

# 基于产业网络的企业BP评价模型 ——以湖南现代制造业为例

王国顺, 曹峰彬

(中南大学商学院, 湖南长沙, 410083)

**摘要:** 在相关文献研究综述的基础上, 从产业网络成员的多元性、成员联系的多元性以及网络演化复杂性三个方面论证了产业网络是一个复杂网络, 产业网络中企业之间不仅相互竞争和协作, 而且企业和其他行为主体如中介机构、金融机构、教育培训机构等也相互作用。在此理论基础上提出了产业网络的企业BP评价模型, 对网络中结点进行评价, 能对结点在网络中的重要程度有所认识, 也为其它结点是否与此结点建立联系提供了参考。

**关键词:** 产业网络; BP神经网络; 评价模型

中图分类号: F270

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2009)06-0771-05

产业网络是由具有互助关系的企业所组成, 其中隐含了专业分工的概念, 企业间的沟通、协调甚至于整合, 可以通过网络中的各种互动行为完成的。Hakansson(1992)认为网络提供一个概念化的主体, 通过行动者(actors)、资源(resources)与活动(activities)三个组成要素, 提出了产业网络的演化过程<sup>[1]</sup>。Christer Karlsson(2003)从管理学角度研究了产业网络的发展<sup>[2]</sup>。Hakansson和Ford(2002)分析厂商在产业网络中的战略时, 指出厂商会遇到三个基本战略问题: 在产业网络中, 有些关系是厂商赖以生存的必要关系, 怎样保持这些关系, 使厂商的经营活动得以运转; 在产业网络中, 厂商的关系资源是该厂商影响其他厂商的主要方式, 各厂商都想利用关系影响别人, 怎样平衡影响和被影响; 在产业网络中, 厂商会尽最大努力控制周围的关系资源, 但控制力越强, 对关系向外扩展越不利, 进而利用产业网络的三要素分析厂商的战略<sup>[3]</sup>。近年来, 国内学者对产业网络也给予了极大关注, 童昕等(2000)发现, 在我国某些传统产业群中, 本地企业基于地方社会网络之上建立起地方产业网络, 具备较强的能力, 对区域发展有着重要的作用<sup>[4]</sup>。盖文启(2002)从区域创新网络视角分析了新产业区发展的机制, 指出区域创新网络是促进区域经济发展的非常重要的因素<sup>[5]</sup>。文娉、曾刚(2004)以中国陶瓷地方产业网

络为例, 分析了全球化背景下, 地方产业网络在全球产业联系中处于被动地位, 产生的价值流失问题<sup>[6]</sup>。黄守坤(2006)分析了产业网络的组织结构, 指出产业网络纵向表现为产业链结构, 横向表现为企业之间的竞争了合作关系, 通过分析产业网络三要素的变动得出产业网络演变发展模式的理论模型<sup>[7]</sup>。沈小贤(2007)对产业创新网络进行了比较研究, 根据产业创新网络在形成基础、创新思想的来源、网络联系的主要内容、网络内劳动力的流动性、与区域外部联系的强调等方面的差异, 把产业创新网络分为传统和高新产业创新网络, 并针对不同的产业创新网络, 提出了不同的政策建议<sup>[8]</sup>。潘利(2007)从“链网”互动的视角分析了产业网络的升级研究, 通过对中国传统的产业网络进行实证分析, 对中关村、东莞、昆山产业网络通过链网互动理论进行了升级探讨, 并提出了相应的政策建议<sup>[9]</sup>。

以上研究表明, 国内外学者均从不同方面对产业网络做了大量的研究, 分析了国外有关产业网络的演变发展模式, 为产业网络的升级研究进一步指明了方向。本文通过文献研究和理论分析, 分析产业网络的复杂性, 结合BP神经网络和BP评价模型构建, 以湖南制造业产业网络为例, 进行实证研究, 进而验证BP神经网络模型的有效性, 对网络演化中结点的择优选

