

技术扩散的过程与模型：一个文献综述

曹兴^{1,2}, 柴张琦¹

(1. 中南大学商学院, 湖南长沙, 410083; 2. 湖南工业大学商学院, 湖南株洲, 412003)

摘要: 技术扩散是促进产业升级、经济增长和优化资源配置的重要手段, 许多研究者对此进行了深入研究。文章对扩散过程进行了综述, 分析了扩散过程与网络结构的关系, 以及扩散过程中的影响因素; 总结了扩散机制, 并重点评述了扩散的动力机制和激励机制; 从宏观扩散模型、微观扩散模型和基于复杂网络的扩散模型三个方面对扩散模型进行综述, 对当前技术扩散研究现状进行了评述以及今后的研究方向进行了展望。

关键词: 技术扩散过程; 技术扩散机制; 技术扩散模型; 产业升级; 资源配置

中图分类号: F062.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2013)04-0014-09

一、引言

技术扩散是创新过程中的一个后续子过程, 但同时又是一个完整独立的技术与经济结合的运动过程(武春友, 1997)^[1]。舒尔茨(1990)认为“没有扩散, 创新便不可能有经济影响”^[2]。熊彼特(1912)将技术创新的大面积或大规模的模仿视为技术创新扩散^[3]。斯通曼(1989)定义技术扩散为“一项新技术的广泛应用和推广”^[4]。科莫达(1986)则指出, 技术扩散是“对理解和开发所引进技术的能力的一种转移”^[5]。傅家骥(1992)则将技术创新扩散定义为技术创新通过一定渠道在潜在使用者之间传播、采用的过程, 并认为技术创新扩散可理解为由创新观点扩散、研究与开发技术扩散、和技术实施扩散三部分组成^[6]。曾刚(2002)提出了技术扩散是指一项技术在其它经济领域和更大地域空间范围的应用推广^[7]。

通过对以往文献的梳理发现, 文献中经常出现“技术创新扩散”这个概念, 它的概念和“技术扩散”的概念基本相同^[8], 多数学者将这两个概念等同使用。事实上, 技术扩散和技术创新扩散仍然有一些细微的区别: 技术创新扩散的过程始于技术发明或技术成果的首次商业化应用之时, 而技术扩散的过程应始于技术发明或技术成果出现之时, 即技术扩散的起点早于

技术创新扩散, 这种差别通常被忽略^[9]。傅家骥(1992)认为技术扩散和技术创新扩散的关系既有联系又有区别, 技术扩散是指 R&D 技术和技术创新实施技术的扩散, 它与创新观点扩散分别构成技术创新扩散的不可分割的两个方面^[6], 即技术创新扩散包括技术扩散^[10]。

因此, 本文将技术创新扩散视为技术扩散的同义语, 认同技术扩散并把它视为技术创新的过程, 通过梳理技术扩散过程、机制和模型研究的文献, 以期为研究技术扩散提供借鉴和参考。

二、技术扩散过程的研究

(一) 技术扩散理论及其演化

技术扩散是一个复杂的技术与经济、技术与市场相结合的过程。关于扩散的成因、动力、方向、范围和程度, 学者们因为各自的角度不同, 对这些问题的认识也不尽相同。传统的技术扩散理论, 将扩散过程大致划分为传播过程、替代过程、学习过程、博弈过程和演化过程等。传播过程的观点认为扩散起始于最初的技术创新供方, 随着时间的推移, 新技术逐渐被采用, 新的采用者或变为潜在的新技术的供给者或对潜在采用者产生口头的交流作用, 潜在采用者不断减少, 直至为零, 至此扩散过程宣告结束^[11-14]。从技术

收稿日期: 2013-04-07; 修回日期: 2013-07-16

基金项目: 湖南省哲学社会科学基金重大委托项目(12WTA45); 湖南省哲学社会科学基金重点项目(11ZDB060); 国家自然科学基金委创新群体项目(71221061); 教育部哲学社会科学重大专项(10JJD0020); 中央高校基本科研业务费课题(721500064)

作者简介: 曹兴(1964-), 男, 四川大竹人, 中南大学商学院教授, 博士生导师, 湖南工业大学商学院教授, 主要研究方向: 技术经济评价, 技术创新与技术管理, 投融资风险管理; 柴张琦(1989-), 女, 浙江衢州人, 中南大学商学院硕士生研究生, 主要研究方向: 技术创新, 技术管理。

替代的观点来看技术创新的历史,发现真正全新的产品远比换代新产品少。因此,扩散更多地表现为新技术对老技术的替代^[15]。学习过程是从学习的角度指出扩散过程实质上是一个再创新的过程。创新被采用过程中,有许多技术问题需要解决,有时要进行研究开发活动。扩散过程根据新技术的成熟程度可被分为若干个阶段,在每个阶段中新技术都在不断的调整和创新^[16-17]。一些研究则认为扩散过程是一个博弈过程,参与者们做出的决策不仅会考虑自己的利益情况,也会考虑决策对其他参与者的影响^[18]。演化分析思想打破了就扩散过程而论扩散过程的思维定式,把扩散过程重新放回到现实的环境中,联系环境的变化、产业的演化、技术与经济的发展、社会的变迁等一系列复杂的相关过程,进行全方位的考察^[19-20]。

技术扩散过程模式研究基本是从时间角度和空间角度展开的。传统扩散理论对扩散过程的研究,都是随时间来展开。罗杰斯(1983)将技术扩散过程随时间变迁划分为五个阶段,即认识阶段、说服阶段、决策阶段、实施阶段和证实阶段^[21],在这五个阶段中,有一系列的变量促进或延缓整个决策过程,对技术扩散过程更侧重于研究影响扩散过程的因素,即企业在新技术条件下产出比例如何随时间变化并趋于饱和^[4]。从空间角度展开研究的文献中,早期的研究将信息的流动视为扩散过程的主导因素,技术扩散的强度有随距离增加而衰减的趋势,从而产生了空间上的“近邻效应”^[22]。后期的研究则将技术在空间扩散的方式分成了两种:一种是以 Morrill^[23]、Darwent^[24]为代表的波浪式空间扩散,一种是以 Richardson^[25]、Casetti^[26]、Pedersen^[27]为代表的等级空间扩散。

