



产业网络上的几类模型

陈效珍 赵炳新 © 著



经济科学出版社
Economic Science Press



产业网络上的几类模型

陈效珍 赵炳新 © 著



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

产业网络上的几类模型 / 陈效珍, 赵炳新著.
—北京: 经济科学出版社, 2015. 3
ISBN 978-7-5141-5543-3

I. ①产… II. ①陈…②赵… III. ①产业结构-网络化-研究-中国 IV. ①F121.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 046011 号

责任编辑: 段 钢
责任校对: 王肖楠
责任印制: 邱 天

产业网络上的几类模型

陈效珍 赵炳新 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010-88191217 发行部电话: 010-88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http://jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京万友印刷有限公司印装

710×1000 16 开 12.5 印张 200000 字

2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5141-5543-3 定价: 42.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010-88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010-88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

前 言

产业网络是一个由产业部门以及它们之间的关联关系组成的有向图，其中，产业部门对应于顶点，它们之间的关联关系对应于有向边（弧）。产业网络描述了产业部门之间的关联关系及关系结构，其相关概念及指标，不仅可以描述产业关联的特征和规律，而且可以描述经济运行的质量和竞争力。对产业网络的研究，已有成果多侧重于产业网络的构建。如果以图与网络或者复杂网络理论中的某些特殊子图或指标为基础，遴选描述产业网络的指标并研究其经济内涵，对于挖掘产业网络的深层结构特征具有一定的意义。本书在构建产业网络的基础上，采用图与网络等研究方法，从几个角度研究了产业网络上的几类模型，并对这几类模型进行了实际的应用分析。

第一，本书研究了产业圈度和圈长分布，描述产业网络的循环结构。产业部门间的循环是区域经济的重要特征，也是形成区域竞争力的重要结构因素，循环结构是产业网络的重要结构。为了分析产业网络的循环结构，本书

研究了产业圈度和圈长分布的内涵，将它们视为描述循环结构的重要指标。产业圈度是过一个产业部门的产业圈数量，描述了产业部门间的多向循环关联，体现了产业部门在循环中的作用；圈长分布是一个产业对应于每个圈长的圈度。一个产业部门的圈度越大，它所影响的产业圈越多，在经济系统中的作用越突出。为了计算产业网络中各产业部门的圈度，本书设计了产业圈度的算法，并将其应用于山东、江苏和广东三省的产业网络。计算实例表明，产业圈度可以作为一个独立的指标从产业循环视角定量描述产业部门的重要性，反映区域产业关联结构的特征。为描述产业部门在循环过程中的所经过的具体循环路径的数目，本书在产业圈与产业圈度的基础上提出了广义产业圈度和广义产业圈分布的概念，研究了广义产业圈度的计算方法，并计算了山东、江苏和广东三省的广义产业圈度，与三省的产业圈度进行了比较。为进一步验证产业圈度的有效性，本书计算并比较了美国、欧盟、日本和中国四个经济体的产业圈度和广义产业圈度。计算结果表明，产业圈度作为一类结构性指标，不同于其他显性指标，可以描述同一区域内不同的产业部门在循环过程中的作用，也可以表现不同区域的经济结构特征。

第二，本书研究了产业网络的基础关联结构。作为一种重要的局域关联，最大生成树（林）能够以最少的关联最大限度地揭示产业网络中的基本扩散路径，是产业网络的基础关联结构。产业网络中每条弧的关联强度不同，每

条道路（或半道路）的扩散能力也不相同。产业网络的最大生成树，是指连通产业网络（或子网络）中的连通子图，它包含最少的关联边，且所有边的关联强度之和最大。本书在投入产出模型和产业网络模型的基础上，构建了赋权产业网络模型，将产业网络的最大生成树（林）定义为产业基础关联树（林），作为系统的基础支撑结构。对于每一个产业部门，从产业网络中找到能最大限度地反映其与系统的关联关系，即最大权弧，代表它与系统的关联，所有产业部门及其代表性关联弧就构成了产业基础关联树（林）。基于此，本书以 Kruskal 算法为基础，设计了确定产业基础关联树的算法，并将其应用于山东省和江苏省。应用实例表明，产业基础关联树以最少的关联关系，最大限度地反映了区域的产业关联结构特征。从产业基础关联树中可以进一步提炼出中心与形心等指标描述关联树的结构特征。

