

# “丝绸之路经济带”中国段区域协同网络核结构效应研究\*

肖雯雯, 赵炳新\*, 于振磊

(山东大学管理学院, 山东 济南 250100)

**内容提要:**从复杂网络视角看,“丝绸之路经济带”本质上是由产业网络和地区网络耦合而成的区域协同网络,其网络结构及其效应是研究经济带各地区相互影响的基础,也是制定“丝绸之路经济带”区域战略和战略实施路径的理论依据。本文以投入产出数据为基础建立了“丝绸之路经济带”(中国段)区域间产业网络模型,并以该网络核内产业关联为依据建立了“丝绸之路经济带”(中国段)区域网络模型。借助复杂网络分析方法,定义了区域间产业网络和区域网络核结构效应,实证研究了“丝绸之路经济带”中国段产业网络和区域网络核结构,并进一步分析了关键产业和重点城市在“丝绸之路经济带”发展中的地位、影响和作用。研究表明,“丝绸之路经济带”跨区域产业链培育的关键产业主要是矿产资源开发、钢铁冶炼加工、能源化工等传统产业,以及交通运输业、金融业和旅游业;“丝绸之路经济带”跨区域协同合作的重要城市主要是省会城市、自然资源丰富的城市和交通枢纽城市。同时,实证结果也表明,本文设计的模型和指标体系为研究“丝绸之路经济带”战略提供了新的有效的研究方法。

**关键词:**“丝绸之路经济带”;区域协同网络;核结构效应

**中图分类号:**F20 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2016)08—0029—10

## 一、引言

2013年习近平主席在出访中亚国家期间提出了共建“丝绸之路经济带”的重大战略构想,这被认为是顺应国际潮流的跨区域经济合作新模式,并成为新常态下中国经济发展的国家战略(胡鞍钢等,2014;何茂春、张冀兵,2013)。“丝绸之路经济带”是在地域分工基础上形成的不同层次和各具特色的区域经济合作网络(汪晓文,2015;刘卫东,2015),其实质是跨区域的产业链整合与区域协同,基础是区域间产业(产品)所存在的关联以及地区间的相互影响。因此,以目前地区间存在的产业关联和地缘关系为基础,重构优化跨区域产业链,提升区域间协同能力,进而形成跨区域的核心价值网

络,是实施“丝绸之路经济带”战略的核心。中国段西北地区的陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆五省(区),以及西南地区的重庆、四川、云南、广西四省(区、市)位于“丝绸之路经济带”的核心区,也是推动实施“丝绸之路经济带”的主体。因此,研究“丝绸之路经济带”中国段各省(区、市)区域间产业网络及其结构,进而研究各省(区、市)间相互影响及其协同,对推动“丝绸之路经济带”建设具有重要的理论和实际意义。

目前关于“丝绸之路经济带”的研究主要集中在区域产业合作(贵浩、张建伦,2014)、区域产业定位(龚新蜀、许晓莹,2015;郭爱君、毛锦凰,2015)、产业布局(郭爱君、毛锦凰,2014;于磊杰、徐波,2014)和城市空间联系(王东华等,2015;刘泽照等,

收稿日期:2016-04-25

\* 基金项目:国家自然科学基金项目“区域间产业关联网络模型构建及相关优化问题研究”(71371108)。

作者简介:肖雯雯(1989-),女,山东聊城人,博士研究生,研究方向是产业网络建模及应用,E-mail:xiaowenwen15141@163.com;赵炳新\*(1963-),男,山东诸城人,教授,博士生导师,研究方向是复杂网络与运筹优化,E-mail:zbx@sdu.edu.cn;于振磊(1978-),女,山东烟台人,博士研究生,研究方向是产业网络应用,E-mail:57125742@qq.com。\*为通讯作者。

2015;曹小曙等,2015)等领域,主要通过经济地理学研究的一般范式研究“丝绸之路经济带”产业间关联和地区间影响。与这类研究范式不同,本文基于产业网络理论,通过产业关联及其结构研究“丝绸之路经济带”区域间影响及其协同关系。产业网络理论的研究对象是产业间关联及其结构,其核心思想包括:(1)产业的关联关系及其结构可以用产业网络模型描述;(2)产业网络的某些特定结构,如基础关联结构、循环关联结构、核结构等,是形成区域竞争力的源泉(McNerney等,2013;Titze等,2011;Fidel,2006),实际上,产业集群、产业升级、全球价值链正是由于这些特定的结构,才成为重要的战略模式(Hidalgo等,2007;Gereffi,2009);(3)区域经济战略的基本单元不再是产业,而是产业网络上某个特定的产业链或具有某种特定结构的子网络(赵炳新、张江华,2013),如集群战略、蓝色经济战略等;(4)区域间产业网络的这些特定结构也是区域间相互影响的根源以及区域协同的源动力。从这一视角看,“丝绸之路经济带”本质上是由产业网络和区域网络耦合而成的区域协同网络,而区域经济与区域之间的协作规则是基于区域间产业网络和区域网络上具有某种特定结构的子网络确定的,这是研究实施“丝绸之路经济带”战略的关键。产业网络或区域网络上不同结构类型子网络所具有的影响一般用网络结构效应指标描述,如基础关联效应指标、循环结构效应指标、核结构效应指标等(赵炳新等,2015)。所谓核结构是指区域间产业网络或区域网络中密集程度最高的产业群或区域群形成的子网络,是形成产业集群和区域竞争力最重要的一类网络结构(赵炳新等,2016)。基于此,本文建立区域间产业网络模型和区域网络模型,定量计算产业及区域核结构效应,用以描述产业关联结构,并以此为基础分析中国段各省(区、市)在“丝绸之路经济带”上的地位、影响和作用。

本文以石敏俊等(2012)提出的中国30省、市(区)投入产出表为基础,建立“丝绸之路经济带”中国段区域间产业网络模型和区域网络模型,设计核结构指标体系,研究“丝绸之路经济带”中国段产业和区域核结构效应,并进一步分析产业关联结构和各省(区、市)在“丝绸之路经济带”发展中的地位、影响和作用。本文设计的方法和计算结果为制定“丝绸之路经济带”区域战略和战略实施路径提供

