

# 湖北省产业网络结构特征演变分析

## ——基于社会网络分析法

贺远琼 刘路明 胡梦圆<sup>1</sup>

**【摘要】**综合运用社会网络分析方法，从网络密度、产业中心度和网络中心势、网络关联性以及凝聚子群分析等角度对湖北省产业网络中 42 个产业部门之间的联系与产业结构特征演变进行分析，结果表明：一是在湖北省产业结构中，冶金化工与机械制造业占主体地位，但随着金融业和房地产业迅速发展，经济服务化显现，湖北省经济存在一定程度的“脱实向虚”趋势；二是湖北省产业网络结构具有平均距离短、聚集系数大等明显的“小世界”网络特征，但产业网络中并没有明显的产业等级结构，没有出现支配性产业；三是湖北省产业网络结构向个别产业集中的趋势由增到减，产业呈现多元化发展的趋势，并且产业集聚抱团形成小团体的趋势减弱，产业网络一体化趋势不断加强；四是产业结构整体合理化、高级化和聚集度不断增加，但与国内领先省份仍有较大差距。

**【关键词】**湖北省 产业网络结构 特征演变 社会网络分析法 投入产出表

**【中图分类号】** F127(263) **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-8477(2022)07-0048-13

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出，“坚持把发展经济着力点放在实体经济上，加快推进制造强国、质量强国建设，促进先进制造业和现代服务业深度融合，强化基础设施支撑引领作用，构建实体经济、科技创新、现代金融、人力资源协同发展的现代产业体系”，将发展现代化的产业结构作为实体经济发展的目标之一。2019 年湖北省出台的《关于推进全省十大重点产业高质量发展的意见》，着重强调了优化产业结构，发展现代化产业体系的重要性。改革开放以来，无论是在国家层面还是湖北省省级层面，产业结构及其内部关系已经发生了显著变化，在新时代背景下从产业结构的演变视角来审视经济发展质量具有重要意义。<sup>[1](p108-118)</sup>

现有文献研究产业结构的变化更多是通过特定经济指标或时点性的产业结构指标的强弱变化来反映其特征（例如第一、二、三产业产出比等指标），从网络视角对产业结构的动态演变进行深入研究的比较少。<sup>[2](p487-503)</sup>网络的变迁可以反映个体、团体、组织或者行业互动的演变性质，网络和关系能力为网络中的行动者参与互动提供了基本和内在的机制。<sup>[3](p136-144)</sup>因此，以网络与关系视角研究产业结构能更加接近产业结构网络的本质。随着“网络新科学”在许多学科的兴起，<sup>[4](p243-270)</sup>越来越多的学者开始采用网络视角来研究经济活动，这种新方法已被证明是卓有成效的。<sup>[5](p9-21)[6](p1-9)</sup>

从本质上看，研究产业结构的变动就需要揭示产业之间的经济联系与依存程度，即产业之间的关联性，而投入产出分析是目前揭示产业关联内在机制最重要的方法。<sup>[7](p5-15)</sup>投入产出表中的数据，恰好反映了产业部门之间的双向关联关系，这种投入产出关系形成了类似于社会网络的关联结构，这为研究产业结构网络，特别是产业之间的关联效应等提供了重要的数据支撑。<sup>[8](p3-13)</sup>基于此，本文在湖北省 2002 年至 2017 年投入产出表的基础上，再结合 2002 年至 2020 年产业数据，使用社会网络分析方法（SNA），从网络密度、产业中心度和网络中心势、网络关联性以及凝聚子群分析等角度深入剖析湖北省产业网络中产业部门之间的联系与产业结构特征演变。从网络与关系的视角，本文展示了湖北省产业网络结构不同阶段的形态，弥补了湖北省产业网络结

**作者简介：**贺远琼（1978—），女，管理学博士，华中科技大学管理学院教授、博士生导师（湖北武汉，430074）；刘路明（1992—），男，华中科技大学管理学院博士研究生（湖北武汉，430074）；胡梦圆（1995—），女，华中科技大学管理学院博士研究生（湖北武汉，430074）。

**基金项目：**国家自然科学基金“基于用户需求链的制造企业服务创新及其资源编排机制研究”（71772074）

构定量分析方面的不足，为湖北省进一步优化产业资源配置和产业结构调整提供了一定的参考。

## 一、产业结构网络构建及分析方法

### （一）基于 SNA 的产业结构网络分析构建

社会网络分析法（SNA）是一种从“关系”角度出发的量化分析方法，它通过分析探讨网络的结构及属性特征来研究社会现象和社会结构。在经济活动中，各产业部门之间在产业结构中存在着密切的经济技术联系，劳动力、资本、技术、产品等资源在各部门之间不断流动，从而形成了一个联系密切的产业结构网络，<sup>[9] (p38-47)</sup>而各产业部门则被视为产业结构网络中的节点。<sup>[10] (p61-71)</sup>因此，本文采用社会网络分析法（SNA），把反映个体间相互联系的产业微观网络与现实经济的宏观网络相结合，分析湖北省产业部门结构整体网络特征及变化。

投入产出表（Input-OutputTable, IOT）又称部门联系平衡表，是反映一定时期各部门间相互联系和平衡比例关系的一种平衡表。投入产出表分为四个象限，第 I 象限是投入产出表的核心，由名称相同、数目一致的若干产业部门纵横交叉形成的棋盘式表格。其主栏是中间投入，宾栏为中间产出，也即中间使用。表中每个数字都有双重意义：从横向看，它表明每个产业部门的产品提供给各个产业部门作为生产消耗使用的数量，称为中间产品或中间使用，即中间产出；从纵向看，它表明每个产品部门在生产过程中消耗各个产业部门的产品数量，称为中间投入或中间消耗。投入产出表揭示了国民经济各产业部门之间相互依存、相互制约的技术经济联系，反映了国民经济各部门之间相互依赖、相互提供劳动对象以供生产和消耗的过程。<sup>[11] (p177-179)</sup>

