个要素构成，通过县级行政单元人均 GDP 和 GDP 增长率两个指标来反映，参照国家发改委发布的《省级主体功能区划分技术规程》，其计算公式如下：

$$Led = \Lambda_{led} \times [GDP_{pc} \times h(Ecr)] \quad (1)$$

其中， Λ_{led} 为经济发展标准化系数， GDP_{pc} 为人均 GDP， Ecr 为经济增长率， $h(Ecr)$ 为经济增长率赋值。本研究采用

全序列-功效系数法对指标数据进行标准化，其计算公式为 $\Lambda_x \times X_{ij} = c + [X_{ij} - \min(X_{ij})] / [\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})] \times d$ 。由于湖南省经济发展较好，不存在评价结果为 0 的研究单元，因此，标准化系数中 c 是对标准化后的数据平移至 0.2，相应地 d 的取值为 0.8。

参照《省级主体功能区划分技术规程》，将经济增长率以 5%、10%、20% 和 30% 为分界值进行分组，由于近年来湖南经济发展格局变动不大，各组经济增长强度赋值采用的数值为 1, 1.2, 1.3, 1.4 和 1.5。采用几何平均法，2015 年经济增长率为

$$Ecr_{2015} = \sqrt[10]{GDP_{2015}/GDP_{2005}} - 1, \quad 2005 \text{ 年经济增长率为 } Ecr_{2005} = \sqrt[10]{GDP_{2005}/GDP_{1995}} - 1, \quad 1995 \text{ 年经济增长率为}$$

$$Ecr_{1995} = \sqrt[5]{GDP_{1995}/GDP_{1990}} - 1。$$

2. 经济发展空间网络

本文引入复杂网络分析来主导湖南经济空间分布的关键因素。复杂网络是研究复杂系统中大量元素相互作用的重要工具，空间网络作为一种特殊的复杂网络，每个节点都有自己的空间地理位置，这种地理位置在分析节点之间的相互作用中有着重要

意义。^[12]

(1) 空间网络构建

对于由 n 个节点, e 条边构成的空间网络 $G=(n, w)$, 其节点之间的相互作用可用矩阵 W 表示:

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \cdots & W_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

公式 (2) 中, w_{ih} 为节点 i 与节点 h 相连接边的权, n 为空间网络中节点的数量。本文构建的经济发展空间网络模型是以研究单元为节点。空间网络的节点主要包括 101 个, 含 15 个市区, 86 个县和县级市。

在经济发展空间网络模型中公式 (2) 中节点 i 与节点 h 相连接边的权用经济发展空间依赖度 (EE_{ih}) 来表示, 其计算公式如下:

$$EE_{ih} = \frac{GE_{ih} + GE_{hi}}{(GE_i / \sum_{i=1}^n w_{ih}) + (GE_h / \sum_{i=1}^n w_{ih})} - 1 \quad (3)$$

其中, $GE_{ih} = \frac{w_{ih} Led_h}{\sum_{h \neq i} Led_h}$, $GE_{hi} = \frac{w_{ih} Led_i}{\sum_{i \neq h} Led_i}$, 表示研究单元 i 和 h 之间经济发展水平的局部 Getis-Ord 指数的分解式; GE_i 和 GE_h 分别表示研究单元 i 和 h 之间经济发展水平的局部 Getis-Ord 指数; w_{ih} 为 i, h 单元之间的非标准化的对称空间权重矩阵。当 $EE_{ih} > 0$ 时, 研究单元和之间的经济发展空间依赖度较大, 表示研究单元和对共同邻接区域的经济发展空间格局的贡献较大; 当 $EE_{ih} < 0$ 时, 研究单元 i 和 h 之间的经济发展空间依赖度较小, 表示研究单元 i 和 h 对共同邻接区域的经济发展空间格局的贡献较小。