(二) 扩散过程与网络结构

技术扩散活动呈现出显著的网络特征。之前学者对扩散过程的研究专注于扩散的时间、采纳者数量或者扩散的空间范围,但都忽略了扩散过程中的一个关键因素——扩散所形成的网络结构。在决定是否采纳某项创新的决策过程中,个体往往很注重那些与自己相似,并且已经采纳了该创新的个体的经验和感受,而这种对于创新的主观评价是通过扩散网络从个体传达给另一个个体的^[28]。扩散网络包含了网络组织、人际关系网络和交互网络等,创新者、采用者等扩散行为主体作为网络节点,共同构成了一个复杂的创新扩散网络,这种网络效应的存在加快了技术扩散。

网络结构影响着网络节点关联、扩散方式、扩散距离、扩散路径和扩散程度^[29]。赵正龙(2008)等在分析企业网络的扩散过程时,指出网络特征和企业行为

模式会影响到创新的扩散过程,网络的异质性越高,平均度越低,就越容易影响创新的自然选择过程^[30]。Cainelli G.等(2007)对在一个固定的本地系统里的社会资本和动态创新进行了研究,提出研发网络或社会功能是创新产出的强大的动力^[31]。有部分学者认为网络结构会对扩散过程产生影响,并且这种影响是相互的,社会网络与创新扩散之间存在的这种双向反馈关系,也称为“共生演化”^[32]。

网络结构在一定程度上加剧了技术扩散过程的复杂性,主要体现为扩散过程的不确定性、技术扩散过程中的影响因素以及技术创新不同性质主体之间的相互转化,即创新技术的拥有方与创新技术的吸收方之间是相互转变的,这种转变具有较大的不确定性和随机性。随着对复杂网络理论研究的兴起,越来越多的学者将技术扩散与网络结构结合起来研究,丰富了技术扩散的研究成果。

(三) 扩散过程的影响因素

技术扩散过程的复杂性引起了学者对影响因素研究的兴趣。一系列的影响因素会影响技术扩散的速率、范围和持续性。虽然研究成果颇多,但说法各异。通过对文献的梳理,对扩散过程的影响因素研究大致分为三个方面:

新技术的特性及创新企业的行为。不同类型的技术在不同的空间(企业内部、企业之间、不同领域)中的扩散特性是不同的。陈劲等(2008)^[33]、赵新刚等(2006)^[34]、王开明等(2005)^[35]、Delre S. A.等(2007)^[36]等学者都是这方面研究的代表。

采用者或消费者的行为。不同性质的技术扩散的采用者对扩散的影响也是不同的,采用者的地位、认知偏好、人际交流等因素都会影响扩散^[37-38],从事这方面研究的学者有杨朝峰(2006)^[39]、付晓蓉等(2011)^[40]、Alkemade等(2005)^[41]等。

传播渠道。传播渠道联接着创新拥有者和采纳者,在一定程度上影响着扩散主体的行为。传播渠道主要体现在网络结构、扩散的空间特征等方面,不同的传播渠道会影响扩散的范围、程度和持续性,从事这方面研究的学者有 MacGarvie(2005)^[42]、Delre等(2010)^[43]、陈锟(2010)^[44]、鲜于波等(2009)^[45]等学者。

以往对于影响因素的研究中,覆盖了从技术、产品到市场的技术扩散全过程管理,包括了产业(网络)、联盟、企业、新产品等多方面。从中可以看出这一系列的影响因素造成了扩散过程的复杂和难以预期。因此,通过定性描述、定量分析等方法,希望可以更加深刻、准确地揭示各种因素影响技术扩散的方式与规律。

因此, 本文认为技术扩散过程既有信息的传播, 采用者的采用、学习, 也有技术间的相互竞争和博弈, 并随着时间和空间的变迁不断演化。扩散过程必须具备四个要素: 一项创新, 通过特定的渠道, 经过一段时间, 发生在社会系统成员之间^[46], 其社会系统成员之间会构成一个具有无标度和小世界特性的复杂网络。

三、技术扩散机制的研究

技术扩散的机制, 主要是研究技术扩散过程能够自动进行的原因以及企业在技术扩散过程中遵循的规则问题。许多文献研究认同技术扩散的机制是由多种机制组成, 这些机制在扩散过程中相互协调, 共同发挥作用。傅家骥(1992)认为技术扩散机制由供求机制、计划机制、中介机制、激励机制和竞争机制组成, 以上五种机制同时发挥作用, 其合力决定扩散的模式^[14]。朱李鸣(1988)提出了技术扩散引导机制的概念, 认为技术扩散引导机制是由技术扩散动力机制、沟通机制和激励机制组成的自动系统^[47]。随着研究的深入, 不再是单一的分析技术扩散的机制问题, 而是将技术扩散置于所处环境中, 作为一个系统来研究。张国方等(2002)^[48]、郭锋等(2006)^[49]、李平(2007)^[50]、张然斌等(2007)^[51]、王莹(2008)^[52]、邓衢文(2010)^[53]等学者分别从网络环境、技术服务中心、国际技术扩散、技术需求方、生态产业链等角度来分析技术扩散机制对技术扩散的影响和作用。

动力机制和激励机制是构成技术扩散机制的重要组成部分。动力机制是研究技术扩散的必要性和可行性的机制, 而激励机制则是决定扩散的流向、速度和范围的机制。有关学者定位于研究扩散机制中的单一机制, 以此来分析技术扩散机制。