了定量依据,同时,研究结论也表明,本文设计的模型和指标为研究产业关联和区域协同发展提供了新的有效的研究方法。

## 二、研究方法 with 数据来源

### 1. 区域协同网络模型构建

区域协同网络是由区域间产业网络和地区网络耦合而成的复杂网络。本文分别构建区域间产业网络模型和地区网络模型,以此研究产业关联结构和地区间相互影响。

区域间产业网络以点对应产业,以边对应产业间关联,借鉴赵炳新(2011)产业网络建模方法,本文根据产业间强关联关系建立区域间产业网络模型。核结构是指产业网络中密集程度最高的产业(群)形成的网络结构(相雪梅、赵炳新,2016),本文利用产业网络核结构研究区域间产业网络中产业的聚集效应、层级性和辐射效应。

地区网络模型以区域间产业网络核内产业关联为依据,描述地区间因产业关联而产生的联系和相互影响。地区网络模型以点对应地区,以边对应地区间联系,建模原理及步骤如下:(1)根据国民经济行业分类与代码(GB/T 4754—2011)明确区域间产业网络核中各产业对应的企业类型,根据行政区划确定相关企业总部及主要分公司地区分布。(2)根据行政区划明确区域间产业网络覆盖的子地区数量,记为 $r$ ,设 $N_{k_{\max}} = N[V_{k_{\max}}]$ 为区域间产业网络的核, $E_{k_{\max}}$ 为 $N_{k_{\max}}$ 的边集, $v_i^{p(t)}$  ( $v_i \in E_{k_{\max}}, p = 1, 2, \dots, r, t \geq 0$ )表示产业 $v_i$ 在 $p$ 地区有 $t$ 个相关企业, $v_j^{q(s)}$  ( $v_j \in E_{k_{\max}}, q = 1, 2, \dots, r, s \geq 0$ )表示产业 $v_j$ 在 $q$ 地区有 $s$ 个相关企业,若 $v_i, v_j \in E_{k_{\max}}$ ,则 $p$ 地区和 $q$ 地区有边相连,因产业 $v_i$ 与产业 $v_j$ 存在关联而使 $p$ 地区和 $q$ 地区关联的程度记为 $w_{pq}^j = t \times s$ 。(3)建立地区关联强度矩阵 $H = (h_{pq})_{r \times r}$ ,  $h_{pq} = \sum_i \sum_j w_{pq}^{ij}$ 。以敏感性试算拐点的方式确定区域间关联的临界值,依据区域间强关联关系建立地区网络模型。

### 2. 核结构效应指标

区域产业包括地区和产业两重属性(刘玥、聂锐,2007),区域间产业网络的核结构可以反映产业间关联结构及地区间互相影响,地区网络模型可以进一步反映地区间关联强度及关联结构。本文分别基于区域间产业网络核结构和地区网络核结构

定义核结构效应,以此研究产业和地区关联强度及相互影响。

### (1) 区域间产业核结构效应指标。

① 核内产业聚集效应指标。设  $N$  是包含  $m \times n$  个产业的区域间产业网络,导出子网络  $N_{k_{\max}}$  为区域间产业网络的核。设区域间产业网络核中产业总数为  $n_{k_{\max}}$ ,区域间产业网络核中产业属于  $R$  地区的数量记为  $n_{k_{\max}}^R$  ( $R = 1, 2, \dots, m$ )。定义  $R$  地区核内产业聚集效应为:

$$CVE^R = \frac{n_{k_{\max}}^R}{n_{k_{\max}}} \bigg/ \frac{n_{k_{\max}}}{n \times m} \quad (R = 1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

② 核内产业关联层级效应指标。设区域间产业网络核  $N_{k_{\max}}$  的邻接矩阵为  $A = (a_{ij}^{RS})_{n_{k_{\max}} \times n_{k_{\max}}}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n_{k_{\max}}; R, S = 1, 2, \dots, m$ ),  $a_{ij}^{RS} = 1$  说明核内  $R$  区域  $i$  产业与  $S$  区域  $j$  产业间有边相连。区域间产业网络总边数为  $|E| = \sum_R \sum_S \sum_i \sum_j a_{ij}^{RS}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n; R, S = 1, 2, \dots, m$ ), 区域间产业网络核  $N_{k_{\max}}$  内边的总数为  $|E_{k_{\max}}| = \sum_R \sum_S \sum_i \sum_j a_{ij}^{RS}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n_{k_{\max}}; R, S = 1, 2, \dots, m$ ), 核内  $R$  区域产业与核内产业相连的总边数为  $|E_{k_{\max}}^R| = \sum_S \sum_i \sum_j a_{ij}^{RS}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n_{k_{\max}}; S = 1, 2, \dots, m$ )。定义  $R$  地区核内产业关联层级效应为:

$$CEE^R = \frac{|E_{k_{\max}}^R|}{|E_{k_{\max}}|} \bigg/ \frac{|E_{k_{\max}}^R|}{|E|} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n; R, S = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

③ 核内产业辐射效应指标。设  $V$  是区域间产业网络  $N$  的产业集,  $V_{k_{\max}}$  为区域间产业网络核  $N_{k_{\max}}$  的产业集,  $V_{k_{\max}}$  中产业数量为  $n_{k_{\max}}$ , 令核外产业集为  $\bar{V} = V - V_{k_{\max}}$ , 其中, 产业数量为  $\bar{n} = m \times n - n_{k_{\max}}$ 。定义区域间产业网络中产业间的邻接矩阵  $L(l_{ij}^{RS})$

$$L(l_{ij}^{RS}) = \begin{cases} 1 & R \text{ 地区 } i \text{ 产业到 } S \text{ 地区 } j \text{ 产业有边直接相连} \\ (i, j = 1, 2, \dots, n; R, S = 1, 2, \dots, m; R \neq S) \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