第三，当研究涉及更宽的范围、更广的视角时，可以以产业网络为基础，丰富产业关联的内涵，构建更多种类的衍生网络，如产业旁侧关联网络、产业碳关联网络等。本书首先在产业网络的基础上，提出产业旁侧关联网络的概念及构建方法。产业旁侧关联是产业关联的一种类型，它既不是前向关联，也不是后向关联，而是基于它们而衍生出的关联。虽然是衍生的关联，但许多学者认为它是一种重要的关联，在确定关键产业（群）等问题时具有重要意义。由于已有方法的局限性，关于产业旁侧关联理论与

应用的研究一直比较薄弱。本书在产业网络的基础上，将旁侧关联分为协同型旁侧关联和竞争型旁侧关联两大类，分析了它们的内涵，设计了构建两类产业旁侧关联网络的方法，提出了旁侧关联度的概念，描述产业部门和产业结构的旁侧关联特征。进一步地，本书构建了山东省和广东省的产业旁侧关联网络，计算了两省产业旁侧关联度。计算实例表明，产业旁侧关联网络可以描述一个产业部门与其他产业部门间的旁侧关联的类型和强度，反映区域的经济结构特征。

另外，以 CO_2 为主的温室气体排放问题引起人们越来越多的关注。一般说来，产业部门在生产过程会释放 CO_2 。一个产业部门的生产需要多个产业部门的投入，这种需求促使供给部门排放了更多的 CO_2 ，产业部门之间因产品关联而形成了碳关联，所有产业部门之间的这种碳关联使它们构成一个网络，即产业碳关联网络。本书提出产业碳关联系数的概念，在其基础上设计了构建产业碳关联网络的方法，并构建了中国产业碳关联网络，分析了中国各个产业部门之间的碳关联路径，识别了主要的碳排放部门和责任部门，为 CO_2 的减排等工作提供依据。

本书的主要创新点体现在以下几个方面：

(1) 在产业网络模型的基础上，提出产业圈度和圈长分布描述产业循环结构，设计了计算产业圈度的算法，描述各产业部门在循环过程中的作用，反映区域经济结构特征和竞争优势。同时提出广义产业圈度的概念，并设计了

计算方法,描述各产业部门在实际循环过程中所经过的循环通道的数目。

(2) 在产业网络模型的基础上,扩展了产业关联的内涵,提出了市场协同型和资源竞争型两类旁侧关联的概念,分析了产业旁侧关联的内涵,并设计了构建两类产业旁侧关联网络的方法,提出了产业旁侧关联度的概念,以描述各产业部门的旁侧关联特性,描述行为主体之间的关系。

(3) 提出了产业碳关联系数的概念,设计了构建产业碳关联网络的方法,以分析各个产业部门之间的碳关联路径,识别主要的碳排放部门和责任部门。

产业网络是研究产业关联结构的模型,产业网络上不同的关系结构具有独特的经济内涵,表现了区域经济的特征。本书对产业网络上的几类模型的研究,为人们研究产业结构相关的问题提供了依据,丰富了产业关联理论,对于深入研究产业集群、产业结构升级、产业竞争力以及区域战略等问题具有一定的理论和实践意义。

作者

2015 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 研究现状及评述	4
1.2.1 产业网络模型构建	5
1.2.2 产业网络的相关分析	21
1.3 技术路线与研究方法	22
1.4 本书创新点及研究意义	25
1.4.1 创新点	25
1.4.2 研究意义	25
1.5 本书组织结构	26
第 2 章 产业网络建模及相关概念	28
2.1 产业关联修正影响系数	29
2.1.1 产业关联修正影响系数的概念	30
2.1.2 计算方法	33
2.1.3 计算实例及分析	39

2.1.4 结论	50
2.2 产业网络模型的构建和“蝴蝶结”结构表示	50
2.2.1 产业网络建模	50
2.2.2 产业网络的“蝴蝶结”结构表示	53
2.2.3 结论	62
2.3 产业网络分析的基本概念及指标体系	62
2.3.1 产业网络分析的基本概念	62
2.3.2 产业网络关联分析指标体系	67
2.3.3 结论	73
2.4 本章小结	73
第3章 产业圈度和圈长分布	76
3.1 产业圈及产业圈度	77
3.1.1 产业圈、产业圈度的内涵	77
3.1.2 产业圈度与圈长分布的算法设计	81
3.1.3 实例分析	88
3.1.4 结论	93
3.2 广义产业圈与广义产业圈度	94
3.2.1 广义产业圈与广义产业圈度的概念	94
3.2.2 广义产业圈度的计算	95
3.2.3 实例分析	96
3.2.4 结论	98
3.3 美国、欧盟、日本和中国的循环结构比较分析	99
3.3.1 产业网络的创建	100

