

技术联盟中知识转移网络模型的构建与分析

——基于复杂网络理论

赵顺龙, 张艳君

(南京工业大学 经济管理学院 江苏 南京 210009)

摘要:近年来,真实网络中小世界效应和无标度特性的发现激起了学术界对复杂网络的研究热潮。通过将复杂网络理论运用到技术联盟中,在复杂网络理论的基础上构建了技术联盟中知识转移网络的模型。并通过对复杂网络的统计特性,即小世界效应和无标度特性的描述,为技术联盟中知识转移网络的建设和优化提出了建议。

关键词:技术联盟;知识转移;复杂网络;小世界效应

中图分类号: F406.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7348(2010)15-0123-04

0 引言

随着企业之间的竞争日益激烈,企业技术创新的压力也日渐加剧。为了在激烈的市场环境中拥有足够的持久的竞争力,企业仅依靠自身的资源是远远不够。根据迈克尔·波特的观点,技术创新联盟是市场竞争日趋激烈、科技发展速度加快及企业实行国际化经营战略的必然趋势,是企业为了获取竞争优势而结成的具有一定相互依赖性的战略性伙伴关系^[1]。因此,越来越多的企业选择技术联盟,希望通过联盟来达到资源共享、能力互补,提高自身竞争力的目的。技术联盟在本质上是以知识为核心的联盟,是以知识活动为基础的动态合作关系。因此,研究技术联盟中的知识转移具有重要的意义。

近年来,随着复杂性科学研究的发展,发现现实中的网络具有复杂网络的小世界效应和无标度特性。并且大量的研究表明,社会网络属于复杂网络的范畴,因此也具有小世界效应和无标度特性。所以本文将复杂网络的理论运用到技术联盟中,基于复杂网络理论构建了技术联盟中的知识转移网络模型,并对技术联盟的成功构建与企业科技能力的培养和提高提出了对策建议,具有很好的现实意义。

1 文献综述

复杂网络在很多学科领域都有运用,比如物理学领域、生物学领域、系统科学与计算机科学领域等。关于将复杂网络理论运用到经济管理领域内的研究主要有 Robin

Cowan 和 Nicolas Jonard^[2]提出了复杂网络上的一种知识扩散模型和一种知识增长模型,并且提出具有较短的平均路径长度和较高集聚系数的网络结构有利于知识的扩散。刘涛等^[3]从统计特性、结构模型和网络上的动力学行为3个层次简述复杂网络相关研究,着重介绍了网络上的传播行为,并对复杂网络在社会经济系统中的重要应用进行了概述。李金华^[4]针对知识在知识合作网络中的传播特征,结合复杂网络理论,提出了一种网络上的知识传播模型。研究结果表明,在其它条件相同的情况下,网络的随机化程度越大,网络中知识的扩散速度越快,知识的分布越均匀。李红等^[5]分别建立了基于随机网络、小世界网络和无标度网络的创新随机演化模型,讨论了创新扩散的动力学性质。胡婉丽^[6]利用复杂网络理论,采用无标度网络模拟现实的组织模型,并研究知识在这个模型中的传播演化问题。王波等^[7]把复杂网络理论引入到中小企业创新网络领域,并探讨了构建中小企业创新网络的连接机制。常慧^[8]基于复杂网络理论,特别是网络的小世界效应和无标度特性,建立了企业间市场交易网络,并结合网络的动态生长性从企业间市场交易角度对我国中小企业发展问题进行了分析。

在复杂网络的研究中,学者们也注重对“小世界网络模型”的研究,即把小世界理论运用到实际领域中,通过对网络节点之间的连接边赋以一定的权重来量化主体之间的关联强度。利用小世界网络的快速传播能力,来研究联盟、观点、知识的形成以及传播和流行问题等。小世界在我国最早的研究是2001年田颖杰等^[9]发表的《小世界网络

收稿日期:2009-12-02

基金项目:国家自然科学基金项目(70773053)

作者简介:赵顺龙(1965-),男,安徽铜陵人,博士后,南京工业大学经济与管理学院院长、教授、硕士生导师,研究方向为企业组织理论与企业战略管理、技术联盟与区域创新战略;张艳君(1987-),女,安徽六安人,南京工业大学经济与管理学院硕士研究生,研究方向为企业组织理论与企业战略管理、技术联盟与区域创新战略。