令区域间产业网络中核内产业对核外产业的邻接

$$H(h_{ij}^{RS}) = \begin{cases} l_{ij}^{RS} & (R \text{ 地区 } i \text{ 产业} \in V_{k_{\max}}, \\ S \text{ 地区 } j \text{ 产业} \in \bar{V}) \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

在此基础上定义  $R$  地区产业核辐射效应为:

$$CSE^R = \frac{\sum_S \sum_i \sum_j h_{ij}^{RS}}{\sum_R \sum_S \sum_i \sum_j h_{ij}^{RS}}$$

$$(i, j = 1, 2, \dots, n; R, S = 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

(2) 区域间地区网络核结构效应指标。设  $R$  是包含  $r$  个地区的区域网络,  $V$  是  $R$  的点集,  $E$  是  $R$  的边集。  $k$  为某个自然数, 对于任给定  $W \subseteq V$ , 当  $\delta(H_k) \geq k$  时,  $R$  的导出子网络  $H_k = (W, E|W)$  称为地区网络  $R$  的  $k$ -核。  $k$  值最大的核称为地区网络的主核, 记为  $R_{k_{\max}}$ , 地区网络主核中地区数量记作  $n_{R_{k_{\max}}}$ , 其对应点的集合记为  $V_{R_{k_{\max}}}$ 。令  $|E_{R_{k_{\max}}}|$  为地区网络核  $R_{k_{\max}}$  内边的实际数目,  $|E|$  为地区网络  $R$  中边的实际数目, 定义区域网络核关联效应为:

$$RC_E = \frac{|E_{R_{k_{\max}}}|}{|E|} \quad (4)$$

### 3. 数据来源

本文产业数据以石敏俊等(2012)提出的中国30省、市(区)投入产出表为基础,从中分离出“丝绸之路经济带”中国段西北五省(区)及西南四省(区、市)产业间投入产出数据。在中国30省、市(区)投入产出表中,各省市(区)有21个产业,投入产出表的中间流量矩阵是  $630 \times 630$  的方阵,从中分离出“丝绸之路经济带”中国段九省(区、市)中间流量数据。同时,拆分出九省(区、市)的增加值、最终使用等形成“丝绸之路经济带”中国段完整投入产出表。本文根据行政区划,选取地级城市构建区域网络模型,西北五省(区)共有51个地级行政单位,西南四省(区、市)有51个地级行政单位和重庆一个直辖市。此外,以“丝绸之路经济带”中国段九省(区、市)2015年的百强企业数据为依据,确定主要相关企业总部及其主要分公司在地级的地区分布,以此为基础研究地级城市之间的关联关系及关联强度。

### 三、实证研究与结果分析

“丝绸之路经济带”中国段西北五省(区)和西南四省(区、市)经济发展情况和经济发展特点不同,因此,本文分别建立西北五省(区)和西南四省(区、市)区域间产业网络模型和地区网络模型,计算网络核效应,在此基础上分析产业关联结构和地区间影响。

#### 1. 区域间产业核结构效应分析

根据区域间产业网络建模方法,分别确立西北五省(区)和西南四省(区、市)区域间产业网络模型,其中,西北五省(区)区域间产业网络有105个节点,727

条边,西南四省(区、市)区域间产业网络有84个节点627条边。根据定义分别计算西北五省(区)和西南四省(区、市)区域间产业网络的 $k$ -核。

(1)核内产业聚集效应与关联层级效应分析。  
西北五省(区)和西南四省(区、市)区域间产业网络

最大核度值均为10,最小核度值均为2,且西北五省(区)和西南四省(区、市)区域间产业网络核中均有40个产业。利用PAJEK软件将西北五省(区)和西南四省(区、市)区域间产业核结构可视化,如图1和图2所示。