(三) 动力机制

扩散动力是探索影响创新扩散的决定力量, 是讨论扩散存在、方向和规模的关键^[54]。以往研究中将技术扩散的动力分为内在驱动力和外动力。技术的供给方出于利润最大化的考虑, 会在技术周期的不同阶段选择扩散或减缓扩散的策略, 需求方为获得创新带来的额外收益而引进技术创新, 这是创新扩散的内在动力机制^[55]。扩散的外动力则取决于技术创新所处的外在环境, 地理环境、市场环境、政策法规环境、信息服务环境、社会服务环境等环境因素都会影响技术扩散的外动力^[56]。冯云生、李建昌(2012)对技术扩散的动力因素进行了分析, 他们认为基于产业集群

的技术扩散的扩散动力主要受内外部环境因素的影响, 不同阶段的扩散其动力强度是不同的^[57]。刘辉、李小芹、李同升(2006)在分析农业技术扩散时指出, 以经济利益为基础的市场化机制, 能够从根本上解决了传统推广体制下不能解决的动力问题, 保证技术市场供给的持续性, 从而保证了农业技术有效扩散^[58]。

动力机制按扩散的主动方可分为拉力机制、推力机制以及耦合机制三种模式。拉力机制认为扩散得以发生的成因在于新技术的潜在采纳者主动学习模新技术, 技术创新使得创新者获得垄断利润, 促使许多企业模仿创新, 因此一项技术创新是通过对创新的模仿来实现具体扩散的。武春友(1997)认为技术扩散的主动方是新技术的潜在采纳者, 扩散的动力由推动力和牵引力合成, 技术创新采用者由于采用技术创新获得超额利润造成的市场竞争压力即为推动力, 采用者追求利润最大化即为牵动力, 二者共同作用, 推动着技术创新成果的扩散^[1]。

推力机制则认为扩散的成因在于技术的创新者或拥有者主动向市场推广技术。拥有新技术的企业出于自身利益的考虑, 例如抢占垄断市场, 追求利润最大化等, 在技术生命周期的不同阶段, 做出输出技术与否的决策。许慧敏, 王琳琳(2006)认为技术创新源于技术扩散的有偿性、完全垄断技术风险性、回收资金需求等方面的考虑, 会对技术扩散产生推动力, 推动新技术向市场扩散^[59]。

耦合机制认为需求与满足所需之间的相互关系共同促进了技术开发与应用。斋藤优提出了需求——资源论, 从创新技术本身与资源之间的适应性上, 论述了技术扩散的耦合机制, 供方的需求与淘汰的关系(N, R 关系)和需方的需求与淘汰的关系(N, R 关系)相耦合, 技术创新的扩散才得以进行^[60]。李俊利(2011)在分析资源节约型农业技术扩散时指出, 供给、中介和采用三个子系统的关系影响着资源节约型农业技术扩散, 只有三者之间有紧密的利益连接机制和有效的融合机制, 技术扩散才会有良好的效果^[61]。

技术扩散有两方主体: 拥有方和采纳方。无论是从哪个主体角度研究动机, 都可发现, 企业是在利益的趋势下对技术的扩散问题做出决策。因此, 在技术扩散的系统中, 技术不断的被创新、采纳和吸收, 经过几个阶段的循环往复运行, 直至系统中的利润被分割吸收完毕, 技术扩散的过程完成。

(二) 激励机制

激励机制作为扩散机制中的另一个重要组成部分, 主要是为了解决如何改善扩散环境, 加速扩散速度和提高扩散质量问题。技术扩散的激励是技术创新

活动启动、开展、强化的力量源泉, 创新扩散速度的快慢、创新扩散规模的大小主要由激励机制提供的动力大小所决定的^[62]。冯铁龙(2007)根据马尔科森模型的研究方法, 构建工业园区技术扩散的激励机制模型^[63]。赵维双(2005)运用委托——代理模式提出了基于环境的技术扩散的激励机制, 认为通过环境要素的优化来激发和制约扩散系统要素行为^[64]。赵骅等(2008)通过对企业集群内部技术扩散的特征和活动进行分析, 利用委托——代理理论, 建立了企业集群内部技术扩散激励机制框架, 借鉴“锦标机制”方法构建了企业集群技术扩散激励机制模型并对其加以分析, 得出相关激励制度为企业集群整体采取有效措施进行技术扩散激励提供了理论依据^[65]。

以往研究中关于企业技术扩散激励机制的文献相对较少, 而且考虑参与主体的心理因素的研究几乎没有, 但是心理学的研究成果表明参与人的心理因素往往能够影响人的决策行为。Vandegrift 和 Brown(2003)测试了任务难度的变化对激励结果的影响, 发现当代理人面对简单的任务时, 强激励不一定能够增加激励效果^[66]。汪行、刘卫国(2012)认为, 在企业技术扩散激励过程中, 园区政府在设定奖金水平时需要综合考虑企业面对的扩散任务难度、企业能力等因素^[67]。

激励机制连结扩散双方主体, 是双方动机直接沟通的“桥梁”。对于多数创新来说, 可能会存在扩散意愿不足的情况, 即动机不足以支撑扩散的持续, 原因有多种: 对于技术潜在采纳者而言, 采用一项新技术需要投入大量的资金和人力资源, 而其效益却不确定, 或者要等到若干年以后才会产生效益, 产出效益和期限的不确定, 阻碍了企业对于创新的投入; 对于技术拥有方而言, 由于其注重科研而不注重其商业化, 加上市场的非完全性等原因, 其技术转让的意愿也不高。因此, 激励机制就是为了弥补扩散动机不足, 从政府政策激励、企业人才激励等多个角度来促使技术的持续扩散。

