

协同创新的动态机制与激励政策*

——基于复杂系统理论视角

□叶伟巍 梅亮 李文 王翠霞 张国平

摘要 :产学研体系是国家创新系统的核心,产学研体系的协同创新能力攸关国家竞争力。本文借鉴复杂系统理论中经典的“B—Z”反应模型,在实证研究产学研协同静态机制的基础上进一步构建了Logistic动态分析模型,探索产学研协同创新的动态演进机制,并仿真研究不同政策的激励效果。本研究发现,企业吸收能力是当前我国创新系统主导产学研协同创新的主导因素,在不同政策激烈条件下吸收能力的作用均举足轻重。本文的研究结果,将为破解产学研系统协同效率问题提供优化方向,并为丰富国家创新系统理论和创新政策理论做出理论贡献。

关键词 :复杂系统科学 国家创新系统 产学研协同创新 B-Z反应模型

一、引言

Schumpeter(1912)在《经济发展理论》中首次诠释了创新的本质:执行新的生产要素组合,推进经济内涵式发展。熊彼特以康德拉季耶夫的经济长波理论为基础提出的创新理论,把繁荣、衰退、萧条、回升看成是一个经济发展周期,并把18世纪80年代至20世纪末这100多年的资本主义经济发展过程分为3个长波后,研究发现经济发展周期性长波主要是由创新引起的,创新不仅是世间万物谋求生存和发展的必然选择,也成为了国家全球竞争力的核心要素(Campbell,1960)。世界经济论坛(World Economic Forum)引入全球竞争力指数(GCI),将各国划分为要素驱动、效率驱动和创新驱动3个发展阶段。其《全球竞争力报告(2012~2013年)》显示,中国的技术准备度(88位)和高等教育培训(62位)两大弱点依旧是制约我国竞争力排位(29位)的重要因素。我国属于以效率驱动发展的第二等级国家,而非以创新驱动的第三等级国家。技术准备度不足影响着企业现实的吸收能力水平,高等教育培训的弱点又很大程度上限制企业吸收能力的持续提高。《OECD中国创新政策研究报告》指出,中国创新系统至今仍像一个拥有众多“创新岛屿”的群岛,内部的协调与整合并不完善,限制了“岛屿”之间的知识溢出(薛澜、柳卸林、穆荣平,2011)。尽管2011年我国国际科技论文总量居世界第2位,发明专利授权量居世界第3位,局部知识积累显著,但拥有自主知识产权形成核心技术的企业仅为万分之三,99%的企业没有申请专利,企业知识积累效果相形见绌;而且企业和高校研究机构的联系强度不增反降(陈傲、柳卸林、吕萍,2010),创新资源的分散、分割、协同性差等问题在新形势下尤其突出,成为我国通过自主创新构建创新驱动型国家必须跨越的关键障碍。那么,到底是什么关键因素制约了国家创新系统产学研协同的效率?什么样的激励政策能够破解发展迷局?这些问题成为创新驱动发展战略实施过程中无法回避的现实问题。

以往相关研究主要依靠面板数据,运用数理统计方法对系统静态结构和功能展开研究,缺乏时效性和预测性。本文在实证研究产学研协同静态机制的基础上,将借鉴复杂系统理论中经典的B—Z反应模型,构建三维Logistic动态分析模型,借此探索国家创新系统演进的主导因素(也是关键政策维度)和动态演进规律。本文的研究将尝试为揭示我国国家创新

*本文获得国家自然科学基金面上项目“产学研虚拟知识联盟的动态协同创新机制研究”(项目编号:71273230)、浙江省中青年学科带头人攀登计划(项目编号:PD2013458)、浙江省社会科学重点研究基地“政府管制与公共政策研究中心”的资助

系统动态协同机制提供全新方法论,为提高产学研协同创新能力提供针对性解决问题方向,同时也为政策调控和政策效果仿真提供理论依据。

二、相关文献回顾

(一)自主创新、协同创新与开放式创新

自主创新,是国家创新系统基于目标视角的一个宏观概念。国家创新系统理论是以系统论为视角的研究路线,其缘起集中了19世纪德国著名经济学家李斯特的国家体系思想和美籍奥地利经济学家熊彼特的创新思想,柳卸林称其为国家创新系统的基石(柳卸林,1999)。系统论研究方法与新古典经济学以及新熊彼特学派相比,向前迈出了一大步。Freeman(1987)首次提出的国家创新系统理论体系,我国国家创新系统自主创新战略,出自国务院发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》,源于对我国解放初期单纯依靠苏联、改革开放以后市场换技术等技术创新模式的总结和反思。自主创新战略,明确了我国国家创新系统建设的指导思想:那就是创新必须首先依靠全体中华儿女的自主努力,提高创新能力建设创新型国家,从而增强全球竞争力。随后的《人才规划》、《教育规划》和千人计划、万人计划则是一脉相承的深化和细化。