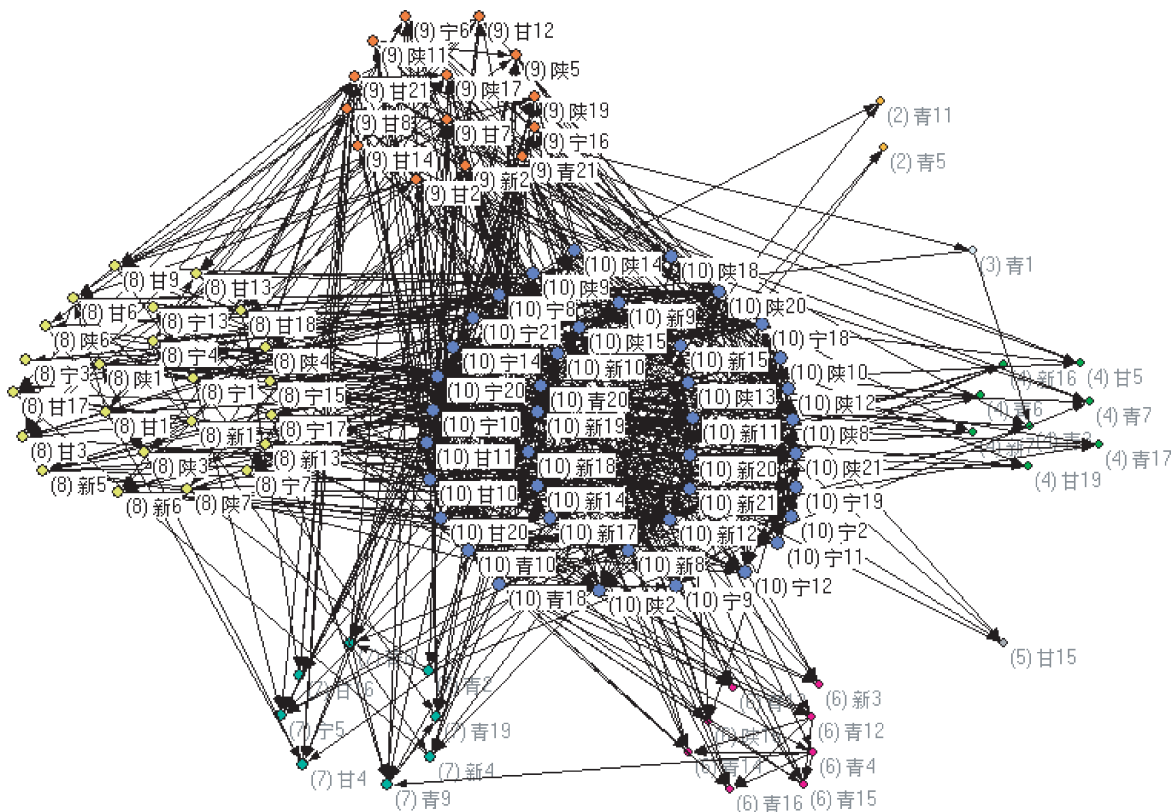


图1 西北五省(区)区域间产业核结构拓扑图

资料来源:本文绘制

从图1和图2可以看出,区域间产业网络的核是由关联程度最高的产业群形成的稠密区域。通过计算可知,西北五省(区)区域间产业网络核中有285条边,占西北区域间产业网络总边数的39%,西南四省(区、市)区域间产业网络核中有331条边,占西南区域间产业网络总边数的53%。在区域间产业网络中,核中产业关联层级最高,与其他产业存在紧密的联系,是决定产业网络结构和功能的重要产业群。此外,不同省(区、市)在核中产业的数量不同,如在图1中,陕西在核中的产业数量较多,青海较少;在图2中,四川在核中的产业数量较多,重庆较少。为进一步分析区域间产业网络中产业的核结构特征,定

量计算区域间产业核结构聚集效应指标,计算结果如表1所示。

由表1可以看出,西北五省(区)和西南四省(区、市)核内产业及产业关联差别很大。陕西、新疆和宁夏超过一半的产业位于西北五省(区)区域间产业网络的核中,四川和广西超过一半的产业位于西南四省(区、市)区域间产业网络中,是维持经济系统稳定和促进经贸往来的关键,在“丝绸之路经济带”建设中发挥着战略支撑作用。其他几个省(区、市)在区域间产业网络核中的产业少且关联弱,说明这些省(区、市)产业实力较弱,应加强产业区域合作,带动本省(区、市)经济发展的同时,促进“丝绸之路经济带”建设。

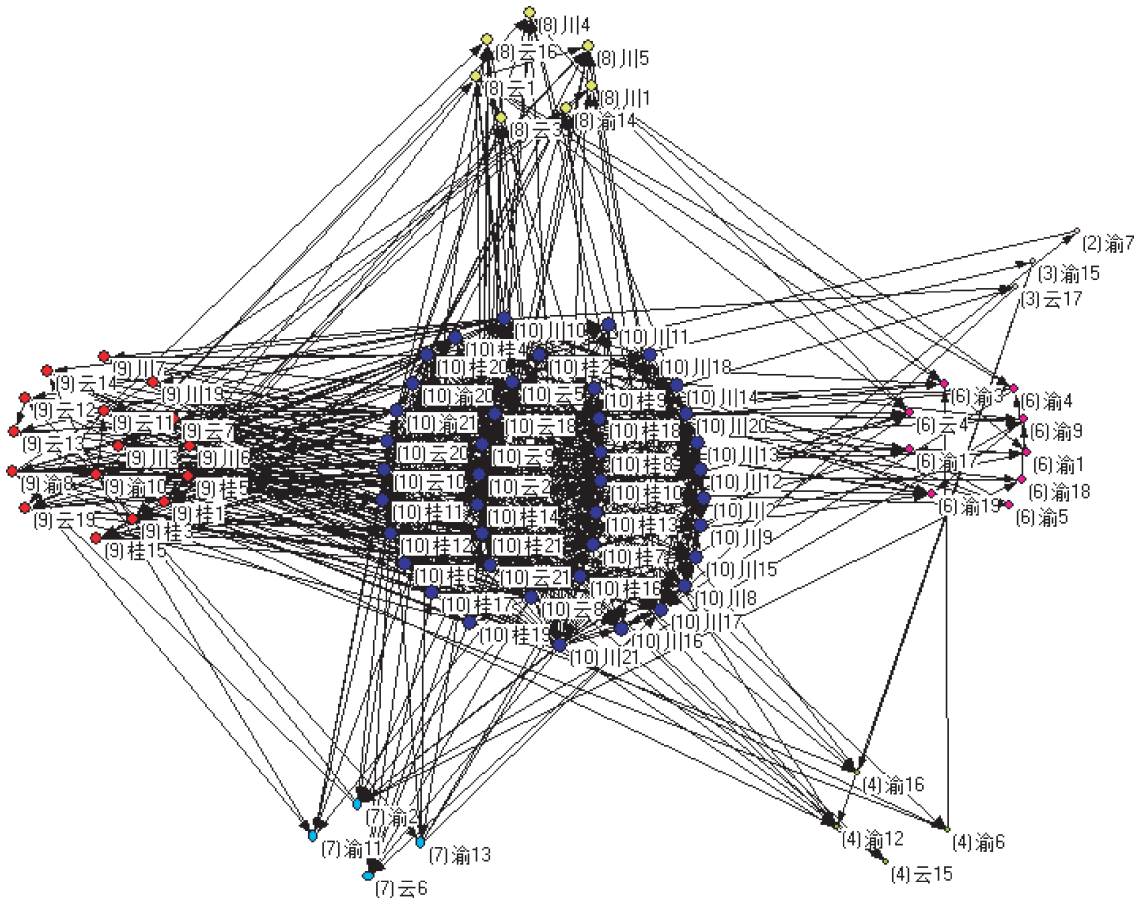


图2 西南四省(区、市)区域间产业核结构拓扑图

资料来源:本文绘制

表1 “丝绸之路经济带”中国段各省(区、市)产业核结构聚集效应

	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆	四川	重庆	广西	云南
核内产业数	11	3	3	11	12	13	2	17	8
核内产业聚集效应	0.72	0.2	0.2	0.72	0.79	0.68	0.11	0.89	0.42
核内产业关联层级效应	0.74	0.2	0.24	0.72	0.66	0.78	0.73	0.76	0.99