### （二）产业网络结构的特征指标及测度方法

根据社会网络分析法（SNA）相关内容，本文选择以下指标来对湖北省产业网络结构特征进行分析。

#### 1. 节点数和网络密度

在产业结构网络中，节点数是指网络中所包含的产业部门数量；密度（density）是实际上存在的连接关系数与所有可能连接的比例，<sup>[12]</sup>若固定规模的节点间连线越多，则得到的网络密度越大。在有向网络中，如果网络中节点数为  $n$ ，实际存在边数为  $m$ ，则该网络密度可表示为  $m/n(n-1)$ 。<sup>[13] (p79-91)</sup>网络密度的取值范围在  $[0, 1]$ ，其值越大，说明网络中节点之间的联系越密切，即产业部门之间的经济联系越紧密，产业部门之间的经济互动关系就越复杂。

#### 2. 中心度与中心势

中心度特指节点的中心度，测量的是节点在整个网络中的中心地位。中心势特指一个整体网络的中心度，测量的是一个网络在多大程度上围绕某个或某些节点构建起来的。本文根据需要选取度数中心度、中介中心度，与之对应的有度数中心势和中介中心势。

节点的度数中心度（degree centrality）是与该节点直接相连的其他节点的个数，<sup>[14] (p177-196)</sup>网络中节点具有较高的度数中心度，则表示该节点更加接近于网络的中心。本文用  $C_{AD}$  表示绝对度数中心度，即与节点直接相连的节点个数。在有向图中，绝对度数中心度又可分为点入度（in-degree centrality）和点出度（out-degree centrality），点入度表示进入到该点的其他节点的个数，点出度则表示节点直接发出的关系个数。绝对度数中心度计算公式为：

$$C_{AD} = \sum_{j=1}^n A_{ij}$$

(A 为由节点构成的邻接矩阵, n 为网络节点数,  $A_{ij}=1$ , 若节点 i 与节点 j 之间有连接, 否则  $A_{ij}=0$ )

相较于节点的度数中心度, 网络也存在其中心度指标——度数中心势, 网络的度数中心势越大, 则表明网络越具有集中趋势。<sup>[15] (p20-32)</sup> 本文采用的网络的绝对度数中心势计算公式为:

$$C_D = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ADmax} - C_{ADi})}{\max [\sum_{i=1}^n (C_{ADmax} - C_{ADi})]}$$

( $C_{AD}$  为点 i 的绝对中心度,  $C_{ADmax}$  为网络中节点的绝对中心度的最大值)

节点的中介中心度 (betweenness centrality) 测量的是节点对资源的控制程度, 节点的中介中心度越高表示其他节点之间的关系越依赖于该节点。<sup>[16] (p59-65)</sup> 节点 i 的绝对中介中心度为:

$$C_{ABi} = \sum_j \sum_k b_{jk}(i)$$

( $j \neq k \neq i$ , 并且  $j < k$ ; j, k 为网络上的另外两个任意节点,  $b_{jk}(i)$  表示点 i 能够控制此两点联系的能力, 即点 i 处于点 j 和点 k 之间的捷径上的概率)

相对而言, 标准化的中介中心度, 即相对中介中心度为:

$$C_{RBi} = \frac{2C_{ABi}}{n^2 - 3n + 2}$$

(在星状网络中,  $C_{ABi}$  达到最大值  $\frac{n^2 - 3n + 2}{2}$   $C_{RBi}$  取值范围为 [0, 1], 用于比较不同网络中点的中介中心度)

中介中心度对应的网络的中介中心势, 中介中心势越大, 表明网络被少数节点控制的可能性越高。可以用绝对中介中心势和相对中介中心势来表示:

$$C_B = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ABmax} - C_{ABi})}{n^3 - 4n^2 + 5n - 2} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{Rbmax} - C_{RBi})}{n - 1}$$

( $C_{ABmax}$  是规模为 n 的网络中节点的绝对中介中心度的最大值,  $C_{Rbmax}$  是对应的节点的相对中介中心度最大值)

### 3. 关联性和聚集系数

对于有向网络而言，如果其中任意的两点都能建立起联系，则称之为关联网络。测量网络的关联程度是通过节点之间的可达性实现的，其关联度测量公式为：

$$C = 1 - \left[ \frac{V}{n(n-1)/2} \right]$$

(V 是网络中不可达的点对数量，n 为网络的规模)

其次，网络的等级度衡量的是节点相互之间在多大程度上非对称的可达，等级度的值越大，表明网络的等级结构越明显，反之亦然。其计算公式为：

$$GH = 1 - \left[ \frac{V}{\max(V)} \right]$$

(V 是网络中对称可达的点对数量，max(V) 是节点 i 可达节点 j 或者节点 j 可达节点 i 的点对数量)

网络的效率指的是在已知网络中所包含的成分数量确定的情况下，网络在多大程度上存在多余的连接线。该指标也是反映节点关联性的重要指标，其值越大，表明网络的空间溢出效率越高。<sup>[13] (p79-91)</sup>计算方法为：

$$GE = 1 - \left[ \frac{V}{\max(V)} \right]$$

(V 是多余线的数量，max(V) 是最大可能的多余线的数量)

网络节点的聚集系数测量的是一个点与邻接点之间相互连接的程度，该系数度量的是给定中心节点的连接领域对的比例。<sup>[17] (p303-311)</sup>计算公式为：

$$CC_i = \frac{2m}{d_i(d_i - 1)}$$

(m 是与节点 i 有连接的节点之间存在的关系数，d<sub>i</sub> 表示节点 i 的点度数)