收稿日期: 2009-03-09

基金项目: 湖南省哲学社会科学基金重大项目“湖南加快发展现代制造业研究(06ZD02)”

作者简介: 王国顺(1962-), 男, 湖南南县人, 中南大学商学院教授, 博士生导师, 主要研究方向: 企业管理, 企业战略与组织理论, 国际贸易理论与战略; 曹峰彬(1981-), 男, 四川大竹人, 中南大学商学院硕士研究生, 主要研究方向: 企业管理。

择提供帮助。

## 一、 产业网络的复杂性分析

产业网络(Industrial Network)是一群各自拥有独特资源、相互依赖对方资源的企业组织以及学术机构、中介机构、政府组织等,通过血缘、地缘、人际互信关系以及资本往来等社会关系,凭借专业分工和资源互补等合作关系,在要素投入、生产制造和销售管理等方面进行互动,所形成的正式或非正式的互惠性往来关系。本文认为产业网络在其发展中具有以下复杂性。

### (一) 产业网络成员多元性

产业网络构成要素的复杂性主要表现在成员的多元性上。成员多元性指网络成员的异质性及其数量与地位的不同。

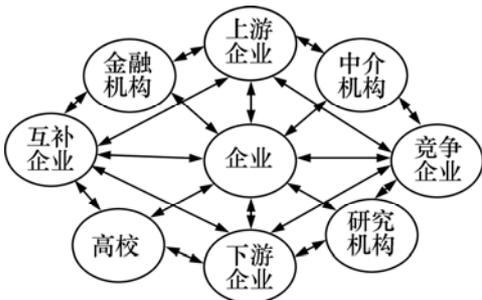


图 1 产业网络成员构成

如图 1 所示。从纵向来看,产业网络中的成员有产业链上的上游企业、中游企业和下游企业;从横向来看,产业网络中的成员有与产业相关的竞争企业和互补企业;从环境来看,产业网络中的成员有为产业服务的金融机构、高校科研机构、中介机构以及行业协会和政府部门等。在产业网络中,各类成员的数量显然是不同的,与产业链相关的企业占据了产业网络成员总数的大半,而相关服务机构则数量相对较少。同时,每个企业在产业网络中的地位是不同的,核心企业(或骨干企业)对产业网络的稳定和发展演化起着至关重要的地位。

### (二) 产业网络成员联系的多元性

联系多元性指的是网络成员之间联系的异质性及其数量与分布的不同。从纵向来看,成员之间的联系有供应链关系;从横向来看,成员之间的联系有竞争与合作关系;从环境来看,成员之间的联系有服务关系。在产业网络中,各种类型的联系随着成员数目的不同而不同。同时,联系在成员之间的分布是不均匀的,这主要是由于成员的地位不同造成的。与核心企业相关的联系就密集,而与小的非核心企业相关的联

系就稀疏。

产业网络具有的开放性意味着产业网络系统与外界存在联系和物质、能量、信息的流动,与该产业有关的新的企业或其它组织有可能成为网络中的一个节点,新成立的节点组织又会与原先的节点进行竞争与合作,生成网络中的边。这说明产业网络具有形成无标度网络的增长特性。产业网络的整体价值观使得节点组织之间由敌对竞争的关系向合作竞争的关系转化,节点在持续不断的互动过程中,不断地“学习”或“积累经验”并且会根据学到的经验改变自身的行为方式,从而使得网络中越是具有良好的合作历史记录的企业越会得到其他成员企业的信任,它们被选中合作的概率就越高(“富者越富”现象);相反,那些在合作历程中,有违约或背叛行为等不良合作记录的企业就没有或者很少有被其它企业选择为合作对象的机会。新成员由于暂时不被了解而难以得到很多合作机会。就产业网络的新老成员而言,老成员企业有较多的和其它企业合作的机会。由此可见,产业网络具有形成无标度网络的择优连接特性<sup>[10]</sup>。