协同创新概念是国家创新系统基于过程视角的一个中观概念。协同概念出自复杂系统理论中的重要理论分支协同学理论(Haken,1978)。协同学是由德国功勋科学家Haken提出的一种可以广泛应用的现代横断科学理论(曾建、张一方,2000)。协同学思想来源于物理学中对开放系统的研究,特别是激光的研究。通常原子发出的光是混乱和无序的,但是在激光系统的控制参数达到某个阈值时,大量原子会形成高度有序的辐射状态,并关联起来成为激光。协同的作用就是使复杂系统成为有序的系统,并产生巨大的正能量。协同创新概念由美国麻省理工学院斯隆中心研究员彼得葛洛(Peter Gloor)给出:协同创新就是由自我激励的人员或组织所组成的网络形成共同愿景,借助网络交流思路、信息及工作状况,合作实现共同的目标(陈劲,2012)。协同创新概念指出了我国创新型国家的实现路径:那就是要构建生机勃勃的国家创新生态系统,必须依靠官产学研中金等创新主体的通力协同,构建国家创新系统内部知识生产、知识转移和知识利用的畅

通网络,实现自主创新的战略目标。

开放式创新概念,是一个针对组织创新系统的微观概念,首次由美国学者Chesbrough(2004)提出,源于对知识经济时代技术创新环境复杂变化背景下企业为适应环境自发调整创新模式的现象总结。在知识大爆炸时代,即使是跨国公司也很难实现所有技术的自给,开放式创新成为新形势下个体组织创新的必然选择。企业是创新的主体(许庆瑞,2010),提高企业创新系统的开方度,增强企业搜索知识、获取知识、吸收知识、利用知识能力,并反馈推进企业内部研发能力的提升,是实现自主创新和协同创新的前提。企业开放式创新是国家创新体系内部所有主体实现协同的前提条件,也是实现自主创新国家战略的基石。

可见自主创新是国家创新系统建设目标的宏观概念、协同创新是国家创新体系建设路径的中观概念,开放式创新则是组织层面的微观概念。自主创新是战略目标,协同创新是实现途径,开放式创新是前提条件。只有诸多创新主体强化开放式创新,才会激发知识的流动推进产学研的协同,才能提高自主创新实现创新型国家建设的目标。

(二)协同创新的相关研究

20世纪中叶以来,五次科技革命的累计效应以及信息化技术一日千里的发展,应用高新技术实现创新创业已经成为推动全球经济发展的主要动力源,因此学术界、产业界和政府对国家创新系统协同创新的关注日益密切。当前理论界对协同创新的研究基本上存在三大主要流派:第一类是基于国家创新系统宏观视角的研究,探索国家创新系统以及内部各创新主体之间的协同创新规律(Freeman,1987;Nelson,1993;Lundvall,1992;Patel & Pavitt,1994;OECD,1996;陈劲,2000;许庆瑞,2010),随后演化出区域创新系统研究(Braczyk, Cooke & Heidenreich,1998;柳卸林,2000,2011)和产业创新系统研究(Malerba,2004;柳卸林,2011);第二类是基于高等院校视角,研究现代大学教育、研究和服务社会三大职能的均衡协调,三重螺旋式推进国家创新系统发展(Etzkowitz,1983,1995,2002;Clark,2000;Slaughter,2004;王雁,2005;王成军,2005);第三类是基于企业视角,研究企业开放式创新对国家创新系统的作用(Chesbrough,2003;陈钰芬、陈劲,2008)。尽管研究视角不同,但是产学研体系被公认为国家创新系统理论的核心。

21世纪初以来复杂系统科学的发展,为揭示复杂系统的内在演进规律提供了全新的方法论(方锦清,2010),也成为分析国家创新系统规律的全新方法论,复杂系统科学理论为产学研合作创新系统的研究提供了普遍性研究框架。本文借鉴复杂系统理论的研究框架,从产学研协同创新的本质、条件、影响因素和机制4个方面梳理文献成果,为后续研究奠定基础。

1. 产学研协同创新的本质

协同学是复杂系统理论的一个重要分支,Haken(2006)指出,对于非平衡社会系统,用信息或知识代替熵展开研究更具有适用性。产学研协同创新的本质就是信息和知识的交换。由于知识的二元性本质(Polany,1958),也就是知识转移过程会受到知识内隐、外显特质的影响,隐性知识的粘滞特征(王毅、吴贵生,2001)造成内隐性知识的转移不同于一般能量或物质的转移,需要更多外力的作用。产学研协同创新的核心元素是知识,于是知识的生产、转移、吸收利用成为影响协同创新绩效的关键环节。