#### 4. 凝聚子群分析

凝聚子群是一个行动者的子集合，在这个集合里的行动者之间具有相对较强的、直接的、紧密的、经常的或积极的关系，是一种社会结构的描述性研究。<sup>[18]</sup>在产业网络结构中，相对应指的是产业部门之间由于技术、信息等资源密切联系而形成的小团体。同一凝聚子群中产业部门具有较高的一致性，而子群密度是衡量产业网络结构中小团体现象是否突出的重要指标。<sup>[10] (p61-71)</sup>本文的凝聚子群分析主要通过迭代相关收敛法 CONCOR 对产业网络结构进行聚类分析。

## 二、湖北省产业结构网络的实证分析

### （一）数据来源

由于我国基准年度投入产出表的编制依赖于专门的投入产出调查，要耗费大量的人力、物力和时间，这导致了基准年投入产出表之间较长的时间间隔，我国基准表的编制年度为逢 2、逢 7 年度，时间间隔为 5 年。<sup>[19] (p3-23)</sup> 本文的数据来源于湖北省 2002 年、2007 年、2012 年和 2017 年四年的投入产出表（以当年生产者价格计算），总共包含 42 个产业部门，具体如表 1 所示。

为了弥补投入产出表在时间上存在的滞后性，本文在借鉴杨文捷等<sup>[20] (p112-115)</sup>的研究基础上，辅助计算了产业结构合理化指数、<sup>[21] (p1-19)</sup>产业结构高级化指数<sup>[22] (p2015-2022)</sup>和产业聚集指数，<sup>[20] (p112-115)</sup>数据来源于《中国统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》《中国城市统计年鉴》以及部分省市的统计年鉴，时间跨度为 2002 年至 2020 年。产业结构合理化指数为泰尔指数，用以衡量产业结构的合理性，数值越大表示产业结构越合理；产业结构高级化指数越大则表示产业结构越趋于服务化，产业结构高级化水平越高；产业聚集指数为赫芬达尔指数，其值介于 0 和 1 之间，越接近 1 代表产业聚集程度越高。

表 1 基于湖北省投入产出表的产业部门分类表

| 产业部门              | 产业部门               | 产业部门              |
|-------------------|--------------------|-------------------|
| 1 农林牧渔产品和服务       | 15 金属制品            | 29 交通运输、仓储和邮政     |
| 2 煤炭采选产品          | 16 通用设备            | 30 住宿和餐饮          |
| 3 石油和天然气开采产品      | 17 专用设备            | 31 信息传输、软件和信息技术服务 |
| 4 金属矿采选产品         | 18 交通运输设备          | 32 金融             |
| 5 非金属矿和其他矿采选产品    | 19 电气机械和器材         | 33 房地产            |
| 6 食品和烟草           | 20 通信设备、计算机和其他电子设备 | 34 租赁和商务服务        |
| 7 纺织品             | 21 仪器仪表            | 35 研究和试验发展        |
| 8 纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品  | 22 其他制造产品和废品废料     | 36 综合技术服务         |
| 9 木材加工品和家具        | 23 金属制品、机械和设备修理服务  | 37 水利、环境和公共设施管理   |
| 10 造纸印刷和文教体育用品    | 24 电力、热力的生产和供应     | 38 居民服务、修理和其他服务   |
| 11 石油、炼焦产品和核燃料加工品 | 25 燃气生产和供应         | 39 教育             |
| 12 化学产品           | 26 水的生产和供应         | 40 卫生和社会工作        |
| 13 非金属矿物制品        | 27 建筑              | 41 文化、体育和娱乐       |