(SWN)及其在经济管理领域的应用》。后来随着对复杂网络中信息传播效率与成本研究取得的进展,许多经济管理的学者将小世界网络的统计特性运用到知识扩散的效率评价中,如 V·Latora 和 M·Marchiori^[10]在无向加权网络中基于效率和成本这两个概念,提出了新的关于小世界网络的理论。并且结合了这两个因素介绍了在传播信息时,一个低成本然而有效率的经济小世界网络的概念。邓丹^[11]等在对新产品开发(NPD)团队交流网络的特征参数进行深入分析的基础上,提出用“小世界”的特征路径长度和集团化系数来表征 NPD 团队交流网络的交流频率和交流集中度的思想,为进一步研究 NPD 组织及管理创新的内在联系提供了数量分析基础。随后其 2006 年又在对知识共享的影响因素进行深入分析的基础上,将连接边的权重引入知识共享网络,提出用加权小世界网络模型的全局效率、局部效率和成本 3 个参数,来测量知识共享效果的思想,为在全局和局部范围内创建高效的、低成本的知识共享网络,并为进一步知识管理的研究提供了数量分析基础^[12]。本文是在总结前人研究的基础上,基于复杂网络理论构建了技术联盟中知识转移的简单模型,对知识在技术联盟内企业成员之间的转移用复杂网络理论进行了理论上的描述与解释,并对知识转移网络的成功构建与优化提出了建议。

2 知识转移网络模型的构建

由于在现实的技术联盟中,知识在成员企业之间的传播是双向的,即企业之间进行的是双向交流的过程,不存在单纯的知识发送方和单纯的知识接受方;节点之间为了达到共同的技术创新的目的,双方之间进行的是互动的双向的交流。另外,由于各个企业自身的企业文化、知识水平以及知识吸收能力等不同而造成了企业之间存在一定的知识转移距离。因此不同企业间知识转移距离不同,则知识在转移时的效率就不同。此外,由于在现实中,随着企业之间合作竞争的加剧,企业为了在竞争中取得立足之地,越来越多的企业会选择加入到技术联盟中。所以联盟中的成员数量是随着时间而增长的,即技术联盟是开放、动态增长的,每隔一段时间,就会有新的成员企业加入联盟中。在本文模型构建之前,根据以上描述的现实情况提出了 3 个假设条件:假设技术联盟中的知识转移网络是一个无向网络,即在网络中知识的传播是双向的,节点之间进行的是互动的双向的交流;假设知识转移网络是一个加权网络,其权值的大小为企业间的“知识转移距离”,权值越小,知识越容易在企业间转移;假设知识转移网络是开放、动态增长的,即网络中的节点数会随着时间增长。

在网络的图论描述中,可以将技术联盟中的知识转移网络抽象为 G ,假设企业为网络中的节点,节点之间的连接(边)表示企业之间的知识转移关系,节点 i 与节点 j 之间的连接记作 ij ,满足 $i \neq j \in G$,技术联盟中知识转移网络的结构图如下图所示。如果用矩阵来描述网络 G ,则可用邻接矩阵 $\{a_{ij}\}$ 表示技术联盟中企业之间建立的“知识转移关系”。当 $a_{ij} = 1$ 时,代表节点 i 与 j 之间有知识转移的关系,

即存在连接边;当 $a_{ij} = 0$ 时,代表节点 i 与 j 之间没有知识转移的关系,不存在连接边。用权重矩阵 $\{l_{ij}\}$ 表示企业间知识转移的困难程度, l_{ij} 值越小,知识越容易转移, l_{ij} 值越大,知识转移越困难,当 $l_{ij} = +\infty$ 时,可以看作节点 i 与 j 之间没有交流关系。

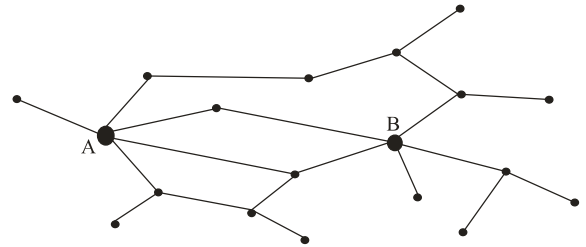


图 1 技术联盟中知识转移网络结构

为了本文理论分析的目的,上图仅建立了一个技术联盟知识转移网络的简化模型。现实中的知识转移网络要比上图复杂得多,会涉及到更多的节点、节点之间的连接边以及更多的层次。图中,A、B 两节点代表了技术联盟中的核心企业,他们拥有先进的技术知识和强大的研发能力,作为技术创新中的领头人,在技术创新的活动中起到引导的作用。其它的节点代表技术上相对薄弱的非核心企业,它们主要是参与技术联盟中的创新活动。在技术创新的过程中,知识转移的具体路径如上图所示,知识在各节点间通过连接路径进行转移,并且各路径上的权重值可以根据实际情况赋值,即可以得到邻接矩阵 $\{a_{ij}\}$ 和权重矩阵 $\{l_{ij}\}$,如果用 d_{ij} 代表企业之间的知识转移距离,则 $\{d_{ij}\}$ 可以通过 $\{a_{ij}\}$ 和 $\{l_{ij}\}$ 计算得到。

