

基于复杂网络视角的组织内非正式网络知识扩散研究

◎ 王美萃 闫瑞华

内容提要 本文基于复杂网络视角,通过组织内员工网络关系数据,研究组织内非正式网络特征及其与知识扩散效果的关系。研究发现该网络具有小世界特征,网络的度服从幂律分布,网络中员工的度值高并不意味着该点具有较高的集聚系数,网络中度值小的员工倾向于与度值大的员工连接;接近中心性在评价知识扩散能力方面优于度数中心性和中间中心性,中心性与扩散效果具有显著相关性;在员工非正式网络中,当具有同样的知识扩散和吸收能力时,接近中心度高的员工引发的知识扩散速度较快;而对于某选定员工,知识扩散意愿和知识吸收能力比率越大则知识扩散速度越快。

关键词 非正式网络 知识扩散 组织学习 复杂网络

(中图分类号)C936 (文献标识码)A (文章编号)0447-662X(2014)05-0045-05

以知识为基础的竞争是知识经济时代市场竞争的重要特点,持续地创造和吸收创新性知识是企业提高核心竞争力和创新能力的重要体现。^① 知识扩散是指借助于新一代信息技术,将信息、技术、情报等各种知识实现跨部门、跨组织和跨地域的扩散,使得在不同个体之间实现知识的有效共享,实现知识资源的优化配置。知识在扩散过程中面向不同的知识接受者,并且在扩散进程中能不断产生创造新的知识。知识扩散的主要作用是将知识从其拥有者,即知识源传递到知识接受者,使知识接受者获取和掌握知识并在此基础上对知识进行运用并产生价值。知识扩散体现于知识在不同个体之间共享交流的过程,促进了知识对个体绩效的提升以及对企业创新能力的提升。^② 随着企业知识管理技术的不断发展,以及组织内非正式网络与正式网络的交互演化,知识扩散已经成为组织知识管理活动的重要问题,引起了相关学者和业界实践者的关注。

目前而言,国内外学者对知识扩散的研究主要

集中在对知识扩散的概念、形成机制、扩散模式等方面。从研究方法上可以分为:基于复杂网络传染病模型对知识扩散的动力学特征和演化过程进行仿真模拟;^③基于社会网络分析中的网络指标对知识扩散网络演化进行的实证研究。^④从研究角度上包括:将论文引文或期刊间的引证关系作为知识扩散的指标进而对科研层面的知识扩散进行分析;^⑤将

^① 孙耀吾《高技术企业联盟知识扩散研究——基于小世界网络的视角》,《管理科学学报》2011年第12期。

^② 黄训江《层级组织知识扩散绩效及其优化策略》,《科学学研究》2011年第3期。

^③ Bettencourt L M, Kaiser D I, Kaur J, et al, "Population Modeling of the Emergence and Development of Scientific Fields," *Scientometrics*, vol. 75, no. 3, 2008, pp. 495-518.

^④ Liu Y X, Rousseau R, "Knowledge Diffusion through Publications and Citations: A Case Study Using ESI-fields as Unit of Diffusion," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 61, no. 2, 2010, pp. 340-351.

^⑤ Kiss I Z, Broom M, Craze P G, et al, "Can Epidemic Models Describe the Diffusion of Topics across Disciplines?" *Journal of Informetrics*, vol. 4, no. 1, 2010, pp. 74-82.



专利间的引证关系作为知识扩散的指标对技术层面知识扩散进行探讨。^①从研究对象来看,包括宏观层面关于知识扩散与国家竞争力提升,中观层面产业集群组织间知识扩散,以及微观层面的组织内员工知识扩散。组织内员工网络包括正式的层级网络和非正式网络,而后者越来越成为知识扩散的重要渠道。本文从组织内部员工非正式网络知识扩散这一视角出发,研究员工非正式网络特征及其与组织内知识扩散效果的关系。首先,对组织内员工非正式知识扩散网络问题进行综述;其次,基于复杂网络研究员工网络特征;最后研究知识在员工非正式网络中扩散与网络特征的相关性,进而得出如何促进知识扩散的有效建议。