### (三) 产业网络演化的复杂性

产业网络的演化可分为宏观演化和微观演化。从宏观层次上看,产业网络是一个开放而非封闭的系统,它的演化不仅受到内部因素的影响,更受到产业外部发展的影响。在内外部因素相互作用下,形成系统演化的动力,即产业吸引力,推动着产业网络的演化。

产业网络演化过程中的成员表现出各种各样的行为,如竞争与协作、供应与服务,技术创新等。网络内企业协作与竞争行为处于核心地位,尤其是协作产生的协同效应,对网络竞争力至关重要。企业之间竞争与协作主要表现在各自的竞争力水平上,由于竞争力的存在使得产业网络中企业之间关系的变化变得活跃,产业网络的结构和格局也随着竞争力的存在不断地演化。在产业网络演化过程中,产业网络涌现出的行为和功能与网络的结构有关,反过来又影响着网络结构的变化。企业的行为和竞争力影响着与其他企业的关联性,即,企业的行为影响着网络节点之间联系的分布;同时,由于企业的行为也受到其他相关联企业的影响,即,网络节点之间的相关性也影响着企业的行为。

通过上面的分析可以看出,产业网络的复杂性既表现在成员的多元性上也表现在成员联系的多元性上,其宏观上的行为更多地表现出网络演化的增长特性,而产业网络微观上的企业行为则更多地表现出网络演化的择优连接特性。因此,产业网络是具有无标度特性的复杂网络。

## 二、BP 评价模型构建

产业网络是一个复杂网络。产业网络中企业之间不仅相互竞争和协作,从原料供应商到销售商、顾客形成一个完整的产业链,而且企业和其他行为主体如中介机构、金融机构、教育培训机构等也相互作用,发生相干作用。产业网络充分开放,为不断演化创造了必要条件,而真正推动网络实现演化的,则是网络内各结点间的非线性相互作用。这个非线性相互作用结果导致了网络内各子结点之间的竞争和协同,导致了系统的整体行为。因此,本文构建了BP评价模型,对网络中结点进行评价,能对结点在网络中的重要程度有所认识,也为其它结点是否与此结点建立联系提供了参考。

BP(Back Propagation)神经网络是一种人工神经网络的误差反向传播训练算法,能够系统地解决了多层网络中隐含单元的联接权的学习问题,通常由输入层、输出层和隐含层构成,层与层之间的神经元采用全互连的连接方式,通过相应的网络权系数相互联系,每层内的神经元之间没有连接。BP算法的基本思想:学习过程由信号的正向传播与误差的反向传播两个过程组成。正向传播时,输入样本从输入层传入,经各隐层逐层处理后,传向输出层,若输出层的实际输出与期望的输出(教师信号)不符,则转入误差的反向传播阶段。误差反传是将输出误差以某种形式通过隐层向输入层逐层反传,并将误差分摊给隐层所有单元,从而获得各层单元的误差信号,以此误差信号作为修正各单元权值的依据。这种信号正向传播与误差反向传播的各层权值调整过程,是周而复始的进行的。权值不断调整的过程也就是网络的学习训练过程,此过程一直进行到网络输出的误差减少到可接受的程度,或进行到预先设定的学习次数为止<sup>[11]</sup>。

### (一) 指标体系设计

根据以上分析可以知道,从纵向来看,产业网络中的成员有产业链上的上游企业、中游企业和下游企业;从横向来看,产业网络中的成员有与产业相关的竞争企业和互补企业;从环境来看,产业网络中的成员有为产业服务的金融机构、高校科研机构、中介机构以及行业协会和政府部门等。

企业作为产业网络最主要的行为主体,在产业网络的构建和发展中起着及其重要的作用,企业也是产业创新网络的主体以及积极嵌入全球价值链的核心结点。大学、科研机构作为产业网络的行为主体,在培养高素质人才,进行技术创新活动,营造地区创新环境等方面发挥着至关重要的作用。中介机构包括地方