3 用复杂网络理论分析技术联盟中的知识转移网络

随着复杂网络相关理论研究的发展,其为管理学界研究联盟成员之间的知识转移提供了一条全新的思路,同时也提供了一种有效的计量工具。因为在技术联盟中企业之间进行知识转移时,有许多的因素无法量化来研究;但是将复杂网络的一些统计特征与技术联盟中的知识转移之间建立相对应的关系,就可以为知识的转移提供一定的数量分析基础。并且随着复杂网络在其小世界特性和无标度特性方面取得深入的研究成果,将其借鉴到技术联盟中,对于促进知识转移和建立一个高效率的知识转移网络,以及对知识转移网络的优化和联盟整体创新能力的提升,都可以提出一些非常有现实意义的建议。

3.1 用 W-S 模型分析技术联盟中的知识转移

1998 年,Watts 和 Strogatz 通过以某个很小的概率 p 切断规则网络中原始的边,并随机选择新的端点重新连接,构造出了一种介于规则网络和随机网络之间的网络(W-S 网络)^[13],它同时具有小的平均路径长度和大的聚集系数的特性。Cowan 和 Jonard^[2]提出具有较短的平均路径长度和较高聚集系数的网络结构有利于知识的扩散。因此,可以用 W-S 模型来研究技术联盟中的知识转移。交流频率是节点之间在一定

时间之内进行信息交流的次数; 交流集中度反映了节点之间交流的聚集程度。对于技术联盟中的知识转移网络, 企业之间适当的知识交流频率会使得知识在网络中可以更及时、更准确的传播; 知识交流集中度也可以在一定的程度上使得联盟内部能够进行大量的、频繁的知识交流。因此, 可以用 W-S 小世界模型的平均路径长度和聚集系数来表征技术联盟中知识转移网络的交流频率和交流集中度。

3.1.1 平均路径长度与交流频率

根据 W-S 小世界模型的定义可知, 网络图 G 的平均路径长度与任意两个节点 i 和 j 之间的最短路径长度 d_{ij} 的关系为^[13]: $L(G) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in G} d_{ij}$, 其中 N 为网络中的节点数。平均路径长度与交流频率之间的关系可以分解为节点间最短路径长度与交流频率之间的关系^[11]。同时 Latora^[10]指出, 当信息在网络中的两个节点 i 和 j 之间进行传播时, 两节点的交流频率 e_{ij} 与其最短路径长度 d_{ij} 呈反比关系, 为 $e_{ij} = \frac{k}{d_{ij}}$, 其中 k 为常数。在技术联盟中, 当知识转移网络中节点的最短路径长度较短时, 就会使企业之间进行知识交流频率得到提升, 同时会使知识在网络中快速地传播。如果综合所有的节点考虑, 则可以得出平均路径长度与交流频率之间也存在这样的关系。从 d_{ij} 与 e_{ij} 之间的关系可以看出, 在技术联盟中, 可以通过减少节点的 d_{ij} 来提高企业之间的交流频率, 具体的办法可以通过增加节点间的“捷径”来降低 d_{ij} 。所以在现实的技术联盟知识转移网络中, 技术联盟中的成员在必要时可以打破一些限制, 寻求最佳的合作伙伴。比如寻求在资源、技术、知识背景方面相似的企业, 因为成员之间的相似程度越高, 它们的交流频率就越大^[11], 就越会促进知识有效的转移。这也相当于小世界网络模型中的“断键重连”, 这样就可以极大地提高网络的性能, 促进知识在网络中的转移, 实现联盟中的资源共享和技术互补。

3.1.2 聚集系数与交流集中度

在网络图 G 中, 对于任一节点 i 来说, 其聚集系数 C_i 表示与 i 相连的节点中任意两点之间相互连接的概率, 聚集系数 $C_i = \frac{2E_i}{k_i(k_i-1)}$ ^[13], 其中 k_i 为与节点 i 相连的节点的数目, E_i 为这 k_i 个节点之间实际存在的边数。整个网络的聚集系数 C 反映了所有节点的平均聚集程度, 将其定义为所有节点的聚集系数 C_i 的平均值, 为 $C = \frac{1}{N} \sum_{i \in G} C_i$ 。交流集中度反映了联盟内成员交流的集中趋势, 所以可以将两者之间建立对应关系。