资料来源:本文整理

(2)核内产业辐射效应分析。研究区域间产业网络核结构辐射效应及辐射路径,有助于辨明不同省(区、市)产业特点及优势,识别产业结构脉络,进而研究地区间相互影响。西北五省(区)区域间产业网络核内产业到核外产业有231条边,西南四省(区、市)区域间产业网络核内产业到核外产业有190条边。本文根据区域间产业核结构辐射效应定义,计算西北五省(区)和西南四省(区、市)核结构辐射效应,找出各省(区、市)位于核内的具体产业,并明确核内产业对核外产业的辐射路径,如表2

所示。

由表2可以看出,对于西北五省(区),陕西产业核结构辐射效应最大,宁夏次之,新疆产业核结构辐射效应最小。尽管新疆核内有12个产业,但产业辐射范围和地域辐射范围都有限,只有五个产业对核外产业有直接辐射作用,且主要是辐射本地区产业,对其他省(区)产业影响较小。陕西核内产业对核外产业有较强辐射力,对其他四个省(区)71个产业有直接影响,如陕西的水泥、玻璃和陶瓷(9号)对甘肃的制造业(12号、13号、14号和16号)有

直接影响,陕西的运输业(20号)在甘肃、宁夏和新疆多个产业贸易往来中发挥着重要作用。宁夏核内有11个产业,虽然只有六个产业对核外产业有直接辐射力,但产业辐射范围和地域辐射范围都较广,如宁夏的采矿业(2号)直接为陕西和甘肃的石油加工产业(7号)提供初级原材料,宁夏的钢铁及有色金属冶炼加工(10号)直接为甘肃、青海和新疆的制造业(12号、13号、16号)和建筑业(19号)提供原材料。青海和宁夏只有三个产业在核内,虽然能辐射一些产业和地域,但辐射效

应仍较小。对于西南四省(区、市),四川核结构辐射效应最大,重庆核结构辐射效应最小。四川核内产业辐射力较强且辐射范围广,对其他三省(区、市)多个产业有直接影响,尤其是四川的服务业在加强西南四省(区、市)经贸联系方面发挥着重要作用。广西虽然核内产业有17个,但只有六个产业对外有辐射力,影响力较弱。在西南四省(区、市)中,重庆虽然经济较为发达,但毕竟行政面积小,影响力弱,在支撑西南经济发展中作用有限。

表2 “丝绸之路经济带”中国段各省(区、市)核内产业对核外产业的辐射路径

省份	辐射效应	核内产业	核内产业对核外产业的辐射路径
陕西	0.31	2, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 20, 21	陕2→(陕7, 陕17); 陕8→(陕1, 陕3, 陕4, 陕5, 陕6, 陕19, 宁4); 陕9→(甘2, 甘3, 甘12, 甘13, 甘14, 甘16, 甘17); 陕10→(陕11, 甘12, 甘14, 宁15, 新13); 陕12→陕19; 陕14→陕19; 陕15→(陕16, 甘16, 宁16); 陕18→陕4; 陕20→(甘2, 甘3, 甘6, 甘9, 甘12, 甘13, 甘14, 宁3, 宁4, 宁5, 新5, 新6); 陕21→(陕1, 陕3, 陕4, 陕5, 陕6, 陕7, 陕11, 陕16, 陕17, 宁3, 宁4, 宁5, 新16)
甘肃	0.12	10, 11, 20	甘10→(陕16, 陕19, 甘12, 甘14, 青6, 青12, 青13, 青17, 青19, 宁13, 新13); 甘11→(陕5, 陕16, 陕19, 甘12, 甘19, 宁16, 新5); 甘20→(甘2, 甘21, 新5, 新6, 新16)
青海	0.19	10, 18, 20	青10→(陕11, 陕19, 青12, 青13, 青14, 青15, 青16, 青19, 宁13, 青15, 青16, 新13); 青18→(陕5, 陕11, 陕16, 青3, 青4, 青5, 青8, 青9, 青11, 青12, 青14, 青15, 新4); 青20→(宁7, 新3, 新4, 新5, 新6, 新7, 新13)
宁夏	0.29	2, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 18, 19, 20, 21	宁2→(陕7, 甘7, 甘9, 甘17, 宁6, 宁7, 宁15); 宁8→(甘6, 甘14, 甘16, 宁1, 宁4, 宁5, 宁6); 宁9→陕19; 宁10→(甘16, 甘19, 青6, 青12, 青13, 青17, 宁15, 新13); 宁11→宁16; 宁12→(甘14, 宁13); 宁21→(宁6, 宁7, 宁13, 宁16, 宁17)
新疆	0.10	8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21	新8→(新1, 新5, 新6); 新10→(青6, 青13, 青17, 新13); 新18→(新2, 新4); 新20→(新3, 新5, 新16); 新21→(甘3, 甘4, 甘15, 甘17, 新1, 新2, 新3, 新4, 新5, 新6, 新13, 新16)
四川	0.31	2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21	川2→(渝8, 川7, 川19); 川8→(桂1, 桂3, 桂5, 川1, 川4, 川5, 川6); 川9→川19; 川10→(川15, 渝5, 渝11, 渝12, 渝13, 渝14, 渝16, 渝19, 川7, 川19, 云11, 云12, 云13, 云14, 云17, 云19); 川14→桂15; 川18→川7; 川20→(渝2, 渝8, 渝9, 渝14); 川21→(渝2, 川3, 川4, 川5, 川6, 川7, 川19, 云3, 云4, 云6, 云7, 云11, 云12, 云13, 云14, 云15, 云16, 云19)
重庆	0.12	20, 21	渝20→(桂5, 云7); 渝21→(桂1, 桂3, 桂5, 桂15, 渝2, 渝3, 渝4, 渝5, 渝8, 渝9, 渝11, 渝12, 渝13, 渝14, 渝15, 渝16, 渝17, 渝18, 川3, 川4, 川5, 川6, 川7, 川19, 云3, 云4, 云6, 云7, 云11, 云12, 云13, 云14, 云15, 云16, 云19)
广西	0.19	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21	桂7→(渝1, 渝19, 川19, 云16, 云19); 桂8→(桂1, 桂3, 桂5); 桂9→渝19; 桂10→(桂15, 渝11, 渝14, 云11, 云14); 桂11→桂15; 桂18→桂5; 桂20→(桂3, 桂5, 桂15, 渝2, 渝3, 渝5, 渝6, 渝8, 渝9, 渝10, 渝11, 渝12, 渝13, 渝14, 渝16, 渝17, 川3, 川5, 川6, 川7); 桂21→(桂3, 桂5, 桂15, 渝2, 川1, 川3, 川4, 川5, 川6, 川7, 川19, 云3, 云4, 云6, 云7, 云11, 云12, 云13, 云14, 云15, 云16, 云19)
云南	0.29	2, 5, 8, 9, 10, 18, 20, 21	云8→云16; 云10→(云14, 云17, 云19); 云21→(川6, 川7, 川19, 云3, 云4, 云6, 云7, 云11, 云12, 云13, 云14, 云15, 云16, 云19)