行业协会、律师事务所、会计事务所、物流公司、人才市场、咨询公司等,本文认为地方行业协会在规范市场,有效防止恶性竞争,加强地区经济之间的联系,为共同技术开发和合作提供平台上发挥着至关重要的作用。政府部门的在区域经济发展,以及网络的形成和其他主体创新的过程中发挥着重要作用。大、中型企业与金融机构之间的关系相对比较紧密,银行、投资机构、证券公司在企业的发展过程中起着重要的作用,最主要的是提供了资金上的支持。

因此,从企业出发构建评价指标,将它与网络中的学术机构,其它企业,中介机构,政府部门,金融机构的关系作为评价指标,而每种关系用3个指标来评价,分别是关系的广度,关系的频度和关系的稳定性。

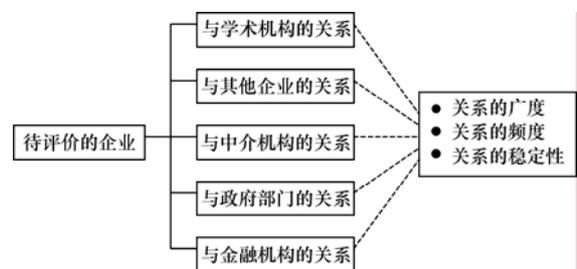


图2 评价指标体系

### (二) 神经网络结构设计

本文最终确定的神经网络结构为三层BP网络:输入层的神经元个数为15个,表示评价指标体系的15个指标值。分别为:企业与学术机构来往的广度、企业与学术机构来往的频度、企业与学术机构间的关系稳定性、企业与其它企业来往的广度、企业与其他企业来往的频度、企业与其它企业的关系稳定性、企业与中介机构来往的广度、企业与中介机构来往的频度、企业中介机构间的关系稳定性、企业与政府组织来往的广度、企业与政府组织来往的频度、企业与政府组织间的关系稳定性、企业与金融机构来往的广度、企业与金融机构来往的频度、企业与金融机构间的关系稳定性。

隐层节点数目的选择并无一般的指导原则,需根据不同的问题择优,本文通过试验发现三层网络结构是合适的,增加一个隐层不会提高网络的运行效率,只会剧烈的增加训练时间。对隐层中神经元数量的不同选取对训练时间也有很大的影响,太多的神经元会导致很长的训练时间,甚至最终结果并不收敛。隐层中最优的神经元个数因情况而异,本文所确定的最优神经网络结构的隐层神经元个数为37个。

输出层的神经元个数为1个,表示评分值。需要指出的是,这里的评分值的绝对值的大小并没有意义,

它只是表示了相对的评分的高低。

隐层和输出层的神经元节点的活化函数均采用 sigmoid 函数, 即

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (1)$$

评估前根据公式

$$x_{i0} = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (2)$$

进行数据的归一化处理, 其中,  $x_i$  为第  $i$  个指标数值;  $x_{i0}$  为归一化的指标数值,  $x_{\min}$  和  $x_{\max}$  分别为第  $i$  个指数数值的最大值和最小值。在进行评价时, 从输入层输入的是影响选择的  $I$  个指标值, 经隐层处理后传入输出层, 其输出值即为评分值。

神经网络设计完成之后, 通过训练样本对建成的网络进行训练。在 BP 神经网络的训练算法中, 都是通过计算性能函数的梯度, 在沿负梯度方向调整权值和闭值, 从而使性能函数达到最小。梯度下降算法有两种模式, 递增模式和批处理模式。在递增模式中, 当每个样本输入应用于网络之后, 就对网络的权值和阈值进行调整。而在批处理模式中, 只有当所有的样本输入都应用于网络之后, 网络的权值和阈值才会得到调整。本文采用的是批处理训练模式。

网络的训练完成后还需要检验网络的泛化能力。所谓泛化能力, 就是指神经网络对训练样本以外的新样本数据的正确反应能力。网络设计完成后, 要运用样本集进行训练。对泛化能力的测试不能用训练集的数据进行, 而要用训练集以外的测试数据来进行检测。做法是: 训练集的可用样本随机的分成两份: 一部分用作训练样本, 另一部分做测试样本, 用测试样本对网络模型的泛化能力进行检验。