(2) 空间网络特性分析

本研究主要通过节点的度和空间效应强度来分析空间网络的特性, 以此来揭示经济发展空间格局的演变规律。

节点的度。节点的度, 是指空间网络中节点与其他节点相连的边数, 记为 D_i ; 网络中所有节点度的平均值为网络的平均度, 记为 D 。一般来说, 在网络中, 节点的度越大, 说明该节点在网络中的重要程度也就越高。

节点的空间效应强度。空间效应强度主要是结合空间网络边权的大小来描述节点 i 对其相邻区域经济发展空间格局的影响。节点的空间效应强度 (IE_i) 的计算公式如下:

$$IE_i = \frac{\sum_{h \neq i} V_{ih}}{D_i} \quad (4)$$

公式 (4) 中, V_{ih} 为研究单元 i 和 h 之间的空间依赖度赋值, 当 $EE_{hi} > 0$ 时, $V_{ih} = 1$, 当 $EE < 0$ 时, $V_{ih} = 0$; D_i 为节点 i 的

度。网络中所有节点的空间效应强度的均值为平均空间效应强度 (记为 IE),

$$IE = \sum_{i=1}^n IE_i / n$$

节点 i 的空间效应强度 (IE_i) 的取值范围 $[0, 1]$; 当 $IE \geq 0.5$, 节点 i 对经济发展空间格局具有正面影响, 越接近 1, 正面影响越大; 当 $IE < 0.5$, 节点 i 对经济发展空间格局具有负面影响, 越接近 0, 负面影响越大。

三、结果与分析

(一) 经济发展空间格局

为了了解湖南经济发展空间格局, 本研究采用经济发展评价方法对湖南各县域研究单元经济发展水平进行评价。同时为了便于描述湖南经济发展空间格局, 采用 GIS 的方法将经济发展水平进行空间图形化处理, 经济发展等级是考虑经济发展水平结果分布情况下采用等间距法进行划分, 为四个等级: $[0.2, 0.4]$ 为低水平, $[0.4, 0.5]$ 为中低水平, $[0.5, 0.7]$ 为中高水平, $[0.7, 1]$ 为高水平。

由 2015 年湖南经济发展空间分布图来看, 湖南经济发展以长株潭地区为核心增长极, 以衡阳、郴州、娄底、常德、岳阳等次级中心城市市辖区为次级发展核心区并在空间分布上呈现以核心区为中心向周边区域按等级依次排列的特点。经济发展水平属于最高等级的研究单元达到 18 个 (约占 17.82%), 主要集中在分布在长株潭城市群和湘南的郴州地区, 且整个长沙地区的全部县域都成为湖南经济发展的核心区域; 经济发展中高水平的区域主要分布在经济发展核心区的边缘, 如长株潭城市群的湘潭和株洲地区, 以及湘北的岳阳和常德地区; 经济发展处于中低水平的研究单元主要分布于第二等级区域的边缘, 如湘北的岳阳和常德地区以及湘中的衡阳地区 (约占全部研究单元的 12.87%), 并据此在空间分布上将湘北、湘东、湘中和湘南地区的第一等级区域和第二等级区域全部连通起来; 经济发展属于最低等级的县域主要集中分布于湘西南和湘西北, 以及湘南的永州地区和湘北的益阳地区。

(二) 经济发展空间网络

为了揭示湖南经济发展空间分布格局的演变规律, 本文以研究单元为节点, 研究单元之间的空间依赖度为边权, 并按热点区、冷点区和非聚集区来分类, 构建了 2015 年湖南经济发展空间网络 (图 1)。研究采用局部 Getis-Ord 指数, 对研究单元的经济空间聚集情况进行分析, ^[13] 主要分为热点区、冷点区和非聚集区。其中, 热点区为经济发展高值与高值聚集区域 (图 1 中星形节点), 冷点区为经济发展低值与低值聚集区域 (图 1 中方形节点), 非聚集区为经济发展高值与低值随机分布区域 (图 1 中圆形节点)。如图 1 所示, 任意两两相邻的节点为不同研究单元, 实线表示相邻节点之间空间依赖度大, 虚线表示相邻节点之间空间依赖度小。本部分通过节点度分布和不同空间格局的节点-空间效应强度分布来分析经济发展空间网络特性, 以此来研究湖南经济发展空间演变规律。