一、理论背景及文献综述

社会网络是由个体及其之间的关系形成的网络结构,网络中的节点代表网络中的个体,网络中的连线代表个体之间的关系。社会网络关注的重点是包括网络结构的直径、平均最短路径、可达性、集聚指数、中心性等,这些指标即通过网络的结构、内容和连接关系计算得出。社会网络源于社会学,而复杂网络源于物理学,互联网上的链接关系以及大型社会网络通常通过复杂网络的方式研究。^②随着计算机技术、互联网内容创造以及计算机计算效率的提升,基于现实网络关系的大规模网络数据统计研究得出了一系列研究结果。^③研究发现大多数现实网络都属于小世界网络,网络节点之间可以通过有限相对较短的路径实现联通。由于网络节点之间度分布的差异性,大部分网络都是异质网络,而非同质网络。网络的度分布具有幂律特性,不符合传统的泊松分布特征。

知识扩散一般指通过各种渠道实现组织内部或者相关的组织之间进行知识流动和传递的过程,这种交流是基于充分获取和利用知识价值的目的。^④知识扩散包括知识的发送方和知识的接收方,此外在二者之间传递知识的通道则一般是指各种沟通渠道和平台。随着信息技术的发展,出现了很多促进知识扩散的工具和技术,Web2.0时代为每个人提供了一个展示思想表达心情的平台。^⑤个体在组织内

网络中属性不同而具有不同的网络特征,社会网络理论一般将网络特征划分为网络中心性、网络异质性以及网络联系强度三种维度。其中网络中心性用来考察个体充当网络中心枢纽的程度和对资源获取与控制的程度。由于个体在网络中的特征不同,对其从网络中扩散和获取知识的效果不同。学者们认为:知识扩散有助于提升工作效率,知识扩散导致创新结果以及其他的组织成果。^⑥知识扩散促进组织创新,有效的知识扩散是员工分享与其工作相关的知识,通过知识共享促进组织内部知识的整合,进而形成企业创新的知识积累。

正式组织适于解决简单明确的问题,但当遇到非确定性的问题时,组织内的非正式网络将发挥作用。非正式网络能够促进组织内各业务单位进行合作行动,使员工可随时随地交流、合作,进而成为一种有利于组织发展的网络。为适应外在环境的快速变化,组织结构由传统科层式结构转变为网络化组织,这种新兴组织形式具有弹性、扁平、有机的特征,转变的原因是为了促进知识在组织内部快速地传递和运用。非正式网络对创新型组织非常有价值,可以为组织注入新的知识和信息,是组织的无形资产。从契约层面对非正式网络的研究,将组织契约规定活动所形成的网络称为正式创新网络,而将松散或者非契约安排形成的网络称为非正式网络。^⑦组织非正式网络的形成是基于成员间的相互信任以及软性的道德约束,而不是基于硬性的组织规则制度。

^① Li X, Chen H C, Huang Z et al, "Patent Citation Network in Nanotechnology 1976 - 2004," *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 9, no. 3, 2007, pp. 337 - 352.

^② 杨建梅《复杂网络与社会网络研究范式的比较》,《系统工程理论与实践》2010年第11期。

^③ 雷宏振、贾悦婷《IT 微博社会网络结构特征分析》,《技术经济》2013年第11期。

^④ 樊治平、孙永洪《知识共享研究综述》,《管理学报》2006年第3期。

^⑤ 张荣《从虚拟到现实:网络意见群体的舆论影响》,《人文杂志》2013年第5期。

^⑥ Reagans R., McEvily B, "Network Structure and Knowledge Transfer: the Effects of Cohesion and Range," *Administrative Science Quarterly*, vol. 48, no. 2, 2003, pp. 240 - 267.

^⑦ Van Aken J E, Weggeman M P, "Managing Learning in Informal Innovation Networks Overcoming the Daphne - dilemma," *R&D Management*, vol. 30, no. 2, 2000, pp. 139 - 149.