14 金属冶炼和压延加工品

28 批发和零售

42 公共管理、社会保障和社会组织

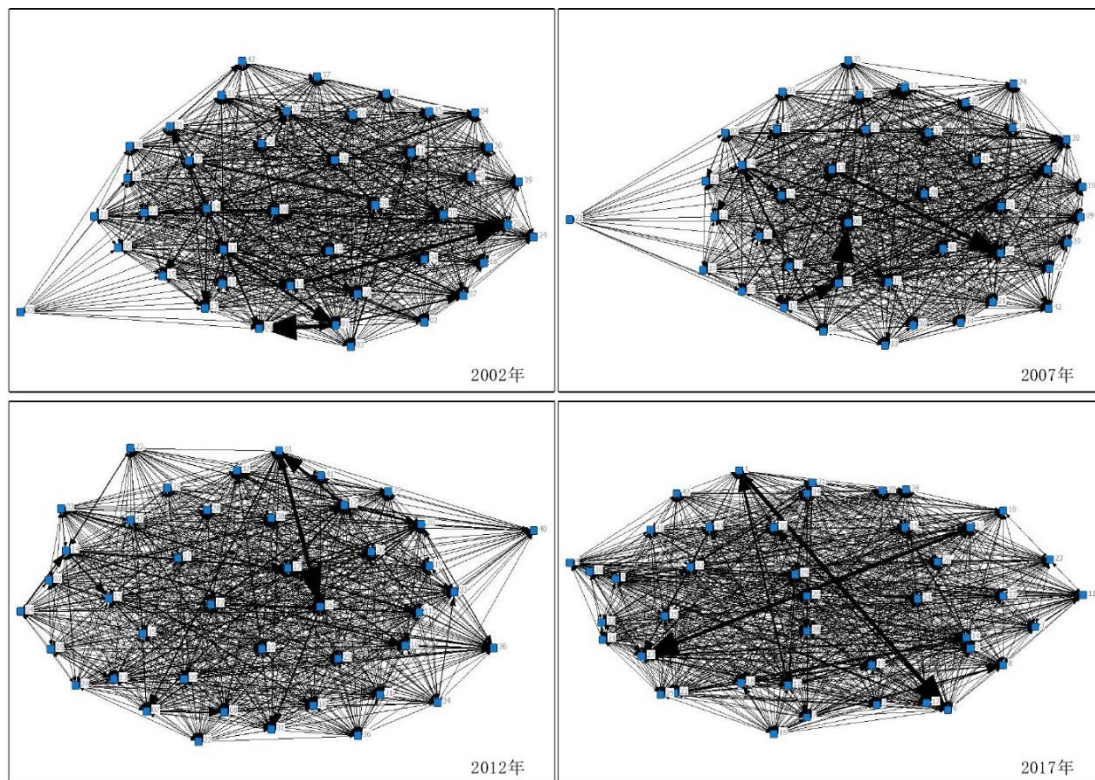


图 1 湖北省产业结构网络图

## (二) 整体网络变化趋势

利用 UCINET6.560 社会网络分析软件，结合 Netdraw 工具，本文将湖北省 2002 年、2007 年、2012 年和 2017 年的投入产出表数据进行整体网可视化分析，以考察湖北省 42 个产业部门的网络结构特征和变化趋势，结果如图 1 所示，节点之间的线条表示产业部门之间的投入产出关系，线条粗细代表关系的强弱程度。

可以看出，2002 年产业部门 1（农林牧渔产品和服务业）的产品提供给产业部门 6（食品制造及烟草加工业）作为生产消耗使用的联系最为紧密。其次，产业部门 13（非金属矿物制品业）对产业部门 27（建筑业）的投入量，产业部门 12（化学产品业）对产业部门 1（农林牧渔产品和服务业）的投入量等都显示出这些产业部门之间流动的价值量很大，联系最为紧密。

2007 年产业部门 1（农林牧渔产品和服务业）对产业部门 6（食品制造及烟草加工业）的投入量，产业部门 13（非金属矿物制品业）对产业部门 27（建筑业）的投入量，产业部门 12（化学产品业）对产业部门 1（农林牧渔产品和服务业）的投入量，产业部门 4（金属矿采选业）对产业部门 14（金属冶炼及压延加工业）的投入量，产业部门 14（金属冶炼及压延加工业）对产业部门 15（金属制品业）、产业部门 18（交通运输设备制造业）、产业部门 27（建筑业）的投入量最多，显示出这些部门之间频繁紧密的投入产出关系。

2012 年产业部门 1（农林牧渔产品和服务业）对产业部门 6（食品和烟草业）的投入量最多，其次是产业部门 12（化学产品业）对产业部门 1（农林牧渔产品和服务业）的投入量，产业部门 1（农林牧渔产品和服务业）对产业部门 7（纺织业）的投入量，产业部门 4（金属矿采选业）对产业部门 14（金属冶炼及压延加工业）的投入量，产业部门 14（金属冶炼及压延加工业）对产业部门 15（金属制品业）、产业部门 16（通用设备制造业）、产业部门 17（专用设备制造业）的投入量，产业部门 7（纺织业）对产业部门 8（纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业）的投入量，在整体的投入产出网络中关系最为紧密。

2017 年产业部门 1（农林牧渔产品和服务业）对产业部门 6（食品和烟草业）的投入量最多，其次是产业部门 13（非金属矿物制品业）对产业部门 27（建筑业）的投入量，产业部门 12（化学产品业）对产业部门 1（农林牧渔产品和服务业）的投入量，产业部门 7（纺织业）对产业部门 8（纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业）的投入量，产业部门 32（金融业）对产业部门 27（建筑业）的投入量，产业部门 33（房地产业）和产业部门 34（租赁和商务服务业）对产业部门 32（金融业）投入量比较大，可以反映出这些产业部门之间紧密的投入产出关系。其中，2016 年武汉房市大涨，许多金融机构的区域总部落户武汉，体现出房地产、营利性服务业、金融业的快速增长对全省经济的支撑作用进一步凸显，也是 2017 年中金融业与建筑业、房地产业以及租赁服务业之间投入量显著增加的原因之一。

整体而言，从整体网络与投入产出数据来看，2002—2017 年湖北省的第一、二产业之间的流动量依然比较大，这与湖北省的产业结构是相关的，湖北省在 2015 年第三产业占 GDP 比重实现对一二产业的超越，在此之前，湖北省一直是以第二产业，特别是其中的制造业为主。从 2017 年的数据来看，金融业和房地产业的迅速发展，对其他产业部门带来了较大份额的投入量，一方面，这一定程度上促进了湖北省整体经济的发展，但另一方面，金融等行业的快速上涨对实体经济产生了排挤作用，<sup>[23] (p53-65)</sup>也出现了经济“脱实向虚”的担忧。

表 2 湖北省产业结构网络密度、关联性与聚集系数

| 年份         | 2002 年 | 2007 年 | 2012 年 | 2017 年 |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| 节点数        | 42     | 42     | 42     | 42     |
| 密度         | 0.869  | 0.857  | 0.842  | 0.940  |
| 平均距离       | 1.100  | 1.100  | 1.200  | 1.000  |
| 聚集系数（局部密度） | 0.897  | 0.881  | 0.860  | 0.941  |
| 聚集系数（传递性）  | 0.893  | 0.878  | 0.856  | 0.941  |
| 关联度        | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 1.000  |
| 等级度        | 0.048  | 0.000  | 0.000  | 0.048  |
| 网络效率       | 0.046  | 0.046  | 0.038  | 0.002  |