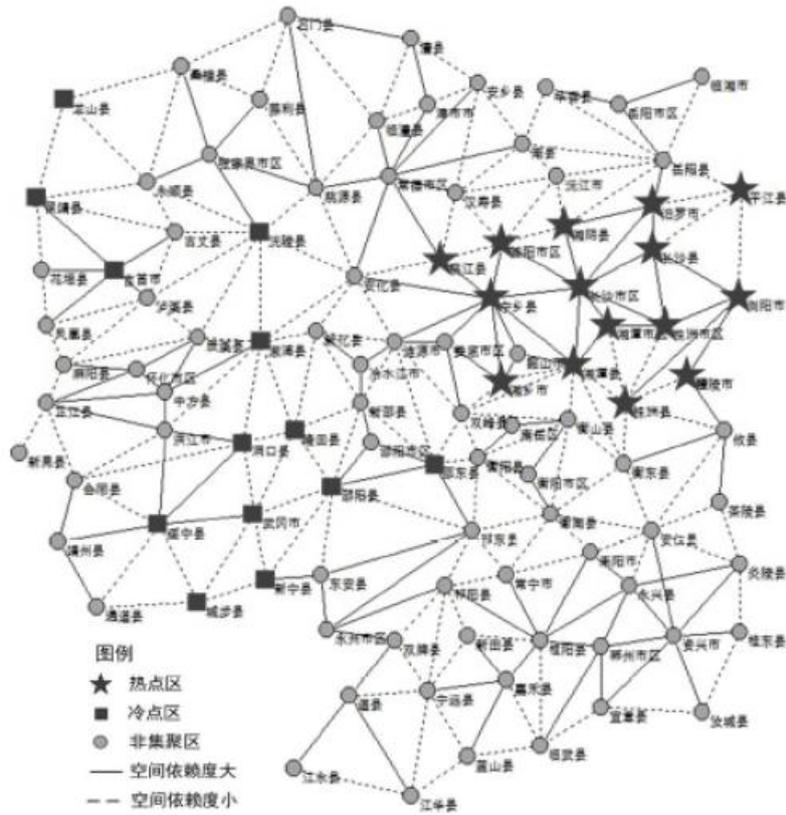


图 1 2015 年湖南经济发展空间网络图

1. 节点度分布

通过对 2015 年湖南经济发展空间网络（图 1）和节点度分布及累计概率分布（图 2）可知，节点的度值主要分布在 1-9 之间。其中，全部研究单元约有 93%-94% 的度值都分布在 3-8 之间，除度值为 5 的节点度分布达到 20% 以上，其余分布概率相差不大，并随着与平均度（ $D=5.21$ ）的距离增加其分布概率呈现明显下降趋势。由空间网络节点度分布及累计概率分布（图 2）进一步分析，可以发现空间网络的节点度概率分布呈现泊松分布，其平均度值约为 5，其对应的节点数为 23-27；节点度值最小值为 1，最大值为 9，对应节点数分别为 1 和 2，远远低于平均度分布，这与空间网络分布图形所呈现的“节点度分布远离峰值（ $D_i=5$ ）处呈指数下降，且大多数节点的度大致相同”特征是相吻合的。由此可见，湖南经济发展空间网络中不存在比平均度高或是低很多的节点度，也不存在少数具有众多连接线的“离散节点”（即比平均度高很多或低很多的度值），因此整个空间网络不具有无标度的特性，可以称为均匀网络（图 2）。