四、技术扩散模型的研究

扩散模型的研究是学者们关注的焦点之一。因为扩散模型可为企业预测技术未来的扩散情况, 可为企业制定技术创新营销策略提供决策支持。迄今为止, 国内外学者已提出了许多各具特色的扩散模型, 分别从模型结构、拐点位置、内外部影响系数等角度对模型进行了分类^[68]。对于扩散模型分类, 传统的分类方式是将其分为两类: 宏观扩散模型和微观扩散模型。

但是, 通过对文献发表时间的整理, 发现学者们对扩散模型的研究具有宏观扩散模型研究——微观扩散模型研究——基于网络的扩散模型研究这样的历史研究线索。基于此, 将扩散模型分成了三类: 宏观扩散模型、微观扩散模型和基于复杂网络的扩散模型。

(一) 宏观扩散模型

宏观扩散模型着重考察“扩散的速度”(diffusion rate)。假设个体间相互作用是独立同分布的, 即扩散过程对于每个个体而言是相同且独立的, 因此可以用简单的微分方程刻画群体范围的宏观扩散过程。宏观扩散模型的研究, 特别是 bass 模型及其拓展和改进研究, 在扩散模型研究中占据着重要地位。

这类模型大多建立在一个经验发现——技术创新采用者比例呈 s 曲线^[15], 其基础模型是内部影响模型, 外部影响模型和混合信息源模型(亦称 bass 模型)。这些模型遵循了 s 形增长模式, 符合技术创新的扩散现象。因此, 学者们基于这些模型对企业技术扩散情况进行分析、评估以及预测。Shuster(1998)利用指数扩散模型估计了 IP 电话使用人数的增长情况^[69]。Lee 和 Cho(2007)则用逻辑扩散模型与时间序列方法对韩国移动通信产品的扩散进行了实证研究, 发现逻辑扩散模型对数据的拟合效果更好^[70]。Laciana C.E. 和 Rovere S.L.(2011)通过对技术扩散动态过程的模拟, 发现当个体之间的差异大时, 早期的新技术采纳者对技术的传播会加快技术扩散的速率^[71]。Turk T. 和 Trkman P.(2012)研究分析了欧洲经济合作与发展组织成员国的宽带技术扩散问题, 通过 bass 模型来评估宽带技术创新和模仿的速度以及潜在接纳者的总数量。结果表明以目前宽带服务继续发展的趋势, 宽带技术将不能达到 100% 的渗透率^[72]。Chu C.P. 和 Pan J.G.(2008)利用 bass 模型来评估台湾地区移动互联网订户的发展趋势, 并且预测了 GPRS、PHS\3G 等技术的最终市场潜力^[73]。薛伟贤, 刘骏(2010)基于经典的 bass 模型, 构建了“ICTs 的扩散模型”, 在模型中推导出 ICTs(信息技术)扩散的时间路径函数, 然后用两个地区的时间路径函数之差表示出区域“数字鸿沟”, 在此基础上对区域“数字鸿沟”演变的阶段进行划分^[74]。

由于 bass 模型自身的假设条件很多, 现实情况并不能够满足所有的条件, 后来的学者通过对模型进行些许修正, 以期模型更符合现实情况。Rajkumar 等(2002)提出采用遗传算法进行参数估计, 并与其他参数估计方法进行了比较^[75]。杨敬辉(2005)研究了在模型数据不充足的情况下, 采用遗传算法进行参数估计比传统的估算方法可信度较高, 并且指出遗传算法可以准确地估算模型数据点较少、产品还处于成长期的

扩散模型^[76]。孟繁东、何明升(2008)运用蚁群算法来估计参数,通过优化的 bass 模型对中国互联网 IPv4 标准的扩散进行了分析和预测^[77]。陈晓伟(2008)在分析之前学者对 bass 模型扩展研究的基础上,提出了新的 bass 扩展模型——XYZ 模型,并用 XYZ 模型研究中国电信业的技术扩散发展趋势^[78]。向希尧、蔡虹(2008)从社会资本理论角度看, Bass 模型及其改进主要围绕着对技术扩散过程中社会主体、社会互动过程、扩散的技术三个主要要素,不断深入认识和细致刻画来进行的^[79]。Dodson 和 Muller (1978)虽然延续了 bass 模型的基本思想,但是考虑了市场上不同类型的主体之间的交流与相互影响^[80]。Kalish (1985)认识到了个人之间对信息的不同理解,因此推翻了 Bass 模型中有关潜在采用者同质性的假设,并构建了新的扩散模型^[81]。

对于宏观扩散模型,仍然有五个方面的问题有待进一步的研究:基于内部营销的采用、多重采用、消费者期望的影响、风险模型目前的发展探索、在微观层次上理解扩散过程^[82]。因为,宏观扩散模型仅仅关注扩散过程的宏观现象,而忽略了社会系统个体间相互作用的微观基础,尤其当网络中主体之间的相互作用对于整个扩散过程具有关键作用时,运用该模型得到的预测结果就更难令人信服。

(二) 微观扩散模型

微观扩散模型从社会系统成员个体出发,认为个体是否采用某种创新是一种决策行为,而且不仅是个体通过学习、自我分析和判断进行决策的理性行为,也是通过个体互动从而改变决策的动态过程^[83]。因此,微观扩散模型通过借鉴其他领域的理论,分析扩散的微观基础,更多的考察“扩散的程度”(diffusion extent),即在任何一个时期潜在采用者面临“采用”和“等待”两个可供选择的决策行动,潜在采用者根据自身对新技术的先验认识和已采用新技术企业的实际经验,通过比较两个决策行动下期望盈利的大小,决定采用哪一个决策行动。随着仿真等技术的发展,微观扩散模型逐渐成为技术扩散领域的新方向^[15]。