已有的研究表明, 交流频率与交流集中度会对知识的传播有积极的促进作用。交流频率或交流集中度过低, 表示网络成员间没有建立良好的沟通交流, 不利于知识在相互之间的转移。但如果交流频率或交流集中度过高, 在促进知识传播的同时, 会降低联盟的创新能力。Baron^[14]认为, 过度交流是一种干扰, 使联盟的成员不能充分发挥自身的认识能力, 不能在找到最优解之前获得足够的可能解, 从而使创新能力下降。Leenders^[15]认为过度交流会带来创

新障碍, 使得联盟长时间处于创新技术的获取状态, 缺少机会去切实了解新观点的真正价值。联盟的创新行为与联盟交流频率的关系呈倒 U 型曲线。同时他还认为当交流过分集中时, 交流主要通过一个或几个成员达成, 一旦中心成员的能力不足, 不能有效地组织讨论, 那么将会损害有效观点的传播和综合。中心成员的存在还会降低非中心成员解决问题和创新的主动性, 从而阻碍团队创新^[15]。所以在技术联盟中, 过高的交流频率和交流集中度, 虽然可以提高知识传播的效率, 但同时也会面临联盟整体创新能力的提升受到限制的问题。只有在交流频率与集中度适当的时候, 才能达到知识传播效率和创新能力提升两者之间的均衡, 也就是要控制技术联盟中知识转移网络的平均路径长度和聚集系数要适度。我们可以通过“断键重连”、增加“捷径”减少节点间特征路径长度的同时, 还要在联盟中制定相关的契约, 规范联盟中成员之间的交流, 以使得各成员都能积极、有效地参与, 尤其是对于核心成员。

3.2 用 BA 模型分析技术联盟中的知识转移网络

尽管小世界模型能很好地刻画真实网络的小世界性和高聚集性, 但对小世界模型的研究表明, 其节点的度分布仍为指数分布形式。实证结果却表明, 对于大多数真实网络的度分布是服从幂律分布 $P(k) \propto ck^{-\beta}$, 即网络中大多数顶点仅有少量连接, 而少数顶点拥有大量连接。因为其结构的异质性, 于是特征标度消失了, 故称此类网络为无标度网络(Scale-free Networks)。为解释无标度网络的形成机制, 1999 年 Barabasi 和 Albet^[16]提出著名的 BA 模型, 他们把真实系统通过自组织生成无标度网络归功于两个主要因素: 增长性和择优连接性。前者意味着网络中不断有新的节点加入进来, 后者意味着新的节点进来后优先选择网络中度数大的节点进行连接。此外, 研究表明, BA 模型相对随机网络模型具有鲁棒性和脆弱性。这是因为, 在幂律分布的网络中存在有少数具有很大度数的节点, 它们在网络中起着关键的作用, 一般称它们为 Hub 节点。

在 BA 模型中, 由于无标度网络在演化的过程中主要依靠了两个规则: 一是网络的大小随时间一步步生长, 规模不断扩大; 二是节点度高的节点具有优先连接倾向。在技术联盟中的网络是开放、动态增长的, 网络的生长过程类似于无标度网络的生成过程, 即每过一段时间就会有新的企业加入, 而且新加入的企业总是偏向连接那些已有较多连接边的企业(即核心企业), 这是与现实情况相符合的。所以在现实的技术联盟网络中, 核心企业随着时间自组织的就会变的“富者更富”, 这也就是所谓的“马太效应”。但是如果让技术联盟网络这样自组织地发展, 只注重核心企业和非核心企业之间的交流, 忽略非核心企业之间的交流, 对联盟整体创新能力的提高不一定有利。非核心企业应该寻找与自身知识背景相似、资源互补的其它非核心企业, 共建知识交流合作的子网络; 这样才更加能够促进知识的有效传播, 也能提高联盟整体的创新能力。所以联盟内应建立相应的机制, 以促进非核心企业之间的知识交流。

此外, 由于在无标度网络中 Hub 节点的存在, 使得无标度网络具有鲁棒性和脆弱性。表现为如果去除网络中一般的

节点,对网络整体影响很小,但对中心节点的删除则对网络整体的影响会很大。由于技术联盟这个社会网络也具有复杂网络的统计特性,即无标度特性。所以在其知识转移的网络中,也可能存在 Hub 节点,其在网络中处于重要的地位,往往在知识转移中起到连接的作用。网络中节点之间的交流主要是经过此节点与别的节点进行连接,因此也可以称之为关键点。如果对关键点进行有效的保护和改善,则会有利于网络整体性能的提升。所以在技术联盟的网络中,应找出关键节点,并在网络的优化中注意对其进行保护和建设。