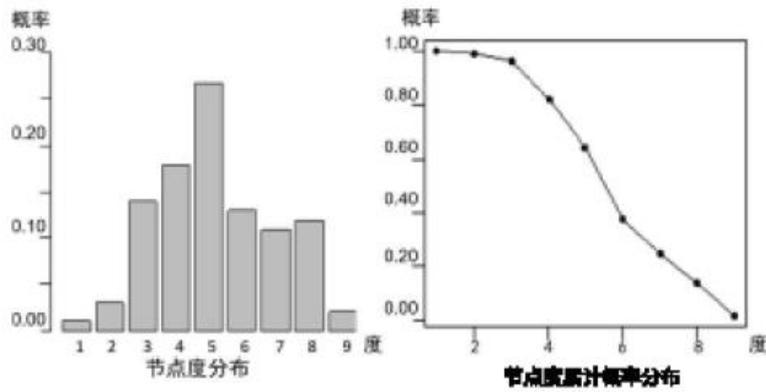


图 2 节点度分布及累计概率分布

2. 不同空间格局的节点—空间效应强度

结合经济发展空间网络节点的空间效应强度对经济发展空间格局演变进行分析，从总体分布来看，2015 年热点区节点的平均空间效应强度为 0.5893，说明热点区研究单元对经济发展空间格局有着正面影响。冷点区节点的平均空间效应强度为 0.2750，说明冷点区研究单元对经济发展空间格局有着负面影响。由于整个空间网络的连通作用取决于节点度的大小，而某一研究单元对其邻近区域经济发展空间分布的影响取决于空间效应强度的大小。因此，本部分通过不同空间格局的节点度与经济发展空间效应强度关系图（图 3）进行分析，来探究经济发展空间演变规律。

由 2015 年冷点区节点—空间效应强度分布（图 3a）可知，近年来冷点区研究单元向右下方（度值增加方向）集中。空间效应强度较低（ $IE_i < 0.5$ ）的研究单元对经济发展冷点区的形成起着关键作用，且绝大部分度值在 5 以上，因此，加快该部分研究单元的经济发展能有效缩小冷点区的范围。2015 年经济发展冷点区中空间效应强度为 0 的研究单元主要有龙山县、城步县和隆回县，且节点度值较低（ $D_i < 6$ ），说明该部分研究单元是经济发展冷点区的“中心地带”，其经济发展水平低于与其相邻的任何区域，该部分研究单元也是今后经济发展调控的重点区域。

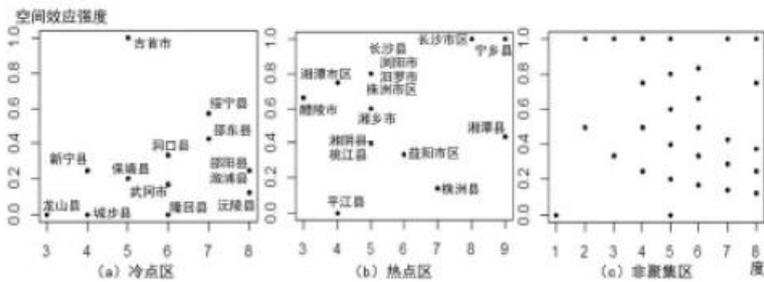


图 3 2015 年不同空间格局节点度 - 空间效应强度分布图

根据 2015 年热点区节点—空间效应强度分布情况（图 3b）来看，近年来热点区研究单元向左上方（度值减少方向）集中，空间效应强度高（ $IE_i > 0.5$ ）的研究单元有 77.78% 的度值分布在 3-5 之间。由于经济发展热点区空间效应强度高的研究单元在经济发展空间格局具有重要的地位，但该部分研究单元度值较低，对整个空间网络的影响和作用较小，对周边区域发挥的经济辐射和示范作用有一定限制。空间效应强度较低（ $IE_i < 0.5$ ）的研究单元对经济发展热点区的形成产生负面影响，且 80% 的

研究单元度值在 5 以上, 因此, 加快发展该部分研究单元的经济状况能进一步扩大热点区的范围。由此可见, 要维持当前湖南经济发展空间格局, 一是必须确保长株潭地区在经济发展空间格局中的核心地位; 二是要进一步扩大热点区, 应当进一步改善空间效应强度低 ($IE_i < 0.5$) 及其相邻区域的经济发展状况, 如平江县、株洲县、湘阴县、桃江县、益阳市区和湘潭县, 特别是度值较高的益阳市区、株洲县和湘潭县。