网络关系从非正式到正式是一个连续的过程,两种网络会发生相互转化互相推动,不存在严格的界限。

由于组织内非正式网络在知识扩散方面越来越优于正式的层级网络,而从复杂网络视角对组织内非正式网络知识扩散的研究较少。本文从组织内部员工知识扩散这一视角出发,研究员工社会网络特征及其与组织知识扩散效果的关系,对组织非正式网络中如何促进知识扩散具有现实和理论意义。

二、数据获取与处理

组织内员工非正式网络传统方式是通过员工线下社交网络来测度,如构建餐饮网络、娱乐网络或咨询网络。随着信息技术的发展,组织内的这种非正式网络更多是通过在线电子方式构建。本文的实证数据来自于 Stanford 公开提供的大规模网络数据库。邮件网络是员工进行信息交流的重要工具,能够代表企业内部员工之间的非正式网络。本研究获得的数据为 Enron 公司的电子邮件通信网络,该网络覆盖约五十万邮件数据。网络节点即电子邮件地址,如果两个节点间至少发送一个电子邮件,那么网络中包含这两个节点之间的一条无向边。使用 Pajek 软件的 Reduction 功能从网络中抽取了一个 592 个节点、44182 条边的网络。基于此,本文构建了无向无权网络,以 592 位员工样本为节点集,用 592×592 的邻接矩阵表示这 592 位员工之间的关系。如果两位员工之间有过通讯记录,则建立一个二值矩阵,二者所对应行列关系值为 1,否则为 0。

三、网络特征分析

1. 网络成员特征

网络度数中心性是反应节点重要性的指标,属于网络局部特征。通过与该节点直接连接的节点数目来测量,一般而言与外界连接越多则该节点在网络中越重要。本研究的网络平均中心度为 74.632,表明网络中平均每人被 12.628% 的成员所关注。从度数中心度的最大节点来看,节点 12 被网络中 58.883% 的节点所关注。中间中心度测量的是一个

行动者控制信息流和其他行动者的能力,反映了节点在网络中处于中间人位置的情况,通过一个节点位于其他任意两个节点之间最短路径上的次数来测度。接近中心性反映了节点在网络中与其他所有节点接近的程度,通过一个节点到其他所有节点的最短距离之和来测度。一般而言,员工的接近中心性越大,说明该员工越具有大的信息资源获取能力,越处于网络整体的中心位置。度数中心性和接近中心性被认为分别是局部性和全局性指标,总体来看,该社交网络用户的关系人数存在很大差异,绝大多数用户只有少量的关系人,这些中心性高的成员是该网络中信息扩散能力最强的群体。

2. 小世界特征

网络平均最短路径是指网络中连接两点的最短路径所包含的最小边数的平均值。平均最短路径反映了网络中信息传递的难易程度和速度,有助于研究网络成员间资源整合的效率。在组织内非正式网络中,平均最短路径长度是指连接网络内任意两个员工的最短关系链长度的平均数。虽然现实中很多网络规模很大,但却有着较小的平均最短路径。本研究关注的员工非正式网络的平均最短路径值为 1.908,表明在该网络成员平均通过 2 个中间人就可以连接到目标成员。

假如员工 i 邻接的 k_i 个员工称为邻居,网络中 k_i 个员工之间最多可能有 $k_i(k_i - 1) / 2$ 条边,而这 k_i 个员工之间实际存在的边数和可能存在的总边数之比就是集聚系数。集聚系数用网络中实际存在的和可能存在的三点组的数量之比来计算,整网的集聚系数就是所有员工聚类系数的平均值,是测度整体聚集情况的指标。集聚系数介于 0~1 之间,越接近于 1 则表明网络成员之间的关系越紧密,网络的连通性越强。

平均最短路径长度较小和集聚系数较大是小世界基本特征,即网络规模较大且任意两个节点之间的最短路径都较小的网络。本研究的员工非正式网络具有较高的集聚系数 0.389 和较短的平均最短路径长度 1.908。由此可以判断实验网络为小世界网络,短的路径距离有利于知识扩散,密度越高个体间的知识转移越容易。即具有小世界网络特征的网络



最有利于知识的扩散。^①

3. 无标度特征

度分布通过网络节点度的概率分布来描述节点特征,用函数 $p(k)$ 来表示一个网络中任意选定的度恰好为 k 节点的概率。实证研究表明,很多现实中的社交网络为无标度网络,其度数具有幂律分布特征, $p(k) \propto k^{-\tau}$ 可用表示。