2. 产学研协同创新的必要条件

复杂系统科学理论的自组织耗散结构理论认为,复杂系统要形成有活力的耗散结构必须需要具备4个基本条件:开放系统、远离平衡态、非线性相互作用、涨落(Prigogine,1980),创新管理领域很多学者也殊途同归地研究了产学研协同创新组织形成的这4个条件。(1)渐进性创新和突破性创新分类研究(Christensen et al.,2000),揭示了创新过程中的涨落规律。(2)三重螺旋理论研究(Etzkowitz et al.,2000)揭示了产学研系统非线性相互作用规律。(3)开放式创新理论(Chesbrough,2003),发现开放是提高创新绩效的重要前提和途径。系统创新主体之间的开放度,直接决定了协同创新的效果。(4)诸多学者在研究创新知识分布失衡现象时,提出了知识转移概念(Teece,1976;Szulanski,1996)。Cohen和Levinthal(1990)及Zahra和George(2002)揭示了企业吸收能力在知识转移的关键作用;March(1991)提出的探新性学习和挖潜性学习思想,深化了企业吸收能力的内涵。正是因为隐性知识在知识转移过程中存在粘性特征,高校知识转移能力和企业吸收能力成为了国内外学者研究产学研合作创新问题的关键视角。

3. 影响因素的相关研究

复杂系统科学理论中的自组织协同论将系统变

量分为快变量与慢变量,并发现了慢变量主宰着系统演化发展进程和结果的役使原理;在阈值条件下这个慢变量就成为序变量,其他变量则成为役使变量(Wolfgang T.,Hermann H.,2007),创新管理研究领域虽然没有提出序变量的概念,但是对产学研合作绩效主要影响因素的研究从来没有停止过。20世纪80年代至今,国内外诸多学者从宏观视角的创新系统理论(Freeman,1987;Lundval,1992;Cooke,1998)、大学视角的三重螺旋理论(Etzkowitz et al.,2000)和微观组织视角的开放式创新理论视角(Chesbrough,2003;West,2008;陈钰芬、陈劲,2009)3个不同层面,反复论证了企业和学术机构之间合作对创新绩效的推动作用(Link & Rees,1990;Mansfield,1991;George et al.,2002;Laursen and Salter,2004),然而产学研合作组织的高失败率(Nelson,1986;马莹莹、朱桂龙,2011)吸引了众多学者探索影响产学研合作创新绩效的影响因素。国内学者赵兰香(1996)较早地分析了我国过渡经济条件下产学研合作的实质、主要因素和对创新结构的影响,张米尔和武春有(2001)较早地提出了产学研合作创新模式交易费用是关键因素;李廉水(1997)从产学研合作创新的途径角度分析了影响因素;林莉和郑旭等(2009)探讨了产学研合作知识转移过程中的影响因素;陈钰芬和叶伟巍(2013)认为企业内部研发能力与产学研合作之间存在互补性关系,吸收能力是关键。国外学者Simonin(1993)认为联盟双方的文化差异、先前经验、企业吸收能力、知识类型、学习壁垒和两联盟双方的关系是主要影响因素。Laursen和Salter(2004)发现,因为开放和吸收的成本等原因使合作网络规模与创新绩效之间存在着倒U型关系;Sofka和Grimpe(2010)指出,开放能够促进研发绩效,但是必须注意外部知识搜索的方向和成本;Knudsen和Nortensen(2011)实证发现,在新产品研发过程中,增加交互强度将减缓开发速度、增加开发成本。Bishop等(2011)总结了相关影响因素分别为企业的投入、学术界的研究质量和双方的物理距离。Gilsing等(2011)把产业分成基于科学和基于开发两类创新活动,总结认为信息泄露风险、利益分歧、知识性质是共性的影响因素,管理成本高是影响基于科学创新绩效的主要因素,知识太理论化是基于开发类创新绩效的主要影响因素。国内外学者全面探索了影响产学研合作绩效过程和结果的主要因素和关键因素,但是尚未对影响结果的、主宰过程的