从 2015 年非集聚区节点度与空间效应强度分布情况 (图 3c) 来看, 近年来非集聚区研究单元分布情况呈现均匀分布态势。其中, 非集聚区空间效应强度为 1 的研究单元所占比重为 20.55%, 其度值分布在 2-8 之间, 且 80% 以上节点度值分布在 5 以内, 该部分研究单元属于非集聚区的高值节点, 与其相邻区域为非集聚区的相对低值区域; 空间效应强度为 0 的研究单元所占比重为 2.74%, 其度值主要分布在 1-7 之间, 但大多数的节点在 5 以内, 该部分研究单元属于非集聚区的低值节点, 与其相邻的区域为非集聚区的相对高值区。由此可见, 为了进一步规划湖南经济发展空间格局, 对非集聚区可以采取两个方面的措施: 一是提升非集聚区高空间效应强度相邻区域的经济发展状况, 可将非集聚区的空间效应强度高的研究单元转变为热点区, 这部分研究单元为与南岳区、韶山市、衡阳市区、邵阳市区、岳阳市区、靖州县、冷水江市区、永州市区、怀化市区、娄底市区、张家界市区、郴州市区、中方县、资兴市和常德市区等相邻的研究单元; 二是改善非集聚区低空间效应强度 ($IE_i < 0.2$) 的研究单元的经济状况, 这部分研究单元主要包括沅江市、新晃县、衡南县、安仁县、宁远县、双峰县、汉寿县、南县、新化县、泸溪县和永顺县等。

四、结论与讨论

本文在对湖南经济发展进行评价的基础上, 以研究单元为节点, 各研究单元之间的经济发展空间依赖度为边权, 构建空间网络模型来揭示湖南经济发展空间格局的演变规律。

(一) 结论

从经济发展地域分布来看, 近年来湖南以长株潭地区为核心增长极, 以其周边区域如衡阳、郴州、娄底、常德、岳阳等城市市辖区为次级发展核心区, 而经济不发达地区主要分布在湘西北、湘西南及湘南的永州地区。湖南经济发展总体分布情况与《湖南省主体功能区规划》中重点开发区域基本一致, 都是分布在环长株潭城市群、其他市州中心城市及城市周边开发强度相对较高、工业化、城镇化较发达的地区。因此, 湖南经济发展在空间分布上呈现以核心区为中心向周边区域按等级依次排列的特点, 这与 2012 年以来湖南省积极构建长株潭为核心, 以衡阳、岳阳、常德、益阳、娄底等重要节点城市为支撑, 集约化、开放式、错位发展的空间开发格局是密不可分的。

从湖南经济发展空间网络局部空间格局来看, 热点区节点对经济发展空间分布有着正面影响, 而冷点区节点有着负面影响。由 2015 年不同空间格局节点度—空间效应强度分布可知, 近年来冷点区研究单元向空间效应强度低且度值高的方向集中, 热点区研究单元向空间效应强度高且度值高的方向集中, 非集聚区研究单元呈均匀分布态势。