在双对数坐标下员工非正式网络的度分布服从幂律分布。利用最小二乘法进行拟合并计算幂律指数,网络的幂律指数为 3.3555,拟合优度指数为 0.97658。幂律分布回归方程为:

$$\ln p(k) = -3.3555 \ln k + 13.2744$$

一般认为,一个大规模网络为无标度网络时,网络中只有少量的节点具有很大的度数,而大部分节点的度数较低。本研究中的员工非正式网络是一个在线虚拟网络,这类网络的形成并不受资源的制约。因此,该网络也是非均匀网络,在该网络中度数很高的节点对知识扩散起着重要作用。

同时,网络集聚系数分布呈类似正态分布,集聚系数为 0.35 的节点约占网络的 22%,集聚系数较大和较小的节点只占网络中的少部分。度分布是节点之间的直接连接情况,而集聚系数是以某节点为核心的圈子之间的连接情况。度分布与集聚系数测量的网络特征不同,某个节点的度数高并不意味着具有较高的集聚系数。通过集聚系数与度数变化关系的研究,发现集聚系数与度之间存在负相关关系。度数较大员工的集聚系数较低,低度值员工具有较高的集聚系数。

度相关性用衡量网络度值大的节点与度值小节点之间关系的指标。如果度值大与度值大、度值小与度值小连接,则称为度正相关。如果度值大的节点倾向与度值小节点连接,即网络中存在长尾现象,则称网络是度负相关的。本研究使用皮尔逊相关系数测度该指标,员工非正式网络的度相关系数为 -0.0735。该指标小于 0 表明该网络为异配网络,即度值小的员工倾向于与度值大的员工连接。

四、复杂网络上的知识扩散

1. 扩散模型与效果

网络病毒传播、疾病传播、谣言传播等领域的研究通常通过计算机模拟与仿真的技术描述扩散过程,这种方法为研究网络知识传播和扩散提供了新思路。相关研究表明病毒传染速度和波及范围受到网络特征的影响,知识扩散也可视为发生在员工非正式网络上的传播动力学行为。对知识扩散模型的研究有 Bass 模型、传染病模型、Rogers 模型及其扩展应用。然而,宏观 Bass 模型和微观扩散模型通常都忽视了网络拓扑结构对扩散的影响,关注规则网络上的扩散过程。现实的社会网络拓扑结构既非完全随机网络,也非完全规则网络。^② 因此,探寻考虑网络拓扑机构的知识扩散过程,构建知识扩散 SIS 传染模型,对于研究知识扩散过程,优化知识扩散效果,构建符合组织特征的知识扩散模式有重要意义。

复杂网络传播动力学中最为成熟的模式即是 SIS 模型,在该模型中人群被划为两类:易感人群 (S) 和染病人群 (I)。染病节点为传染的源头,通过几率 β 将传染病传给易感人群 $s(i) + I(j) \beta I(i) + I(j)$; 染病人群本身也有一定的几率 γ 可以被治愈, $I(i) \gamma S(i)$ 。

在 SIS 模型的基础上,本研究认为组织内员工学习网络扩散中的个体有二种状态。首先,在网络中选择一个员工为知识拥有者(已感染 I 状态),通过该员工开始扩散;网络中其他员工(易感染 S 状态)接收到信息,并转化为信息接收者(I 状态)的概率为 β 。同时,已经接受到信息的员工也可能以 γ 的概率转化为不具有知识者(易感染 S 状态),不再对知识进行扩散。假设 t 时刻系统中处于 S 状态 I 状态的员工密度分别为 $s(t)$ $i(t)$ 。SIS 模型的动力学可以描述为以下微分方程组:

$$\begin{cases} \frac{ds(t)}{dt} = -\beta i(t) s(t) + \gamma i(t) \\ \frac{di(t)}{dt} = \beta i(t) s(t) - \gamma i(t) \end{cases}$$

在知识扩散仿真中,首先计算出接近中心性值,

^① Cowan R, Jonard N, "Network Structure and the Diffusion of Knowledge," *Journal of Economic Dynamics & Control*, vol. 28, no. 8, 2004, pp. 1557 - 1575.