微观扩散模型大致可以分为几类:第一类是基于博弈理论构建的模型,它认为个体之间通过策略性互动来实现扩散。这类模型将行为或现象的形成和演化看作是扩散过程,将博弈的均衡选择看作是扩散结果^[83]。Reinganum(1981)首次将博弈论应用到技术扩散模型的研究中,分析了在双头垄断博弈中,两个属性相同的公司之间的扩散问题^[84]。万谦等(2006)建立协调博弈模型,通过技术创新特征(产品性能、消费者异

质性)刻画出技术扩散阈值函数,并根据技术扩散阈值概率分布的分析来讨论产品性能和消费者异质性的影响,从而为不同市场位置企业的创新产品市场投放策略提供指导^[85]。

第二类是基于个体特征的模型。这类模型大致可以分成两种:一是基于消费者行为特征的扩散模型,这类模型从消费者的行为和心理因素入手,研究消费者对创新采纳的心理反应和行为特征,如口碑效应、虚荣效应、从众效应对扩散的影响^[83]。Lev Kuandykov 等(2009)研究了社会邻居对创新扩散曲线的影响,对比了创新扩散的随机网络和规则社会网络,比较了从众效应和虚荣效应对扩散速度的影响,得出随机网络的创新产品采用速度要快些^[86]。二是基于消费者个体采用的微观扩散模型,由于个体的异质性结构和前瞻性行为的存在,个体对创新或技术的采用概率是不可能相同的,因此需要从个体角度构建扩散模型,其基本思想是通过个体采用决策模型的构建,将个体采用时间或采用概率累积起来,从而得到总体的、宏观的扩散数据^[87]。Inseong(2003)认为消费者的异质性结构和前瞻性行为两者是相互影响的,并且针对这两类个体微观差异构建了一个实证模型来论证二者是否影响和对创新扩散的作用^[88]。

第三类是基于复杂系统理论的扩散模型。复杂系统理论提供了一个从微观主体行为过渡到系统宏观行为的理论框架,许多学者尝试和倡导运用复杂系统理论和方法来研究新产品扩散。Yoshinori Inoue 等(2008)将风力发电系统作为一个复杂技术系统,用几种方法分析了早期风力发电系统的创新扩散模型^[89]。Renato Guseo 等(2009)讨论了新的制造药物扩散的申请,利用元胞自动机,提出了一个创新扩散过程的两阶段模型^[90]。

(三) 基于复杂网络的扩散模型

随着复杂网络理论的兴起和发展,许多学者意识到技术扩散实质上是在网络组织中的扩散。传统的基于社会网络的创新扩散研究,描述了消费者人际关系交流渠道特征及其对创新微观采纳的影响。这类研究基本上采用案例分析方法,研究小规模社会群体中的创新扩散问题,所考虑的网络结构也局限于局部网络特征^[91]。当网络规模扩大以后,传统的分析方法已无法解释在复杂网络中技术扩散的特点。因此,学者们尝试着运用社会网络分析方法和复杂网络分析方法来研究研究基于复杂网络的技术扩散模型。

已有许多学者基于不同的网络结构,对扩散过程进行分析。Moore 和 Newman(2000)最早对小世界网络

上的扩散行为进行了研究, 通过求解 SIR 模型的扩散临界值, 说明小世界效应可以加速扩散, 扩散阈值降低。相对于规则网络, 疾病在小世界网络中更适宜传染^[92]。Gaston 和 Jardins(2005)通过分析四种网络结构(规则网络、小世界网络、随机网络和无标度网络)下的新产品扩散, 发现基于无标度网络结构的创新扩散速度最快^[93]。Hanool choi(2010)研究了网络结构、网络效应在创新扩散中的作用, 通过模拟计算得出的小世界图发现创新扩散在随机网络中比在消费者高度密集的网络中更可能会失败^[94]。黄玮强和庄新田(2007)研究了基于小世界网络的创新扩散, 数值模拟结果表明: 存在介于规则网络和随机网络之间的小世界扩散网络; 外部因素和内部因素共同决定一个成功的扩散过程; 网络的簇系数决定扩散的最终水平, 而网络平均距离决定扩散速度; 网络个体间的异质性程度越大, 越不利于创新扩散^[95]。李英、蒋录全(2010)采用基于代理(Agent)的复杂系统仿真方法, 从微观层面研究了技术创新在小世界网络中的扩散问题, 分析了 Nash 和 Pareto 两种不同规则对扩散过程和扩散终态的影响^[96]。李华丽(2011)通过分析目前各类技术扩散模型的优缺点, 以及各类复杂网络对现实扩散环境的模拟效果, 建立了基于 BA 无标度网络的技术扩散模型, 并利用实际数据对模型进行了验证^[97]。

五、评述与展望

对于扩散过程的研究, 学者从各自所学的领域出发, 对其的描述各有不同。这是由扩散过程的内在的复杂性所决定的, 因为技术扩散是从时间和空间两个维度下进行的。在其扩散过程中, 会有一系列的影响因素影响着扩散的方向、范围和程度。而且, 扩散是在网络中进行的。因此, 扩散过程也有了复杂网络的一些特征, 这也增大了对扩散过程的描述和预期。但是, 剔除影响扩散的一些因素可以发现, 扩散的本质也是简单的, 它的行为目的便是将一项技术或者创新从一个个体扩散到另一个个体, 且这种扩散是需要时间的延续和空间的流动的。因此, 扩散过程有四个必不可少的特征: 一项创新, 通过特定的渠道, 经过一段时间, 发生在社会系统成员之间。

扩散机制是对扩散过程本质的深度挖掘, 它研究的是扩散过程的规则。扩散过程的复杂性导致扩散机制也具有复杂性。以往研究认为扩散机制是由动力机制、激励机制、法律机制等多种机制相互作用形成的

机制。而且在不同的环境或网络结构中, 各个机制所起的作用以及程度是有差别的。在扩散机制中, 最为重要的是动力机制和激励机制。

扩散模型的研究有从宏观研究向微观研究, 从非随机性研究向随机性研究, 从微积分数学方法向网络分析方向转变的趋势。目前, 宏观扩散模型占据了扩散模型研究中的主要地位, 而微观扩散模型和基于复杂网络的扩散模型则刚处于起步阶段, 是未来研究的趋势。但是, 这三种模型之间也存在着优缺点:

宏观扩散模型是典型的数学模型, 其优点是能够使用实际的产品扩散数据对模型进行参数检验和模型验证, 更具有操作性, 其缺点是忽略了个体的异质性, 仅能描述采纳人数在市场变化情况, 而却难以探究扩散的特征和本质;

微观扩散模型能够从微观角度揭示创新扩散的内部规律, 能够设定不同的市场营销环境下的扩散的过程, 对企业的决策具有很大的支持作用, 其缺点是个体根据设定的计算机规则进行状态的转变, 仿真过程过于机械化, 而且仿真的参数设定随机性很大, 难以获得合理的数据进行支持;

基于复杂网络的扩散模型才刚刚兴起, 有关小世界网络和无标度网络对扩散行为的影响研究还很少, 有待进一步的研究。其优点是运用复杂网络理论使得扩散模型更与现实相符, 更注重个体之间的互动和决策。其缺点是更关注于网络结构特性, 忽视了扩散本身的特性和本质, 而且, 所需的数据较多, 在现实中可能难以实现。

通过文献整理发现, 虽然在技术扩散方面, 之前学者已进行了大量的研究, 未来还可以从以下几个方面展开研究:

技术扩散的测度。虽然已经有大量的扩散模型来对技术扩散进行评估和预测, 但是, 测度扩散的经济效益方面的研究较少, 几乎没有一种有效的测度方法或评估工具来计算技术扩散对企业、产业或国家产生的效益;

复杂网络中的技术扩散。这方面的研究已经起步, 网络结构对技术扩散的影响已经有学者进行研究, 但是反过来研究扩散对网络结构的影响的文献几乎没有。因此, 复杂网络中的技术扩散仍是未来的研究方向;

共性技术的技术扩散。共性技术是指在很多领域内已经或未来可能被普遍应用, 其研发成果可共享并对整个产业或多个产业及其企业产生深度影响的一类技术。共性技术的外部性较强, 需要多部门多企业的合作研发。因此, 研究共性技术的协同创新及其扩散

更具有现实意义。

参考文献:

- [1] 武春友, 戴大双, 苏敬勤. 技术创新扩散[M]. 北京: 化学工业出版社, 1997.
- [2] Scholtz T. W. 人力资本投资[M]. 北京: 商务印书馆, 1990.
- [3] Schumpeter J.A.. The instability of capitalism[J]. *Economic Journal*, 1928(3): 34-56.
- [4] P.斯通曼. 技术变革的经济分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 1989.
- [5] 林兰, 曾刚. 技术扩散对高新技术企业布局的影响[J]. *科技进步与对策*, 2007(2): 78-83.
- [6] 傅家骥. 技术创新——中国企业发展之路[M]. 企业管理出版社, 1992.
- [7] 曾刚. 技术扩散与区域经济发展[J]. *地域研究与开发*, 2002, 21(3): 38-41.
- [8] 区毅勇. 产业集群下的技术扩散研究——基于株洲三角洲的实证分析[D]. 广州: 华南理工大学, 2009.
- [9] 杜长征, 杨磊. 技术创新、技术进步与技术扩散概念研究[J]. *经济师*, 2002(3): 43-44.
- [10] 加不里埃儿·塔尔德, 特里·N·克拉克. 传播与社会影响[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2005.
- [11] E. Mansfield. Technology change and the rate of imitation[J]. *Econometrics*, 1961(29): 741-765.
- [12] 许庆瑞, 盛亚. 技术扩散国内外研究综述[J]. *科学管理研究*, 1993(4): 11-14.
- [13] 蔡希贤, 史焕伟. 技术创新扩散及其模式研究[J]. *科技进步与对策*, 1995(2): 25-27.
- [14] 傅家骥. 技术创新学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [15] 盛亚. 技术创新扩散与新产品营销[M]. 北京: 中国发展出版社, 2002: 35-52.
- [16] 陈美章. 对我国知识产权战略的思考[J]. *科技与经济*, 2004.
- [17] 陈国宏, 王吓忠. 技术创新、技术扩散与技术进步关系新论[J]. *科学学研究*, 1995, 13(4): 68-73.
- [18] 康凯. 技术创新扩散理论与模型[M]. 天津: 天津大学出版社, 2004.
- [19] R. Nelson, S. Winter. An Evolutionary Theory of Economic Change[M]. London: The Belknap of Harvard University, 1982.
- [20] 胡宝民. 技术创新扩散理论与系统演化模型[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [21] Rogers E.M.. Diffusion of Innovations (3rd ed)[M]. New York: The Free Press, 1983.
- [22] 余迎新, 许立新. 技术创新空间扩散的研究现状与展望[J]. *天津工业大学学报*, 2001, 20(6): 1-6.
- [23] Morrill R.L.. The shape of diffusion in space and time[J]. *Economic Geography*, 1970(46): 68-259.
- [24] Darwent D.F.. Growth poles and growth centres in regional planning: A review[J]. *Environment and Planning*, 1969(1): 5-31.
- [25] Richardson H.W.. the Economics of Urban Size[M]. Lexington: Lexington Books, 1973.
- [26] Casetti E., Semple R.K.. Concerning the testing of spatial diffusion hypotheses[J]. *Geographical Analysis*, 1969(1): 9-154.
- [27] Pedersen P.O.. Innovation diffusion within and between national urban systems[J]. *Geographical Analysis*, 1970(2): 54-203.
- [28] 黄玮强, 庄新田. 网络结构与创新扩散研究[J]. *科学学研究*, 2007, 25(5): 1018-1024.
- [29] 王珊珊, 王宏起. 技术创新扩散的影响因素综述[J]. *情报杂志*, 2012, 31(6): 197-201.
- [30] 赵正龙, 陈忠, 李莉. 基于企业网络的创新扩散过程[J]. *上海交通大学学报*, 2008, 42(9): 1534-1540.
- [31] Cainelli G., Mancinelli S., Mazzanti M.. Social capital and innovation dynamics in district-based local systems[J]. *The Journal of Socio-Economics*, 2007: 932-948.
- [32] 赵良杰, 赵正龙, 陈忠. 社会网络与创新扩散的共生演化[J]. *系统管理学报*, 2012, 21(1): 62-69.
- [33] 陈劲, 魏诗洋, 陈艺超. 创意产业中企业创意扩散的影响因素分析[J]. *技术经济*, 2008, 27(3): 37-45.
- [34] 赵新刚, 闫耀民, 郭树东. 企业产品创新的扩散与采纳者的行为决策模式研究[J]. *中国管理科学*, 2006, 14(5): 98-103.
- [35] 王开明, 张琦. 技术创新扩散及其壁垒: 微观层面的分析[J]. *科学学研究*, 2005, 23(1): 139-143.
- [36] Delre S.A., Jager W., Bijmolt T.H.A., Janssen M.A.. Targeting and timing promotional activities: An agent-based model for the take off of new products[J]. *Journal of Business Research*, 2007, 60(8): 826-835.
- [37] 付晓蓉, 赵冬阳, 李永强, 等. 消费者知识对我国信用卡创新扩散的影响研究[J]. *中国软科学*, 2011(2): 120-131.
- [38] 廖志高, 徐玖平. 一类技术创新扩散模型的稳定性及其应用[J]. *系统工程理论与实践*, 2007(8): 65-74.
- [39] 杨朝峰. 基于领导者-追随者混合结构模型的创新扩散实证研究[J]. *中国软科学*, 2006(9): 82-86.
- [40] 付晓蓉, 赵冬阳, 李永强, 等. 消费者知识对我国信用卡创新扩散的影响研究[J]. *中国软科学*, 2011(2): 120-131.
- [41] Alkemade F., Castaldi C.. Strategies for the diffusion of innovations on social networks[J]. *Computational Economics*, 2005, 25(1/2): 3-23.
- [42] Mac Garvie M.. The determinants of international knowledge diffusion as measured by patent citations[J]. *Economics Letters*, 2005, 87(1): 121-126.
- [43] Delre S.A., Jager W., Bijmolt T.H.A., Janssen M.A.. Will it spread or not the effects of social influences and network topology on innovation diffusion[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2010, 27(2): 267-282.
- [44] 陈轲. 种子顾客的网络分布对创新扩散的影响[J]. *管理科学*, 2010, 23(1): 38-43.
- [45] 鲜于波, 梅琳. 主体异质性、小世界网络与间接网络效应下的标准扩散-基于 agent 计算建模的研究[J]. *管理评论*, 2009, 21(3): 65-72.