3.3.2 美国、欧盟、日本和中国的产业圈度和广义产业圈度	103
3.3.3 结论	113
3.4 本章小结	114
 第4章 产业基础关联树	116
4.1 产业基础关联树(林)及相关概念	118
4.1.1 产业基础关联树(林)	119
4.1.2 根产业、第一子产业和叶产业	120
4.1.3 道路与半道路	121
4.2 产业基础关联树的算法	122
4.3 山东、江苏两省产业基础关联树的识别与比较	127
4.3.1 权重	129
4.3.2 直径及通道、半通道	130
4.3.3 中心与形心	131
4.3.4 根产业、第一子产业及星形子图的中心产业	132
4.4 结论	133
4.5 本章小结	134
 第5章 产业衍生网络	135
5.1 产业旁侧关联网路	136
5.1.1 产业旁侧关联网路模型的构建	137
5.1.2 产业旁侧效应	141

5.1.3 计算实例	143
5.1.4 结论	152
5.2 产业碳关联网络	153
5.2.1 产业碳关联系数	154
5.2.2 产业碳关联网络	156
5.2.3 中国产业碳关联网络	158
5.2.4 结论	163
5.3 本章小结	164
 第6章 结论与展望	 166
6.1 主要结论	166
6.2 研究展望	168
 译名对照表	 170
附录 产业代码与产业名称	172
参考文献	174

第 1 章

绪 论

1.1 引 言

产业网络是描述产业部门之间关联关系的有向图，其中，产业部门对应于有向图的顶点，产业部门之间的关联关系对应于有向边（弧）。在一个经济体系中，产业（产品）之间存在着复杂、广泛而密切的技术经济联系，即产业关联（Industry Linkage）。产业网络以二元关系的结构为研究对象，多层次、多维度地描述了产业关联的特征及其效应，为研究与产业关联结构相关的深层问题提供分析依据。现代管理中的一些热点问题，如产业集群、产业结构升级、产业竞争力以及区域非均衡战略等问题，可视为以产业网络为基础所进行的某种意义下的优化与重构。因此，研究产业网络以及其上的基本模型具有越来越重要的理论和实践意义。

一般说来，投入产出表是构建产业网络的基础。投入产出分析是研究产业关联的经典方法，人们常常利用中间消耗流量矩阵以及

由其转化而来的系数矩阵（如消耗/分配系数矩阵等）、各类波及系数、乘数等描述产业关联。然而，它们很难表达产业关联的结构特征，各类系数矩阵描述了个体之间的关联，信息比较分散，而各类波及系数、乘数描述了个体与整体的关系，信息比较集中。基于此，自20世纪70年代起，有些学者尝试根据二元关系矩阵，引入图与网络理论研究产业关联。

产业网络研究一般围绕着网络模型的构建和分析两方面进行。从模型的构建看，产业部门之间的连边规则——即阈值的确定是研究的重点。早期的研究常由投入产出量值（或系数）矩阵确定，量值大于0则对应的顶点间连边，否则顶点间没有边相连^①。随着研究的不断深入，人们更倾向于选择特定的临界值为阈值，临界值的选取存在着根据经验确定外生临界值^{②③④}和根据计算确定内生临界值^{⑤⑥}的两类方法。

对产业网络的分析是产业网络研究的重要内容，有些学者利用图与网络理论与复杂网络理论中的部分指标，如直径、度分布、连通百分比、节点的中心性、聚类系数等描述产业关联结构特征；还

① Campbell J. Growth Pole Theory, Digraph Analysis and Interindustry Relationships [J]. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 1972, 63: 79-87.

② Campbell J. Application of Graph Theoretic Analysis to interindustry Relationships [J]. *Regional Science and Urban Economics*. 1975, 5: 91-106.

③ Aroche-Reyes F. Important Coefficients and Structural Change. A Multi-layer Approach [J]. *Economic Systems Research*, 1996, 8: 235-246.

④ 赵炳新. 产业关联分析中的图论模型及应用研究 [J]. 系统工程理论与实践, 1996, 16 (2): 39-42.

⑤ Schnabl H. The Evolution of Production Structures Analyzed by a Multi-Layer Procedure [J]. *Economic Systems Research*, 1994, 6: 51-68.

⑥ 赵炳新, 尹翀, 张江华. 产业复杂网络及其建模研究——基于山东省实例的分析 [J]. 经济管理, 2011, 7: 139-148.