主导因素进行明确界定,影响到产学研协同创新过程中主导因素的挖掘。探索产学研合作过程和影响协同创新结果的主导性因素(创新短板)成为了本项目研究的子目标之一。

4. 协同创新机制的相关研究

协同创新机制的实证分析主要是基于回归分析、结构方程等定量分析工具,探索和挖掘自变量和因变量之间的因果关系和作用路径。Bonaccorsi 和 Piccaluga (1994)以组织理论和技术创新理论为基础构建了评价模型,认为产学研成果依赖于知识转移过程的特性与合作关系的结构和过程两个维度的良好配合。Barnes (2002)通过交叉案例分析研究了大学和企业合作绩效的影响因素,并提出了行为-过程-绩效三阶段分析模型,其中要素包括企业吸收能力、合作关系、技术特征和外部环境4个维度,过程包括合作模式、合作行为两个维度。国内学者也采用要素-过程-绩效三阶段模型(朱桂龙,2008;叶伟巍,2010),实证分析我国产学研合作创新的内在机制和作用路径。协同创新机制的研究主要基于横截面数据的定量研究,缺乏基于时间序列的动态协同机制的定量纵向研究。随着时间的推移产学研虚拟知识联盟协同创新绩效是否会出现“天花板”?阈值条件是什么?在阈值条件下什么因素(短板)制约了协同创新绩效的继续提高?这些问题如何借助自组织协同论的研究方法得以揭示,成为本项目研究的重点内容。

基于自组织协同论中役使原理和绝热消去原理(Haken,2006),为构建序变量方程研究产学研虚拟知识联盟的动态协同机制提供了新手段。尽管目前我国基于复杂性科学对产学研系统从事量化模型研究的成果还很不足,但是李朝霞(2001)将布鲁塞尔器模型作为耗散结构临界值的判定工具;李嘉明等(2009)基于二维系统动力方程研究了产学研联盟演化机制;张铁男等(2011)引入系统动力学B-Z反应模型构建了3维变量模型对企业系统演化规律进行了定量研究。B-Z反应模型是复杂性科学研究的重点模型,耗散结构理论和协同论等都将其作为经典案例进行研究,但是以B-Z反应模型为基础研究产学研动态协同创新的研究还不常见,可能成为本文在研究方法上的创新点。

三、研究框架和研究假设

(一) 研究框架构建

根据文献综述可知,产学研协同创新系统是一个

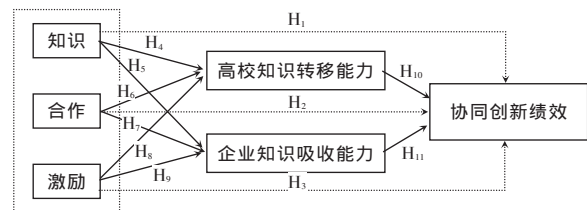


图1 产学研协同创新机制的研究框架

社会协同复杂系统,知识和信息流动性是实现协同创新的本质,知识的生产、转移、吸收、利用成为影响协同创新绩效的关键环节,因为知识具有隐性和显性二元性特征,在知识、吸收转移过程中存在较强粘性,影响到高校知识转移和企业吸收的效果,最终影响产学研协同创新的绩效。为了深入分析协同创新过程各个要素的影响力度,本文构建了要素-能力-绩效三阶段协同创新机制的理论研究框架(见图1),为后续研究探索方向。

(二) 研究假设

在研究框架基础上,本文提出假设如下。

H₁: 知识特性与产品创新绩效存在正向关系;
 H₂: 合作网络特性与产品创新绩效存在正向关系;
 H₃: 激励政策与产品创新绩效存在正向关系;
 H₄: 知识特性与高校知识转移能力之间存在正向关系;
 H₅: 知识特性与企业吸收能力之间存在正向关系;
 H₆: 合作网络特性与高校知识转移能力之间存在正向关系;
 H₇: 合作网络特性与企业吸收能力之间存在正向关系;
 H₈: 激励政策与高校知识转移能力之间存在正向关系;
 H₉: 激励政策与企业吸收能力之间存在正向关系;
 H₁₀: 高校知识转移能力与产品创新绩效存在正向关系;
 H₁₁: 企业吸收能力与产品创新绩效存在正向关系。

(三) 变量解释

在对协同创新本质、条件、影响因素和研究机制进行文献综述的基础上,本文从梳理了本次研究的相关自变量、中间变量和因变量等指标体系,详细见表1。

(四) 研究设计

1. 问卷设计

按照 Podsakoff 和 Organ (1986)以及 Lee 等人(2001)的建议,本文在问卷设计中,没有说明研究的内容和逻辑,问卷中也没有出现设计能力假设量表和创新绩效的题名,以防止回答者得到可能的因果关系暗示,以减轻回答者的主观倾向。