常用于评价预测精度的指标是 MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum |x_k - x_k^c| / x_k \quad (3)$$

若 MAPE 的值较大, 则说明网络的泛化性能不好, 需要对网络的结构和参数进行调整, 直至得到满意的效果。

### 三、湖南省现代制造业产业的实证分析

#### (一) 样本说明

根据本文前述理论设计了调查问卷, 主要包括湖南省现代制造业产业网络各行为主体以及各行为主体之间的联系, 并结合企业访谈、分析统计资料的方式对湖南产业网络现状进行初步的分析。

在问卷调查的过程中, 点面结合, 采用典型抽样的方法, 以长沙、株洲、湘潭三市的制造业企业为主要对象进行调查, 其他调查对象还包括产业网络

内的大学科研机构、金融机构以及行业协会。

为了保证调查样本具有代表性, 更加体现现代制造业产业中企业的特点, 因此本文在这里以大中型企业为主调查对象。本次调查总共发放问卷 160 份, 回收问卷 94 份, 回收率达 59%, 有效问卷 45 份, 有效率 28%, 76 份有效问卷中长沙 31 份, 株洲 22 份, 湘潭 23 份(后附调研企业名录)。无效问卷为填写不完整, 或者企业类型不符等原因造成。详细情况如表 1 所示。

表 1 调查问卷情况

类别	份数	比例/%
发出问卷	160	
回收问卷	94	58.76
无效问卷	49	30.63
有效问卷	45	28.1

#### (二) 训练与检验

根据调查得到的问卷, 将问卷中的企业重要度调查结果作为网络的期望输出(即教师信号), 对 BP 网络进行训练, 将有效问卷的 45 个样本中的 5 个样本用于测试。将调查所得的前 40 组数据作为网络训练样本, 在 Matlab7.0 中运用神经网络图形用户界面建立神经网络, 输入数据  $p$  以及检验数据  $t$ , 对网络进行训练, 误差目标极小值实现后, 网络训练结束, 训练曲线见图 4。

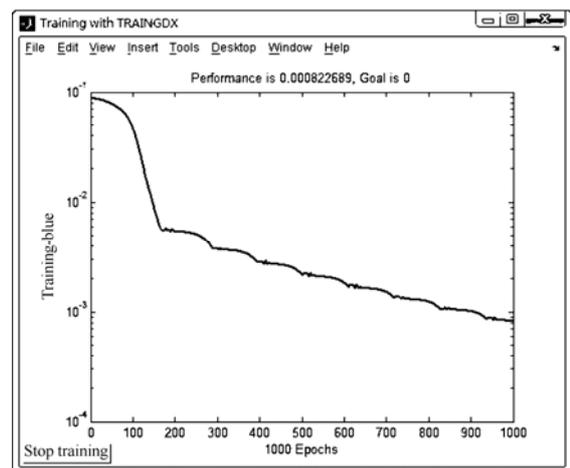


图 4 训练曲线

将测试数据输入网络(留作测试的 5 家企业  $p_{\text{test}}$ ) 检验网络效果, 结果如表 2。

表 2 的结果中, 训练样本的相对误差依次为 14.5%, 3.061%, 0.077%, 0.408%, 2.235%。除了样本 1, 其他样本的相对误差较小。而样本 1 误差大的原因, 是因为调查问卷在数据采集上使用的是打分法,

填写问卷的人没有按照客观事实填写,受到了自己的主观判断影响。当收集的数据是客观可信时,可以用此模型对网络中企业进行重要性评价。

表2 测试样本相对误差

检测样本	期望输出	网络值	相对误差
1	0.917	0.771 92	0.145 08
2	0.917	0.886 39	0.030 61
3	0.873	0.873 77	0.000 77
4	0.567	0.571 08	0.004 08
5	0.317	0.339 35	0.022 35