- [46] Rogers E.M.. Diffusion of Innovations (3rd ed)[M]. New York: The Free Press, 1983.
- [47] 朱李鸣. 我国技术扩散导引机制初步考察[J]. 科技管理研究, 1988(3): .
- [48] 张国方, 曾娟. 基于网络环境的技术扩散机制研究[J]. 科技进步与对策, 2002: 69-71.
- [49] 郭锋, 但斌, 张旭梅. 基于技术服务中心的供应链技术扩散机制研究[J]. 研究与发展管理, 2006,18(2): 28-33.
- [50] 李平. 国际技术扩散对发展中国家技术进步的影响: 机制、效果及对策分析[J]. 上海: 生活·读书·新知三联书店, 2007.
- [51] 张然斌, 刘解龙, 刘建江. 基于需求方企业的循环技术扩散机制研究[J]. 财经理论与实践(双月刊), 2007, 28(145): 111-115
- [52] 王莹. 基于生态产业链的绿色技术创新扩散机制分析[D]. 沈阳: 东北大学, 2008.
- [53] 邓衢文. 基于技术创新服务平台的共性技术扩散机制[D]. 北京: 清华大学, 2010.
- [54] 张进宝. 中小学教育技术扩散动力机制研究[J]. 现代教育技术, 2009, 19(1): 12-16.
- [55] 邹樵, 陈建洪. 共性技术扩散的途径与动力机制研究[J]. 区域经济与产业经济, 14-15.
- [56] 段存广, 赖小东. 基于产业集群的技术创新扩散动力因素分析[J]. 上海管理科学, 2012, 34(2): 88-92.
- [57] 冯云生, 李建昌. 基于产业集群的技术创新扩散动力因素分析[J]. 东吴学术, 2012(1): 85-90.
- [58] 刘辉, 李小芹, 李同升. 农业技术扩散的因素和动力机制分析——以杨凌农业示范区为例[J]. 农业现代化研究, 2006, 27(3): 178-181.
- [59] 许慧敏, 王琳琳. 技术创新扩散系统的动力机制研究[J]. 科学学研究, 2006, 24: 291-294.
- [60] 斋藤优. 技术的生命周期[J]. 外国经济参考资料, 1983(4): .
- [61] 李俊利. 我国资源节约型农业技术扩散问题研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.
- [62] 管延德, 赵维双. 技术创新扩散的激励机制研究[J]. 辽宁商务职业学院学报: 社会科学版, 2003(4): 22-23.
- [63] 冯铁龙. 工业园区技术创新的扩散及其激励机制研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2007.
- [64] 赵维双. 技术创新扩散的环境与机制研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2005.
- [65] 赵骅, 丁丽英, 冯铁龙. 基于企业集群的技术创新扩散激励机制研究[J]. 中国管理科学, 2008(4): 175-181.
- [66] Uwe Sunde. Potential, Prizes and Performance: Testing Tournament Theory with Professional Tennis Data[N]. IZA Discussion Paper, 2003(947): .
- [67] 汪行, 刘卫国. 考虑任务难度和能力差异的高新区企业技术创新扩散激励机制研究[J]. 华东理工大学学报: 社会科学版, 2012(2): 46-51.
- [68] 宋海荣, 董景荣, 刘超. 技术创新扩散模型[J]. 工业技术经济, 2007(2): 44-45.
- [69] Shuster M.S.. Diffusion of Network Innovation Implications for Adoption of Internet Services. Paper presented at MIT Internet Telephony Consortium 1998 Presentation.
- [70] Lee M., Cho Y.. The Diffusion of Mobile Telecommunications Services in Korea[J]. Applied Economics Letters, 2007(14): 477-481.
- [71] Laciara C.E., Rovere S.L.. Ising-like agent-based technology diffusion model: Adoption patterns vs. seeding strategies[J]. Physica A, 2011, 390:1139-1149.
- [72] Turk T., Trkman P.. Bass model estimates for broadband diffusion in european countries[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2012, 79(1): 85-96.
- [73] Chu C.P., Pan J.G.. The forecasting of the mobile internet in taiwan by diffusion model[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2008, 75(7): 1054-1067.
- [74] 薛伟贤, 刘骏. 基于技术扩散模型的区域“数字鸿沟”演变阶段划分[J]. 系统工程, 2011, 29(1): 78-84.
- [75] Rajkumar V. A genetic algorithms approach to growth phase forecasting of wireless subscribers[J]. Int J Forecasting, 2002, 18(4): 625-646.
- [76] 杨敬辉. Bass 模型及其两种扩展型的应用研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2005.
- [77] 孟繁东, 何明升. 采用优化的 Bass 模型对中国 IPv4 标准扩散趋势研究[J]. 大连理工大学学报, 2008, 48(1): 137-142.
- [78] 陈晓伟. Bass 模型的扩展研究——以我国电信业为例[D]. 广州: 暨南大学, 2008.
- [79] 向希尧, 蔡虹. Bass 模型族有关技术扩散社会化过程的研究——从社会资本角度的认识[J]. 科技管理研究, 2008(11): 34-39.
- [80] Dodson J.A., Muller E. Models of new product diffusion through advertising and word-of-mouth [J]. Management Science, 1978: 1568-1578.
- [81] Kalish S. A New production adoption model with pricing, advertising and uncertainty[J]. Management Science, 1985, 31: 1569-1585.
- [82] 刘超, 罗洪林, 王君祥. 技术创新扩散模型的研究进程与方向[J]. 工业技术经济, 2006, 25(12): 56-60.
- [83] 赵正龙. 基于复杂社会网络的创新扩散模型研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [84] Reinganum J.F.. On the diffusion of new technology: A game theoretic approach[J]. The Review of Economic Studies, 1981, 48(3): .
- [85] 万谦, 董景荣, 万涛. 创新特征对技术扩散的影响[J]. 工业技术经济, 2006: 1.
- [86] Lev Kuandykov. Maxim Sokolov. Impact of social neighborhood on diffusion of innovation S-curve[J]. Decision Support Systems, 2009.
- [87] 龚艳萍, 李峰. 基于消费者个体采用决策的新产品扩散模型综述[J]. 科技管理研究, 2007(6): 239-242.
- [88] Inseong Song. Empirical Analysis of Dynamic Consumer Choice Behavior: Micromodeling the New Product Adoption Process