（三）节点数与网络密度

二值网络的密度指的是实际存在的连接与所有可能连接的比例，从湖北省 42 个产业部门的网络密度可以了解产业部门间资源的传播速度。首先将 2002 年、2007 年、2012 年和 2017 年投入产出数据进行二值化处理，然后对二值化数据矩阵进行密度计算，得到四个年份的网络密度，如表 2。

从湖北省产业网络结构的密度来看，2002 年至 2012 年，产业网络密度呈现下降趋势，到 2017 年，产业网络密度有较大幅度的提升。可能的原因是在产业结构升级中，经济服务化趋势增加，产业结构向着高级化与合理化趋势发展。<sup>[24] (p101-105)</sup>可见，产业结构合理化与高级化指数在 2002—2011 年基本呈现持续的下降趋势，从 2012 年开始，二者出现正向的变化趋势。特别是在 2015 年湖北省第三产业产值超过了第一产业与第二产业（2015 年产业结构高级化指数为  $1.007 > 1$ ，说明第三产业产值比重超过第二产业产值），这使得湖北省产业部门之间存在的直接连接数量存在上升趋势。整体而言，湖北省的产业网络密度都在 0.84 以上，说明湖北省 42 个产业部门之间的联系是非常紧密的。

#### （四）关联性和聚集系数

“小世界”是结合整体网络最短平均距离与高度“小团体”化领域的一种现象。因此，聚集系数与平均距离是描述小世界网络的重要参数，<sup>[25] (p493-527)</sup>聚集系数大、平均路径短的网络被称之为小世界网络。由表 2 可知，2002 年至 2017 年，湖北省产业网络的平均距离基本上都小于 1.2，说明网络距离很短，产业网络中任何两个节点之间仅需要一个节点就能相互联系。聚集系数从 0.897 到 0.941，整个网络高度聚集，产业部门之间的资源交流效率比较高。湖北省产业网络具有较短的平均距离和很高的聚集系数，说明其具有比较典型的小世界网络特征，而在具有小世界特征的网络中，信息、技术等资源的传播速度会更快，产业之间联系更为紧密，形成抱团趋势。另外，湖北省产业网络具有较高的关联度、较低的等级度与网络效率，说明湖北省产业网络中并没有出现产业的等级结构，即没有出现支配性的产业，并且产业网络的空间溢出效应相对较低。

#### （五）中心度与中心势

中心度是测量网络节点结构的重要指标，<sup>[26] (p638-665)</sup>它反映了在整个网络中哪些节点处于中心位置或临界位置。在产业结构网络中，某个产业部门的中心性越高，就意味着其离网络中心越近，就可以从网络中获得更高的权力、影响力等。<sup>[27] (p316-325)</sup>以产业部门作为节点衡量其度数中心度与中介中心度，可以明确湖北省产业部门之间的联系密度，解析出哪些产业处于中心地位或边缘位置，以及作为中间产业的能力。

从产业部门的中心度来看，2002 年，造纸印刷及文教用品制造业，化学产品业，通用设备制造业，专用设备制造业，交通运输设备制造业，通信设备、计算机及其他电子设备制造业、电力、热力的生产和供应业与其他社会服务业的出入度和中介中心度是相对较高的，这一定程度上说明这些产业在这一阶段的湖北省产业部门中占据重要的地位。而像废品废料、公共管理和社会组织、石油和天然气开采业与金属矿采选业等产业的出入度和中介中心度是很低的，说明这些产业在湖北省产业部门中处于边缘产业。另外，从整体产业网络的中心势（出度中心势 10.89%，入度中心势 10.89%，中介中心势 0.22%）来看，湖北省产业的集中趋势以及被少数产业部门控制的趋势不明显。

2007 年，度数中心度与中介中心度较大的产业部门有纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业，造纸印刷及文教体育用品制造业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，化学产品业，金属制品业，通用设备制造业，专用设备制造业，交通运输设备制造业等。与 2002 年变化不大，依然在湖北省产业部门中占据重要的位置。废品废料、公共管理和社会组织与金属矿采选业依然在湖北省产业部门中处于边缘产业。值得强调的是农林牧渔产品和服务业投入量少于消耗量（ $25 < 39$ ）而且整体数值不大，但该产业部门对产业网络资源的控制能力却比较强（14.538、0.886），与之相反，类似信息传输、计算机服务和软件业投入量大于消耗量（ $40 > 28$ ），对资源的控制能力也比较弱（0.859、0.052）。另外，从产业网络中心势（14.63%、12.14%、0.54%）角度，湖北省产业的集中趋势以及被少数产业部门控制的趋势仍不明显，但较 2002 年而言有所增强。

2012年，度数中心度与中介中心度都比较大的产业部门包括食品和烟草业、化学产品业、通用设备制造业、交通运输设备制造业、电气机械和器材制造业和交通运输、仓储和邮政业等。相比较2002与2007年，2012年出现了第三产业交通运输、仓储和邮政业，并且展现了与其他产业部门较强的交流能力和对资源的控制力。这一阶段金属矿采选产品业、废品废料业与卫生和社会工作行业则是湖北省产业部门中处于边缘的产业。从产业网络中心势（16.24%、13.74%、0.81%）角度，湖北省产业的集中趋势以及被少数产业部门控制的趋势依然不明显，但较前两个阶段而言有所增加。

2017年，度数中心度与中介中心度都比较大的产业部门包括造纸印刷和文教体育用品业，石油、炼焦产品和核燃料加工品业，化学产品业，非金属矿物制品业，金属制品业，交通运输设备制造业与电气机械和器材制造业。可以看出，从2002年至2017年，在湖北省产业部门中占据核心地位的产业依然是第二产业，这些产业与其他产业部门之间的关系频繁而紧密，并且对资源有着很强的控制能力，这也与湖北省制造业立省的现实相符合。需要突出的一个产业是研究和试验发展业，对其他产业的投入量远小于其消耗量，对资源的控制能力也比较弱。