由此可见, 为了进一步优化湖南经济发展空间格局, 对湖南经济发展空间分布进行调控的主要思路是各研究单元在充分确保自身发展优势的基础上, 不同空间格局应采取不同的经济发展调控策略: 第一, 冷点区应着重调控低空间效应强度且度值较高的研究单元的经济状况, 该部分研究单元对经济发展冷点区的形成起着关键的作用, 主要包括沅陵县、溆浦县、邵阳县、隆回县、武冈市、洞口县、保靖县、城步县、新宁县和龙山县等, 但由于该部分研究单元不具备良好的经济发展条件, 具有一定的调控难度。第二, 热点区应进一步保持高空间效应强度研究单元 (如长沙市区、湘潭市区、株洲市区、长沙县、浏阳市、宁乡市、醴陵市、湘乡市和汨罗市等) 在经济发展空间格局中的主导地位, 并改善空间效应较低及其相邻区域的研究单元的经济状况 (如平江县、株洲县和湘阴县等)。第三, 非集聚区应改善与高空间效应强度节点 (如南岳区、韶山市和衡阳市区等) 相邻区域的经济发展状况和低空间效应强度的研究单元 (沅江市、新晃县和衡南县等) 的经济状况。同时, 在具体调控过程中, 在充分考虑各个研究单元实际情况的基础上, 评估各研究单元经济发展调控的可行性, 同时从经济发展整体空间格局来看, 最有效的调控方式应当是对空间效应强度低且度值高的研究单元予以重点关注。

（二）讨论

经济是社会发展的基础，构建经济发展空间网络模型，探究湖南县域经济发展空间格局的演变规律，旨在推进区域经济的空间协同发展。通过本研究，我们发现热点区经济发展空间效应强度高（大于 0.5）的研究单元绝大部分的度值在 5 以内，说明由于与其他节点相连较少，在经济发展空间格局中占据重要地位的研究单元（如长沙市区、株洲市区和湘潭市区等）对整个空间网络的影响和作用较小，对周边区域发挥的辐射和示范作用受到一定的限制。下一步的研究应关注经济发展空间网络的影响因素，进一步探讨如何让核心增长极在空间网络中发挥更大的作用，以此来强化对周边地区的辐射和示范作用。本研究通过构建空间网络来探究经济发展空间格局的演化规律，研究结果显示：为了实现经济空间协同发展，最有效的调控方式应当是重点关注空间效应强度低且度值高的研究单元。因此，未来的研究应通过构建不同的经济发展情景，对经济发展空间网络进行仿真预测，以便提出更具针对性的湖南经济空间协调发展的调控措施。

参考文献：

- [1] 吴金明. 湖南县域经济转型发展战略刍议[J]. 湖南农业大学学报, 2011 (4) : 1-5.
- [2] 吴玉鸣. 县域经济增长集聚与差异: 空间计量经济实证分析[J]. 世界经济文汇, 2007 (2) : 37-57.
- [3] 罗迎新. 梅州市县域经济发展水平空间差异与开发[J]. 经济地理, 2006 (1) : 32-36.
- [4] 刘琼, 张可云. 湖南经济发展的空间结构演化——基于县域数据的空间计量研究[J]. 经济地理, 2014 (12) : 29-34.
- [5] 罗庆, 等. 中国县域经济空间分布格局及其演化: 1990-2010 年[J]. 经济经纬, 2014 (1) : 1-7.
- [6] 谢磊, 李景保. 长江中游经济区县域经济差异时空演变[J]. 经济地理, 2011 (4) : 19-24.
- [7] 唐伟, 钟祥浩. 成都都市圈县域经济时空差异及空间结构演变[J]. 长江流域资源与环境, 2010 (7) : 732-738.
- [8] 张秋亮, 白永平, 黄永斌. 呼包鄂榆经济区县域经济的时空变化[J]. 经济地理, 2012 (8) : 14-19.
- [9] 赵玉芝, 董平. 江西省县域经济差异特征及其成因分析[J]. 人文地理, 2012 (1) : 87-91.
- [10] 黄勇, 易法海. 县域经济差异: 基于基尼系数的产业分解[J]. 农业技术经济, 2014 (9) : 32-38.
- [11] 李丁, 等. 基于 ESDA-GIS 的县域经济空间差异演化及驱动力分析——以兰州—西宁城镇密集区为例[J]. 经济地理, 2013 (5) : 31-36.
- [12] 黎勇, 等. 空间网络综述[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2010 (7) : 145-164.
- [13] 张松林, 张昆. 空间自相关局部指数 Moran 指数和 G 指数研究[J]. 大地测量与地球动力学, 2007 (6) : 31-34.