^② 施宏伟、索利娜《基于社会网络的服务创新关系与知识扩散模型》,《科技进步与对策》2011年第18期。



根据接近中心性大小对节点进行排序,按照新的排序选择节点序号,逐次设置为初始感染节点。设置初始时刻1态员工为1个,分别设置参数 $\beta = 0.03$ 和 $\gamma = 0.01$ 、 $\beta = \gamma = 0.03$ 、 $\beta = 0.01$ 和 $\gamma = 0.03$ 。扩散过程循环了100次,对求得最终被感染节点比例的平均值。在知识扩散的员工非正式网络中, β 表示拥有组织所需知识的员工扩散其知识的可能性, γ 表示组织内自然员工无法获得这种知识的可能性,即 $1 - \gamma$ 可表示吸收知识的员工的吸收能力。

2. 网络特征与扩散效果相关性研究

扩散效果是验证节点价值的关键,本文在SIS模型的基础上计算不同初始节点的扩散效果。通过节点中心性与扩散效果进行相关性分析,对各中心性指标进行评价。相关性分析是指对两个或多个具备相关性的变量元素进行分析,从而衡量两个变量因素的相关密切程度。统计学本质上是挖掘数据间的相关性,并不能检验数据之间的逻辑因果关系。在实际的商业大数据计算中仅单纯相关性的运用就已带来巨大经济价值,一般而言相关性是比因果性更普适的概念。^①大数据的出现改变了这种在科学界普遍追求的因果关系的检验。本文分别以度数中心性、中间中心性和接近中心性三个指标研究员工网络中心性与知识扩散效果之间的关系。

员工在网络中位置的不同赋予了其在组织内获取知识的机会不同,居于核心位置的员工更容易获取其他人扩散的知识。将扩散划定为研究第5、8、10、15、20步。由于当 $\beta = 0.1$ 、 $\gamma = 0.03$ 时的扩散较为平缓,效果易于观察,故将参数设定为此。通过相关性研究发现,接近中心性指标与I8的相关性比其他网络中心性指标高,相关系数为0.512,且在0.01的水平上显著。而度数中心性、中间中心性与扩散效果的相关系数分别为0.504和0.407。说明接近中心性越大的节点作为知识扩散的发送方,能够更好的起到扩散效果。

五、结论与讨论

本文从组织内员工非正式网络知识扩散这一视角出发,研究员工社会网络特征及其与组织知识扩散效果的关系。并对员工网络知识扩散问题进行综

述,从复杂网络视角分析员工网络特征,研究知识在员工网络中的扩散与网络特征相关性。研究发现:(1)通过对员工非正式网络度数中心性的研究,发现该网络并不是均匀网络,员工之间的关系数量存在明显差异。员工非正式网络具有较高的集聚系数和较短的平均最短路径长度,即该网络具有小世界特征。(2)通过OLS方法对网络度分布进行计算,发现员工非正式网络是无标度网络。通过对网络节点的度数与集聚指数的相关分析,发现二者之间并没有严格的相关关系,即高的度数并不代表高的集聚指数。通过研究员工非正式网络节点度与度之间的相关性,发现度值较小的员工倾向于与那些拥有较大度值的员工连接。(3)在员工非正式网络中,当同样的知识扩散和吸收能力时,接近中心度高的员工引发的知识扩散速度较快;对于同一个员工,当知识扩散意愿和知识吸收能力比率越大时,知识扩散速度越快。(4)接近中心性在评价节点知识扩散能力方面优于度数中心性和中间中心性,知识扩散发送者的中心性越大,网络中知识扩散的最终效果越好。

在现实应用中,组织可激发具有知识的员工在网络中获取更高的地位,也可以通过培训等方式使位于网络核心位置的员工具备组织未来发展需要的知识并进行扩散。此外,为了提高扩散效果,组织还需通过激励设置提高知识扩散意愿,通过组织内部沟通协调机制的建立提升员工知识吸收能力,进而提升组织非正式网络知识扩散效果。

本研究的组织内员工非正式网络对于Web2.0环境下知识扩散具有启示意义。员工非正式网络具有无标度和小世界的特性,网络中的重要节点具有较强的知识扩散能力。由于组织内信息越来越依赖于新兴的信息技术,故未来可研究基于Web2.0技术背景下的知识扩散网络,从而制定出更好的知识扩散策略以提高组织知识扩散效率。

作者单位:内蒙古大学经济管理学院

责任编辑:韩海燕

^① 何非、何克清《大数据及其科学问题与方法的探讨》,《武汉大学学报》(理学版)2014年第1期。