整体而言，湖北省产业网络中第二产业，特别是制造业始终占据着网络的中心地位。通过计算，2002年至2017年湖北省产业网络中，中心度上升最快的产业包括燃气生产和供应业，石油和天然气开采业，农林牧渔产品和服务业，综合技术服务业，信息传输、计算机服务和软件业，金融业，纺织业，文化、体育和娱乐业，房地产业，卫生，社会保障和社会福利业，教育事业，食品制造及烟草加工业，非金属矿采选业，煤炭开采和洗选业以及建筑业等。这与湖北省现阶段经济发展是相符合的，表明这些产业正在向湖北省中心产业发展。另外，2002年至2012年中心势呈现上升趋势，但到了2017年中心势呈现出较大幅度的下降，这说明湖北省的产业网络向个别产业集中的趋势明显减弱，产业呈现多元化发展的趋势。

湖北省产业2002年至2017年中心度变化率最高的10个产业部门中，前三位是第二产业，后七位是第三产业，这也说明了湖北省第三产业发展的势头比较足。除此之外，作为湖北省中心度较高的产业，例如化工、交通运输设备制造等中心度变化不大，但仍然处于湖北省产业网络的中心位置。值得注意的是，通信设备、计算机及其他电子设备制造业，作为湖北省大力发展的行业，中心度却有所下降。

#### （六）凝聚子群分析

凝聚子群（Cohesive Subgroup）分析是用于揭示网络群体内部的组成结构，探索整体网络内部小团体聚集现象，并分析小团体之间关系的一种方法。<sup>[28] (p96-110)</sup>如果一个网络存在凝聚子群，并且凝聚子群的密度较高，则说明处于这个凝聚子群内部的节点之间联系紧密，在信息分享和合作方面交往频繁。

参考刘军<sup>[18]</sup>凝聚子群分析的步骤，首先对二值化后的数据进行成分（component）分析，在成分分析得到信息有限的情况下，对数据进行对称化处理，进行派系（cliques）分析，结果如图2。

2002年有比较明显的两个派系，第一个包括服装皮革羽绒及其制品业，造纸印刷及文教用品制造业、非金属矿物制品业，化学产品业，金属冶炼及压延加工业，金属制品业，通用设备制造业，专用设备制造业，交通运输设备制造业，通信设备、计算机及其他电子设备制造业，电力、热力的生产和供应业，水的生产和供应业，交通运输及仓储业，住宿和餐饮业，其他社会服务业；第二个包括木材加工及家具制造业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，电气、机械及器材制造业，仪器仪表及文化办公用机械制造业，邮政业，信息传输、计算机服务和软件业，批发和零售贸易业，金融保险业，租赁和商务服务业，旅游业，科学研究事业，教育事业，卫生、社会保障和社会福利业，文化、体育和娱乐业。可以看出第一个派系以第二产业为主，特别是金属化工、交通制造等行业为主，这也是湖北省的支柱型产业。第二个派系以第三产业为主，以金融、教育、卫生和部分制造业为主体。

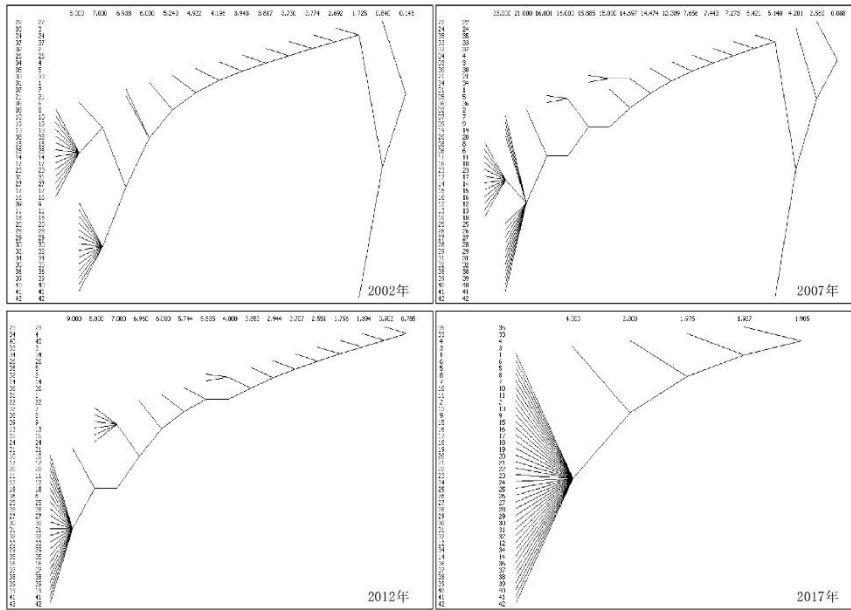


图2 湖北省产业网络派系图

2007 年有“两大一小”的派系。“两大”之一包括纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业，食品制造及烟草加工业、造纸印刷及文教体育用品制造业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，化学产品业，非金属矿物制品业，金属冶炼及压延加工业，金属制品业，通用设备制造业，专用设备制造业，交通运输设备制造业，电气机械及器材制造业，电力、热力的生产和供应业；另一个包括水的生产和供应业，建筑业，交通运输及仓储业，邮政业，信息传输、计算机服务和软件业，住宿和餐饮业，金融业，居民服务和其他服务业，教育事业，卫生、社会保障和社会福利业，文化、体育和娱乐业；“一小”包括纺织业，木材加工及家具制造业，通信设备、计算机及其他电子设备制造业，仪器仪表及文化办公用机械制造业。从组成派系的产业来看，仍具有比较明显的二、三产业区别。