资料来源:本文整理



同时,从表 2 可以看出,西北五省(区)共有的核内产业是钢铁及有色金属冶炼加工(10 号)和运输业(20 号),其中,钢铁及有色金属冶炼加工业为西北地区 and “丝绸之路经济带”沿线地区的其他产业(如制造业、建筑业)提供了原材料,运输业为西北地区 and “丝绸之路经济带”沿线地区经贸往来提供了保障。此外,陕西的制造业发展迅速,有力支撑了“丝绸之路经济带”沿线地区的经济增长。与西北五省(区)不同,西南四省(区、市)共有的核内产业是运输业(20 号)和服务业(21 号),即第三产业是拉动西南四省(区、市)经济发展的重要产业。从以上分析可以看出,运输业(20 号)是影响区域间协同合作效率的重要产业,“丝绸之路经济带”建

设应以形成便捷、开放、高效、多层次综合交通体系为发展目标,大力发展交通运输业。

## 2. 区域间地区网络核结构效应分析

根据行政区划,本文选取地级城市构建地区网络模型,西北五省(区)共有 51 个地级行政单位,建立这 51 个城市间关联矩阵,过滤掉城市间较弱的关联边并去除孤立点后得到包含 33 个关键城市节点,214 条边的西北五省(区)地区网络模型。同样,西南四省(区、市)有 51 个地级行政单位和重庆一个直辖市,过滤掉城市间较弱的关联边并去除孤立点后得到包含 23 个关键城市节点,121 条边的西南四省(区、市)地区网络模型,并计算网络  $k$ -核,如图 3、图 4 所示。