有的学者试图分析网络中的部分子图,如 Aroche-Reyes^①提出使用产业最大权支撑出树识别产业网络基础结构;赵炳新等^②提出产业圈度描述产业部门在循环结构中的作用等。这些研究成果丰富了产业关联的内涵,深化了对产业关联结构及其特征的认识。

尽管如此,人们对于产业网络的分析尚处在起步阶段,产业网络上的一些模型尚未得到很好的认识和利用。为了挖掘产业网络深层次信息,描述产业关联的特征及规律,进而描述区域经济运行质量及区域竞争力,本书在已有研究的基础上,从以下几个方面做了进一步研究:

(1) 在已有建模方法的基础,提出了基于虚拟消去法 (HEM) 计算产业关联修正系数,确定产业关联关系,从而构建产业网络模型的方法,并对产业网络的表示设计了蝴蝶结结构表示法。

(2) 在产业网络的基础上,提出了产业圈度和圈长分布模型、基础关联树 (林) 模型,这些模型为研究产业网络上的循环结构、基础关联结构奠定了方法基础。循环结构描述了产业部门之间的多向循环关联,其任意两个产业部门之间存在着相互可达的有向路,即每个产业部门存在到自身的回路,内部循环性使循环结构在产业网络中处于重要地位。基础关联结构是产业网络的基本支撑结构,它建立在赋权网络的基础上,以最少的关联最大限度地表现了产业网络的扩散特征。

计算实例也表明,这些模型及指标可以描述产业网络的循环结构以及基础关联结构等,体现产业部门的地位,解释区域的竞争力。

^① Aroche-Reyes F. Trees of the Essential Economic Structures: A Qualitative Input—output Method [J]. *Journal of Regional Science*, 2006, 46 (2): 333—353.

^② 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.

(3) 在产业网络的基础上,丰富了产业关联的内涵,提出两类新型网络:产业旁侧关联网络和产业碳关联网络。将这些网络进一步延伸,可以得到更多意义的网络,如劳动力关联网络等。这两类网络作为产业网络的衍生网络,扩展了产业网络的应用领域,为解决更多的实际问题提供依据。

产业旁侧关联是一种重要的关联形式,但由于缺乏具体的分析技术,对这类关联的含义、种类、大小以及所涉及的产业部门等现有研究没有细致的描述。本书在产业网络的基础上,构建了产业旁侧关联网络,分析产业部门的旁侧关联特征。产业碳关联网络描述了产业部门之间碳关联,进而得到碳的主要排放部门和责任部门,为 CO_2 的减排等问题提供依据。

本书通过研究产业网络上的这几类模型,遴选相关指标并研究其经济内涵,将它们应用于不同区域,丰富了产业关联理论,也为研究关键产业(群)、产业集群、产业竞争力、产业结构升级以及区域经济的非均衡发展战略等问题提供了具体的理论依据。

1.2 研究现状及评述

20 世纪 70 年代,有学者提出使用产业网络模型研究产业关联,其基本思想是将一个区域的各产业部门视为一个相互关联的系统,以投入产出表为基础,以图与网络为工具,依据产业部门之间的关联关系建立模型。在建模时,产业(产品)对应于网络中的顶点,顶点间是否存在边(弧)由产业部门间的关联关系决定。因此,构建产业网络模型,关键是确定产业部门间的连边(弧)规则。有些学者将产业关联关系等同于投入产出关系,认为产业部

部门间投入产出的量值大于0就存在关联,也有些学者认为只有产业部门间的投入产出量值达到某个临界值时,产业部门间才会存在关联;有些学者只考虑了产业部门间的直接关联关系,还有些学者认为产业关联还包括由产业部门间结构影响形成的间接关联。

下面总结几种已有的产业网络建模方法,并分析对产业网络的相关参数或特定结构的描述。

1.2.1 产业网络模型构建

1. Campbell - 模型

Campbell - 模型是指以 Campbell 为代表的学者所建立的模型,它是早期利用图与网络为工具研究产业关联的网络模型。Campbell^①认为,有向图可以表达一个系统的结构特征,将其用于产业系统,可依据产业部门间的投入产出关系,建立一个有向图作为产业系统的关联结构模型,通过有向图中的相关概念反映关联结构特征。

(1) 建模原理与方法。

建立模型的总体设想是以产业部门间的投入产出关系为基础,将产业系统的关联关系分为两类:存在关联及不存在关联,在此基础上构造网络模型,并利用图论中的相关概念,表达产业系统的结构和关联状况。

投入产出表中的交易流量矩阵 X 表示一定时间内产业部门间的投入情况,当 $x_{ij} > 0$ 时,产业部门 i 存在对产业部门 j 的投入,

^① Campbell J. Growth Pole Theory, Digraph Analysis and Interindustry Relationships [J]. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 1972, 63: 79 - 87.