- with Heterogeneous and Forward-Looking Consumers[D]. Chicago: The University of Chicago.
- [89] Yoshinori Inoue, Kumiko Miyazaki. Technological Innovation and Diffusion of Wind Power in Japan[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2008(75): 1303–1323.
- [90] Guseo R., Guidolin M.. Modelling a dynamic market potential: A class of automata networks for diffusion of innovations[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2009(76): 806–820.
- [91] 黄玮强. 基于复杂社会网络的创新扩散研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2008.
- [92] Moore C., Newman M.E.J.. Epidemics and percolation in small-world networks[J]. *Physical Review E*, 2000, 61(5): 5678.
- [93] Gaston M., Jardins M.. Agent-organized networks for multi-agent production and exchange[C]//Proceedings of the 20th National Conference on Artificial Intelligence (AAA105). Pittsburgh, PA, 2005.
- [94] Hanool choi, Sang-Hoon Kim, Jeho Lee. Role of network structure and network effects in diffusion of innovations[J]. *Industrial Marketing Management*, 2010(39): 170–177.
- [95] 黄玮强, 庄新田. 基于随机网络的创新扩散研究[J]. *管理学报*, 2007, 4(5): 622–635.
- [96] 李英, 蒋录全. Pareto-Nash 混合策略下小世界网络中创新扩散模型仿真分析[J]. *上海交通大学学报*, 2010, 44(3): 345–348.
- [97] 李华丽. 基于 BA 无标度网络的技术创新扩散模型研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2011.

The Revision of the process and model of technology diffusion

CAO Xing^{1,2}, CHAI Zhangqi¹

- (1. Business School of Central South University, Changsha 410083, China;
2. School of Business, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412003, China)

Abstract: Technology diffusion is an important measure for promoting industrial upgrading, improving economy and optimizing allocation of resources, which has been studied by many scholars. This paper reviews the relative studies about the process of technology diffusion, analyzes the relations between the diffusion process and network structure and the influencing factors in the diffusion process; summarizes the mechanism of technology diffusion, which puts attention on dynamic mechanism and motivation mechanism; makes a systematic analysis to the diffusion models from three aspects including macro diffusion model, micro diffusion model and based on the complex network diffusion model. And then, the current research status of technology diffusion is reviewed and the future research direction is discussed.

Key Words: knowledge transfer; process; mechanism; model

[编辑: 汪晓]