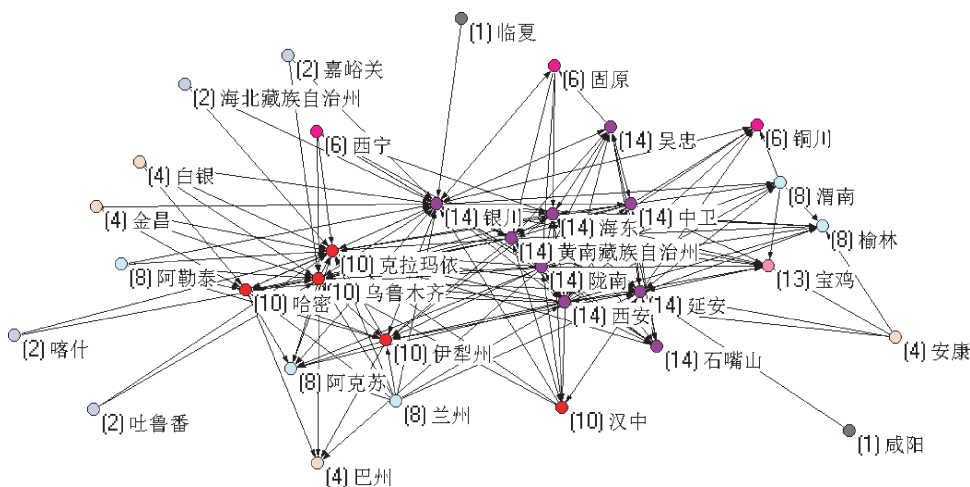


图 3 西北五省(区)地区网络核结构拓扑图

资料来源:本文整理

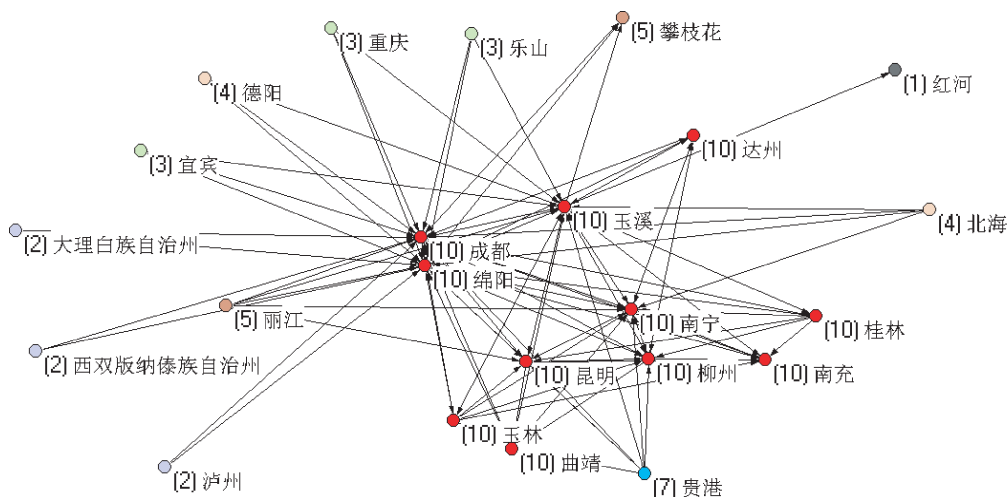


图 4 西南四省(区、市)地区网络核结构拓扑图

资料来源:本文整理

从图3和图4可以直观看出,不同城市关联层级不同,在地区网络中,由内向外城市关联度逐渐减弱;核内城市处于网络的中心,关联层级最高,辐射力最强。对于西北五省(区),地区网络核中有九个城市,核内边数有165条,核关联效应为77.10%,说明通过这九个城市可以连接西北五省(区)近80%的城市。西北核内的九个城市四个位于宁夏,两个位于陕西,两个位于青海,一个位于甘肃。核内省会城市西安、银川是西北区域发展的核心,是政治、经济和文化中心,城市集聚辐射能力强,对周边城市发展有较强辐射带动作用;核内城市石嘴山、吴忠、陇南、海东、延安和黄南藏族自治州自然资源丰富,如被称为“塞上煤城”的石嘴山拥有丰富的矿产资源(尤其是无烟煤),海东和陇南拥有丰富的矿藏资源和水能资源等,这些城市在西北地区发展中发挥着重要作用。同时,西安、延安、银川和中卫也是西北地区重要的交通枢纽城市,航空、铁路、公路和管道运输网络发达,是影响“丝绸之路经济带”区域协同合作效率的重要节点城市。对于西南四省(区、市),区域网络核中有11个城市,核内边数有83条,核关联效应为86.60%,说明通过这11个城市可以连接西南四省(区、市)近90%的城市。西南核内的11个城市四个位于四川,四个位于广西,三个位于云南。与西北核内城市构成结构类似,西南地区网络核内包括成都、南宁和昆明三个省会城市,绵阳、玉溪、曲靖、玉林等多个自然资源丰富的城市,南充、柳州、桂林和达州等交通枢纽城市,这些城市经济实力较强,与周边城市联系紧密,是连通西南地区的关键。

通过分析西北五省(区)和西南四省(区、市)地区网络核结构,可以看出省会城市、自然资源丰富的城市和交通枢纽城市是连通“丝绸之路经济带”的重要节点,这些城市通过物流、资金流、信息流和技术流等辐射周边城市,带动其发展。在推进“丝绸之路经济带”建设过程中,应充分发挥地区网络核内城市的聚集和辐射作用,带动“丝绸之路经济带”沿线地区发展,实现更大范围、更高水平、更深层次的区域合作。

#### 四、研究结论与政策建议

本文利用区域间投入产出数据,构建“丝绸之路经济带”中国段区域间产业网络模型,依据产业

关联关系建立区域网络模型,通过计算产业网络和地区网络核结构效应,分析关键产业和重要城市在“丝绸之路经济带”发展中的地位、影响和作用。实证结果显示,“丝绸之路经济带”跨区域产业链培育的关键产业主要是矿产资源开发、钢铁冶炼加工、能源化工等传统产业,以及交通运输业、金融业和旅游业;“丝绸之路经济带”跨区域协同合作的重要城市主要是省会城市、自然资源丰富的城市和交通枢纽城市。实证结果表明,本文设计的模型和指标体系为制定“丝绸之路经济带”区域战略和战略实施路径提供了定量依据,也为研究“丝绸之路经济带”战略提供了新的有效的研究方法。结合实证研究,本文提出以下政策建议:

近些年,“丝绸之路经济带”沿线各省(区、市)金融业、先进制造业等新兴产业发展迅速,已成为区域经济发展的优势产业,为“丝绸之路经济带”建设注入了新动力。同时,“丝绸之路经济带”沿线各省(区、市)旅游资源优势突出,旅游业发展潜力巨大,成为带动区域发展的新增长点。此外,传统能源产业虽然曾给区域经济带来巨大的资源红利,但受资源耗竭、生态破坏等因素影响,经济新常态下传统能源产业转型升级势在必行。为推进“丝绸之路经济带”建设,应立足于升级传统能源产业,培育壮大金融业、先进制造业等新兴产业,形成新兴产业的集聚效应和辐射效应,促进上下游产业链和关联产业协同发展,形成多点支撑、多元带动的产业集群,进而建立资源循环利用、产业高效链接的产业生态系统,最终形成区域综合竞争优势。

省会城市、交通枢纽城市、自然资源丰富(尤其是矿产资源丰富)的城市是形成和发展“丝绸之路经济带”的关键支撑点,如西北五省(区)的西安、延安、银川、陇南、海东等,西南四省(区、市)的成都、绵阳、南宁、昆明、玉溪等。这些城市辐射扩散能力强,通过物流、资金流、信息流和技术流等带动周边城市发展,是跨区域协同合作的关键节点。在推进“丝绸之路经济带”建设过程中,要构建核心城市带动、城市分布层次合理的城市群,充分发挥区域内关键城市的辐射扩散作用,带动“丝绸之路经济带”沿线地区发展,最终为“丝绸之路经济带”国外扩展形成强力支撑。

“丝绸之路经济带”战略规划要重视产业链设



计和城市群规划之间的系统性协同。如以西安、成都、昆明、绵阳等城市为主的城市群,不仅能通过地区关联带动周边城市发展,而且有助于跨区域产业链培育优化。因此,“丝绸之路经济带”城市群建设