利用BP人工神经网络方法进行网络中企业重要性评价有以下几个优点:由于BP神经网络模型能够处理多输入问题,因此能够将影响企业重要性的各方面因素作综合考虑,通过学习和训练,找出输入与输出的内在联系,而不是根据经验知识,因而具有自适应功能,能弱化指标权重确定中人为因素的影响;现实中这类评价问题是非常复杂的,各个因素之间相互影响,呈现出复杂的非线性关系,BP人工神经网络是处理此类问题的强有力的工具;由于BP人工神经网络具有强大的学习模拟能力,因此它能够模拟决策者(或专家)评定的思维过程;在评价过程中,如果有一定的历史数据可以参考,即使数据不是很多,则基于BP人工神经网络的评价选择方法相较于其他的评价选择方法有较大的优越性。尽管是“黑箱”式的评价选择过程,但事实证明它自身强大的学习能力可将需要考虑的多种因素的数据进行融合,输出一个经非线性变换后较精确的评价值。

#### 四、结论

本文对产业网络的复杂性进行了详细的分析,并在此基础上构建了网络内企业重要性评价的BP神经网络模型。

网络模型。本文认为产业网络的复杂性表现在产业网络成员的多元性、成员联系的多元性以及网络演化的复杂性三个方面,企业是产业网络的重要组成部分,产业网络中企业之间不仅相互竞争和协作,而且企业和其他行为主体如中介机构、金融机构、教育培训机构等也相互作用。以网络中企业与其他产业网络组成部分间的关系为评价指标,根据BP神经网络的机理,结合实际数据,构建网络内企业重要性评价的BP神经网络模型,对产业网络中企业作出评价,能对企业网络中的位置有清楚的认识,也能为企业选择新的合作伙伴,建立新联系提供参考。

#### 参考文献

- [1] Hakansson H, Johanson J. Industrial Networks: A New View of Reality[M]. London: Routledge Press, 1992: 28-34.
- [2] Christer, Karlsson. The Development of Industrial Networks[J]. International Journal of Operations & Production Management, 2003: 23.
- [3] Hakansson H & Ford D. How should companies Interact in Business Networks[J]. Journal of Business Research, 2002: 55.
- [4] 董昕, 王缉慈. 论全球化背景下的本地创新网络[J]. 中国软科学, 2000, (9): 80-83.
- [5] 盖文启. 论区域经济发展与区域创新环境[J]. 学术研究, 2002, (1): 23-27.
- [6] 文婧, 曾刚. 嵌入全球价值链的地方产业集群发展[J]. 中国工业经济, 2004, (6): 36-42.
- [7] 黄守坤. 产业网络组织结构分析[C]. 山东: 山东大学, 2006.
- [8] 沈小贤. 产业创新网络的比较研究——以传统和高新产业为例[J]. 特区经济, 2007, (1): 242-243.
- [9] 潘利. 链网互动理论: 产业集群升级的新视角[J]. 华东经济管理, 2007, (7): 55-61.
- [10] 马骏, 唐方成, 郭菊娥, 席西民. 复杂网络理论在组织网络研究中的应用[J]. 科学学研究, 2005, (2): 176-178.
- [11] 郑君里. 神经网络[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992.

## The BP evaluation model of enterprises based on Industrial Network

WANG Guoshun, CAO Fengbin

(Business School of Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** This article summarized the relevant literature of industrial networks, demonstrates that the industrial network is a complex one due to the three aspects, namely, the diversity of network members in the industrial network, the diversity of contacts between members, and the complexity of the network evolution. The enterprises not only compete and collaborate with each other, but also interact with other actors, such as intermediary organizations, financial institutions, education and training institutions. This article puts forward the BP network evaluation model of enterprises, which can help to recognize the importance of the enterprises in industrial networks, and to provide the reference of establish links with the node or not.

**Key words:** industrial networks; BP neural network; evaluation model

[编辑:汪晓]