4 结论

综上所述,在具有复杂网络特性的技术联盟网络中,可以借鉴复杂网络理论的研究成果来分析技术联盟中的知识转移网络;并且可以用复杂网络的相关统计参数,如平均最短路径 L_{ij} 、聚集系数 C 等;为知识转移网络中相关指标的定量分析提供了一定的基础,如评价知识转移效率的知识交流频率、交流集中度。另外,还可以将复杂网络的统计特性应用到技术联盟中,通过对知识转移网络的统计特性,即小世界特性和无标度特性的描述,可以为建立一个高效的知識转移网络提出几点建议。如依据小世界特性,企业可以“断键重连”以寻找最佳的合作伙伴,可以通过寻找捷径以降低知识转移的最短路径,提高知识转移的效率;依据无标度特性,在技术联盟中应注意关键点的建设,对中心节点的优化会对联盟的整体技术水平起到有利作用。另外,还应注意关键点的保护,免受外界对其进行的恶意攻击。此外,根据无标度网络的演化特征,技术联盟应该重视非核心企业之间的知识传播,应建立相关的制度促进知识在非核心企业之间的交流,并规范相关成员的合作行为,这样更有利于联盟整体创新能力的提高。

参考文献:

- [1] 迈克尔·波特.国家竞争优势 [M] .李明轩,邱如美,译.北京:华夏出版社,2002.
- [2] COWAN R, JONARD N. Network structure and the diffusion of knowledge [J] . Journal of Economic Dynamics & Control, 2004, 28(8) :1557-1575.
- [3] 刘涛,陈忠,陈晓荣.复杂网络理论及其应用研究概述 [J] .系统工程,2005,23(06) :1-7.
- [4] 李金华,孙东川.复杂网络上的知识传播模型 [J] .华南理工大学学报:自然科学版,2006,34(6) :99-102.
- [5] 李红,孙绍荣.基于复杂网络的创新扩散研究 [J] .科技进步与对策,2007,24(4) :52-55.
- [6] 胡婉丽.知识在组织内传播的复杂网络模型:算法及模拟 [J] .运筹与管理,2008,17(5) :150-154.
- [7] 王波,任利成,韩树荣.基于复杂网络的中小企业创新网络构建 [J] .企业管理,2008(5) :35-37.
- [8] 常慧,陈士俊,高忠科.复杂网络理论的应用与中小企业的发展 [J] .河北学刊,2008,28(5) :234-236.
- [9] 田颖杰,李南,江可申.小世界网络(SWN)及其在经济管理领域的应用 [J] .世界经济研究,2001(6) :83-86.
- [10] LATORA V, MARCHIORI M. Economic small-world behavior in weighted networks [J] . Eur.Phys. Journal, 2003(B-32) :249-263.
- [11] 邓丹,李南,田慧敏.基于小世界网络的 NPD 团队交流网络分析 [J] .研究与发展管理,2005,17(4) :83-86.
- [12] 邓丹,李南,田慧敏.加权小世界网络模型在知识共享中的应用研究 [J] .研究与发展管理,2006,18(4) :62-66.
- [13] WATTS D J, STROGATZ S H. Collective dynamics of “small-world” networks [J] . Nature, 1998, 393(June) :440-442.
- [14] BARON R S. Distraction-conflict theory. Progress and problems [J] . Advances in Experimental Social Psychology, 1986(19) :1-40.
- [15] LEENDERS R TH A J, EAGELEN JM L V, KRATGER J. Virtuality, communication, and new product team creativity. A social network perspective [J] . Journal of Engineering and Technology Management, 2003(20) :69-92.
- [16] BARABÁSI A-L, ALBERT R. Emergence of scaling in random networks [J] . Science, 1999, 286(10) :509-512.

(责任编辑:陈晓峰)

Construction and Analysis of the Knowledge Transition Network Model in Technical Alliance: Based on the Complex Networks Theory

Zhao Shunlong, Zhang Yanjun

(College of Economics and Management, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract: In recent years the discovery of small-world properties and scale-free properties of real-life networks has attracted much interest among academic world. This article has used the complex networks theory in the technical alliance, and has constructed a knowledge transition network model of the technical alliance on the foundation of the complex networks theory. And through the description of the complex network's statistical properties of small-world properties and the scale-free properties, it puts forward the proposal of construction and optimization for the knowledge transition networks in the technical alliance.

Key Words: Technical Alliance; Knowledge Transfer; Complex Networks; Small-world Properties