需充分考虑产业间关联与产业链演化规律,产业链设计也应重视城市战略功能定位,在此基础上,培育优化跨区域产业链,提升区域协同能力,进而形成跨区域的核心价值网。

#### 参考文献:

- [1] Aroche F. Trees of the Essential Economic Structures;a Qualitative Input-Output Method[J]. Journal of Regional Science, 2006,46,(2):333-353.
- [2] Gereffi G. Development Models and Industrial Upgrading in China and Mexico[J]. European Sociological Review,2009,25,(1):37-51.
- [3] Hidalgo C A,Klinger B,Barabási A L,et al. The Product Space Conditions the Development of Nations[J]. Science,2007,317,(5837):482-487.
- [4] McNeerney J,Fath B D,Silverberg G. Network Structure of Inter-Industry Flows[J]. Physica A:Statistical Mechanics and its Applications,2013,392,(24):6427-6441.
- [5] Titze M,Brachert M,Kubis A. The Identification of Regional Industrial Clusters using Qualitative Input-Output Analysis (QIOA)[J]. Regional Studies,2011,45,(1):89-102.
- [6] 曹小曙,李涛,杨文越,等. 基于陆路交通的丝绸之路经济带可达性与城市空间联系[J]. 北京:地理科学进展,2015,(6).
- [7] 龚新蜀,许晓莹. 丝绸之路经济带背景下新疆优势产业选择研究[J]. 武汉:科技进步与对策,2015,(8).
- [8] 贵浩,张建伦. 推动丝绸之路经济带产业合作探讨[J]. 福州:亚太经济,2014,(6).
- [9] 郭爱君,毛锦凰. 丝绸之路经济带:优势产业空间差异与产业空间布局战略研究[J]. 兰州大学学报(社会科学版),2014,(1).
- [10] 郭爱君,毛锦凰. 丝绸之路经济带建设中的我国节点城市产业定位与协同发展研究[J]. 西安:西北大学学报(哲学社会科学版),2015,(4).
- [11] 何茂春,张冀兵. 新丝绸之路经济带的国家战略分析——中国的历史机遇、潜在挑战与应对策略[J]. 北京:人民论坛·学术前沿,2013,(12).
- [12] 刘卫东. “一带一路”战略的科学内涵与科学问题[J]. 北京:地理科学进展,2015,(5)
- [13] 刘玥,聂锐. 基于网络的跨区域产业联动动力机制分析[J]. 徐州:能源技术与管理,2007,(5).
- [14] 刘泽照,黄杰,陈名. 丝绸之路经济带(中国段)节点城市空间差异及发展布局[J]. 重庆理工大学学报(社会科学),2015,(5).
- [15] 石敏俊,张卓颖等. 中国省区间投入产出模型与区际经济联系[M]. 北京:科学出版社,2012.
- [16] 汪晓文. “丝绸之路经济带”建设中的产业合作研究[J]. 太原:经济问题,2015,(5).
- [17] 王东华,张仲伍,高涛涛,史雅洁,任秀芳. “丝绸之路经济带”中国段城市潜力的空间格局分异[J]. 兰州:中国沙漠,2015,(3).
- [18] 相雪梅,赵炳新. 产业网络核的空间效应及指标体系——以上海市为例[J]. 昆明:经济问题探索,2016,(1).
- [19] 于磊杰,徐波. 丝绸之路经济带:西北三省基于资源禀赋优势的产业体系布局研究[J]. 北京:未来与发展,2014,(10).
- [20] 赵炳新,杜培林,肖雯雯,等. 产业集群的核结构与指标体系[J]. 北京:系统工程理论与实践,2016,(1).
- [21] 赵炳新,肖雯雯,佟仁城,张江华,王莉莉. 产业网络视角的蓝色经济内涵及其关联结构效应研究——以山东省为例[J]. 北京:中国软科学,2015,(8).
- [22] 赵炳新,尹翀,张江华. 产业复杂网络及其建模——基于山东省实例的研究[J]. 北京:经济管理,2011,(7)
- [23] 赵炳新,张江华. 产业网络理论导论[M]. 北京:经济科学出版社,2013.

**Research on Regional Coordination Network Nucleus Structure Effect of “Silk Road Economic Belt”**

XIAO Wen-wen, ZHAO Bing-xin, YU Zhen-lei

(School of Management, Shandong university, Jinan, Shandong, 250100, China)

**Abstract:** Over 30 years of reform and opening up, China's economy has maintained a rapid and steady growth, becoming the world's second largest economy. In the 21st century, the global economy is undergoing profound adjustment and international situations are getting more complex. Against this background, “Silk Road Economic Belt” is proposed by President Xi Jinping in 2013, which is considered to be a response to the need for development and cooperation among Asian and European countries. “Silk Road Economic Belt” represents an important strategic deployment of China in “new normal” and is of great importance in carrying out the strategy of developing west China. From the perspective of complex network, “Silk Road Economic Belt” in fact is the regional coordination network coupled by the industrial network and regional network. Its network structure and its effect are the foundation in studying mutual influences among different regions of the economic belt, which also serves as the theoretical support for establishing “Silk Road Economic Belt” regional strategy implementation path. The Chinese section of “Silk Road Economic Belt” includes nine provinces, which are key regions in building “Silk Road Economic Belt” and promoting western economic development. The interregional industry network and regional network are potential sources of information on industries linkage and mutual influences among regions. To realize this potential, analytical tools must be applied to this network. This paper extends the use of graph theory and network science to the study of interregional industry network and regional network in “Silk Road Economic Belt”, which is an area that hitherto excluded empirical analysis.

Interregional industrial network is an effective tool for transforming an economic structure into a directed graph plotting every industry as a vertex, and an arc represents relationship between industries. Zhao Bingxin has suggested that network theoretic procedures—in which all industries belong to one region—be extended to interregional industrial network analyses in which industries belong to different regions. Such an extension is achieved in this paper. In this paper, interregional industry network is firstly established using interregional input-output table of 30 Chinese provinces (cities) by Shi Minjun published in 2012. Subsequently, a method of finding the nucleus substructure of the network is designed. Then, the regional network model based on the intra-nucleus industrial relationship is established and the index system to quantize importance of industries and regions is presented, and the empirical analysis of industrial network and regional network nucleus structure in the Chinese section along the “Silk Road Economic Belt” is finally studied.

The empirical results reveal that resource industries, such as the exploitation of mineral resources, transportation industry, financial industry and tourist industry are the key industries in cultivating trans-regional industry chain. Provincial capitals, traffic hub cities and cities featuring abundant natural resources are the key cities in constructing trans-regional city cluster. To promote the construction of the “Silk Road Economic Belt”, we should upgrade traditional energy industry, cultivate and strengthen such emerging industries as financial industry and advanced manufacturing industry. Besides, to construct the trans-regional city cluster, attention should be paid to industry linkage and trans-regional industry chain. In addition, the empirical results have shown that the method proposed in this paper is able to give us important information about the linkage among industries and the influences among different regions in “Silk Road Economic Belt”. It yields valuable data for arranging a policy program and our approach may be used to study regional cooperation and development strategy in future.

**Key Words:** Silk Road Economic Belt; regional coordination network; nucleus structure effect

(责任编辑:月 才)