2012 年有比较明显的“一大一小”派系，到 2017 年则是一个几乎包含全部产业部门的派系。可以看出，湖北省产业网络的派系格局变化幅度较大，但是整体上呈现“网络一体化”的格局，这与前文分析的保持一致，说明湖北省的产业网络的派系之分逐渐削弱，一体化趋势不断加强，各产业部门之间的投入产出流动更加频繁。也可以看出，2002—2020 年以来，湖北省的产业聚集指数呈现持续上升的趋势。产业一体化是区域经济一体化的基础和前提，也是推动城市圈联动发展、实现互利共赢的根本保障，<sup>[29] (p92-97)</sup>产业的聚集会给企业带来规模经济，以实现资源共享、减少资源浪费，对拉动经济增长有着积极的作用。<sup>[30] (p48-63)</sup>湖北省产业网络呈现出的一体化趋势对于湖北省长江经济带与汉江经济带一体化产业发展是一个积极信号。

综合以上分析可知，湖北省的产业结构整体呈现较好的发展势头，产业结构的合理化、高级化以及聚集程度在近 10 年均有所提高。但是就全国而言，湖北省的产业结构优化指数均低于全国平均水平。相较于北京（二、三产业产值比重 99.70%，二、三产业就业人数比重 97.79%）、上海（二、三产业产值比重 99.72%，二、三产业就业人数比重 98.03%）、浙江（二、三产业产值比重 96.65%，二、三产业就业人数比重 94.61%）、广东（二、三产业产值比重 95.74%，二、三产业就业人数比重 89.10%）等省份而言，湖北省二、三产业产值比重为 90.39%，第三产业产值与第二产业比值为 1.440，二、三产业就业人数比重 72.49%，其中第一产业就业人数甚至高于第二产业（2020 年湖北省第一产业就业人数 897 万人，第二产业就业人数 857 万人）。湖北省各州市的产业结构优化指数及湖北省产业结构优化指数变化趋势见图 3。

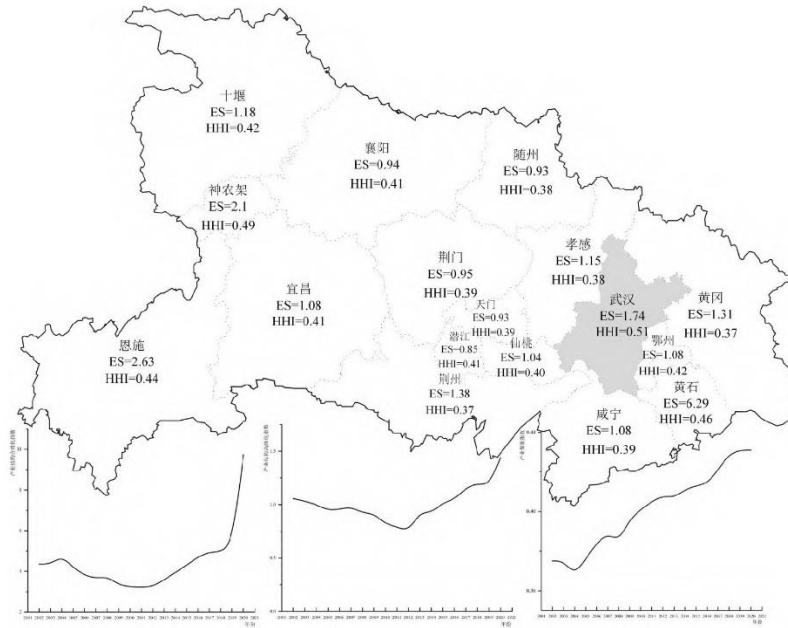


图 3 湖北及各市州产业结构优化指数

注：ES 表示产业结构高级化指数，HHI 表示产业聚集指数；下方三条折线图分别表示湖北省整体的产业结构合理化、高级化、产业聚集指数在 2002—2020 年的变化趋势。

### 三、结论与启示

本文借助社会网络分析（SNA）方法，以湖北省 2002 年至 2017 年投入产出表为数据来源，并辅以 2002—2020 年的产业结构相关数据，从网络密度、产业中心度和网络中心势、网络关联性与聚集系数、凝聚子群分析以及产业结构优化相关指数等角度深入剖析了湖北省产业网络中产业部门之间的联系与产业结构特征。研究发现：（一）湖北省产业结构仍然以第二产业，特别是冶金化工与制造业为主体，但出现了金融业和房地产业快速发展的现象，经济服务化显现，存在一定程度的“脱实向虚”趋势；（二）湖北省产业部门之间的联系非常紧密，具有明显的“小世界”网络特征，产业网络中并没有出现产业的等级结构，没有出现支配性产业，且产业网络的空间溢出效应相对较低；（三）湖北省产业网络向个别产业集中的趋势由增到减，产业呈现多元化发展的趋势，并且第三产业发展的势头比较迅猛；（四）湖北省产业网络的派系划分以二、三产业为主要区别点，但小团体趋势减弱，产业网络一体化趋势不断加强，各产业部门之间的投入产出流动更加频繁。

根据上述研究发现，本文认为政府在产业政策制定，以及产业布局安排方面，不仅需要根据湖北省现有阶段的产业结构与产业体系的整体特征，更加需要动态的、以网络化的视角，针对不同产业部门所处的网络特征及产业关联性，制定针对性的产业发展政策，提供针对性的产业支持。

第一，湖北省产业中冶金化工与制造业等中心地位比较显著，这些产业不仅对其他产业影响较大，而且受其他产业部门的波及也较大，具有制约因素大、波及效应强的特性。因此在制定政策时，不能“一刀切”，应该根据市场需求、能源供给等具体分析。

第二，政府鼓励实体产业进行实体投资和研发投资，提高实体经济活动的投资回报率，引导经济“脱虚向实”。<sup>[31] (674-77)</sup> 并且，要引导和规范金融创新，促进金融业服务于实体经济。

---

第三，湖北省的产业没有形成等级结构，即没有出现支配性产业。一方面，这说明湖北省产业的多元发展趋势，但另一方面也突出了湖北省没有显著的中心产业。2019年湖北省提出重点发展10大产业（集成电路、地球空间信息、新一代信息技术、智能制造、汽车、数字、生物、康养、新能源与新材料、航天航空），但现有数据表明，这些产业大多数并没有在湖北省产业网络中占据绝对的中心地位。因此，湖北省在建设重大科技基础设施和重大前沿技术研发平台、汇聚高端人才、造就一流创新团队、培育先进制造业龙头企业及产业集群等方面仍需要投入更多的资源。

第四，湖北省仍要坚持产业一体化的发展方向，不同区域间应该是差异的、有特色的、合理分工的布局，避免省内不同区域的内同质化竞争，使产业网络向共生互补的生态化方向发展。

#### 参考文献:

- [1]史丹,李鹏,等.产业结构转型升级与经济高质量发展[J].福建论坛(人文社会科学版),2020,(09).
- [2]Wang Y,Ke Y,et al.What is the Industrial Structure Changes of China?[J].Journal of Systems Science and Information,2020,(06).
- [3]Monaghan S,Lavelle J,et al.Mapping networks:Exploring the utility of social network analysis in management research and practice[J].Journal of Business Research,2017,(07).
- [4]Watts,Duncan J.The “New” Science of Networks[J].Annual Review of Sociology,2004,(01).
- [5]Zhou M,Wu G,et al.Structure and formation of top networks in international trade,2001-2010[J].Social Networks,2016,(01).
- [6]曾婧婧,温永林.中国高新技术风险投资空间布局与网络分析[J].科技进步与对策,2022,(01).
- [7]余典范,干春晖,等.中国产业结构的关联特征分析——基于投入产出结构分解技术的实证研究[J].中国工业经济,2011,(11).
- [8]周志光,石晨,等.Vis IOT:经济产业结构关联可视分析[J].统计研究,2019,(11).
- [9]杜华东,赵尚梅.中国产业结构变迁的实证研究——基于社会网络分析法的分析[J].管理评论,2013,(03).
- [10]邓世成,周先东.基于社会网络分析法的重庆市产业结构演变特征分析[J].西北民族大学学报(自然科学版),2018,(03).
- [11]马东,黎平,等.G7与BRIC产业结构网络演进特征研究[J].管理世界,2014,(08).
- [12]陈世荣,钟栋娜.社会网络分析方法UCI-NET的应用[M].北京:知识产权出版社,2019.
- [13]周游,吴钢.新中国地方财政支出的空间关联及其解释——基于复杂网络分析方法[J].统计研究,2021,(01).
- [14]Rodrigues F A.Network centrality:an introduction[M]//A mathematical modeling approach from nonlinear dynamics to complex systems.Springer,Cham,2019.

- 
- [15]杨春白雪, 曹兴, 等. 新兴技术合作创新网络演化及特征分析[J]. 科研管理, 2020, (07).
- [16]方大春, 裴梦迪. 我国省际高技术产业同构性的网络结构特征研究[J]. 当代经济管理, 2020, (02).
- [17]Yin H, Benson A R, et al. The local closure coefficient: A new perspective on network clustering[M]// Proceedings of the Twelfth ACM International Conference on Web Search and Data Mining. 2019.
- [18]刘军. 整体网分析——UCINET 软件实用指南(第三版)[M]. 上海: 格致出版社, 2019.
- [19]张红霞, 夏明, 等. 中国时间序列投入产出表的编制: 1981-2018[J]. 统计研究, 2021, (11).
- [20]杨文捷, 蒋晓阳, 等. 产业结构、宏观经济不稳定性与经济增长[J]. 统计与决策, 2022, (10).
- [21]Chen J, Xie L. Industrial policy, structural transformation and economic growth: evidence from China[J]. Frontiers of Business Research in China, 2019, (01).
- [22]Zhao Q, Niu M. Influence Analysis of FDI on China's Industrial Structure Optimization[J]. Procedia Computer Science, 2013, (17).
- [23]陈享光, 黄泽清. 金融化、虚拟经济与实体经济的发展——兼论“脱实向虚”问题[J]. 中国人民大学学报, 2020, (05).
- [24]何维达, 付瑶, 等. 产业结构变迁对经济增长质量的影响[J]. 统计与决策, 2020, (19).
- [25]Watts D J. Networks, dynamics, and the smallworld phenomenon[J]. American Journal of Sociology, 1999, (02).
- [26]Li M. Social network and social capital in leadership and management research: A review of causal methods[J]. The Leadership Quarterly, 2013, (05).
- [27]Sparrowe R T, Liden R C, et al. Social networks and the performance of individuals and groups[J]. Academy of Management Journal, 2001, (02).
- [28]白洁, 梁丹旎, 等. 中国与 G20 国家贸易关系的调整与优化[J]. 数量经济技术经济研究, 2018, (10).
- [29]雷欣. 武汉城市圈产业一体化的绩效评估与对策研究[J]. 武汉大学学报(哲学社会科学版), 2013, (01).
- [30]Brühlhart M, Sbergami F. Agglomeration and growth: Cross-country evidence[J]. Journal of Urban Economics, 2009, (01).
- [31]李顺彬. 我国经济“脱实向虚”的表现、成因与对策[J]. 新经济, 2020, (22).