2. 样本和数据收集

首先,总体和样本。凡是能够满足以下两个条

件之一的单位都是本研究的分析单位,组成了研究样本的理论总体:第一,要求样本企业是以创新驱动的工业企业,且近5年至少实施过一次产学研合作新产品开发项目。第二,要求样本高校和科研机构在过去5年内参加过3次以上产学研合作项目。本研究按照浙江省行政区划,分块确定250家技术创业企业作为研究样本。其次,答卷者选择。为避免出现信息失真,本文除了在问卷设计过程中对问题表述方式进行优化以外,选择的答卷者限定为高校研究机构的项目主管、企业新产品开发副总经理或新产品开发部经理和

表1 变量说明表

变量类型	潜变量名称	变量测量要素	文献出处
自变量	知识特性	显性知识	Polany,1958 ;Nonaka,2001 ;
		隐性知识	王毅、吴贵生,2001
	合作网络特性	合作网络规模	Laursen和Salter,2004 ;
		结构洞数量	Veygelers,1997 ;Cassiman ,
		交互强度	2006 ;陈钰芬、叶伟巍,2013
		交易成本	Burt,1992 ;Watts和Stogatz ,
	激励政策	高校面激励政策	1998 ;Barabosi和Albert ,
		企业面激励政策	1999
		环境面激励政策	Knudsen和Nortensen,2011 ;
	中间变量	企业知识吸收能力	探新性学习能力
挖潜性学习能力			Coase,1937 ;Laursen和
高校知识转移能力		高质量成果生产率	Salter,2004 ;Knudsen和
		高校知识溢出效率	Mortensen,2011
因变量	创新绩效	新产品数、新产品开发速度、创新项目成功率和创新机会把握	Carayannis & Campbell ,
			1999 ;柳卸林,2001 ;陈劲 ,

表2 信度检验结果

检验项目	变量	KMO值	巴特利特球体检验显著性	Cronbach α 值
高校知识转移能力	高校成果质量	0.700	显著	0.842
	高校知识转移效率			
企业知识吸收能力	探新性学习能力	0.700	显著	0.754
	挖潜性学习能力			
知识特征	显性知识	0.600	显著	0.790
	隐性知识			
网络特征	交易成本	0.765	显著	0.752
	结构洞数量			
	网络规模			
	交互强度			
激励政策	高校激励政策	0.705	显著	0.693
	企业激励政策			
	环境激励政策			
创新绩效	新产品开发速度	0.660	显著	0.684
	新产品开发成本			
	新产品销售率			
	创新机会把握			

产品设计师。第三,问卷发放和回收。本研究的问卷调查主要通过会场途径进行问卷发放和当场回收。截至2012年12月31日,共收到反馈回来的问卷250份。通过对回收的250份问卷的初步检查,得到实际有效样本232份。

3.效度和信度检验

首先,信度检验。本研究以Cronbach α 系数作为评判标准,从量表的构思层次化入手,根据其内部结构的一致性程度,对量表整体和子量表的内部一致信度进行检验。检验结果表明:各潜变量的测度变量量表的Cronbach α 系数值都达到了0.7以上,符合所有题项相关系数应大于0.35(Nunnally & Bernstein, 1994),Cronbach α 系数值在0.7以上的判断标准(吴明隆,2003),检验结果表明各量表的信度较高,变量之间具有较高的内部结构一致性,具体见表2。其次,效度检验。研究的效度包含内容效度与构思效度,构思效度包含聚合效度和辨别效度(陈晓萍等,2008)。本研究的问卷是经过相关文献研究结果总结、试调查两个阶段确定的,量表既概括了创新理论、国家创新系统理论、新产品开发理论、产学研协同创新理论研究的既有成果,又结合了当前新产品创新实践,因此认为量表具有较高的内容效度。本研究采用KMO值和巴特利特球体检验指标来判断研究的构思效度。通常认为KMO统计量在0.7以上效果比较好,0.5以下则不适合做因子分析(张文彤,2004)。因子分析的结果如表2所示,所有因子的KMO值均大于0.6,属于适合做因子分析的范畴,研究具有合适的构思效度。

四、协同创新静态机制研究

(一)相关分析

本研究运用SPSS19.0对回收问卷选择了Pearson相关法计算各变量之间的相关系数(见表3)。

(二)回归分析

首先,运用SPSS16.0统计分析软件对知识特性、合作网络、激励政策、吸收能力、转移能力与创新绩效之间的关系展开研究,对回收问卷进行回归分析,

表3 相关分析结果

	合作网络	知识特性	激励政策	知识转移	吸收能力	创新绩效
合作网络	1	0.482**	0.472**	0.605**	0.149*	0.463**
知识特性	0.482**	1	0.526**	0.486**	0.344**	0.606**
激励政策	0.472**	0.526**	1	0.525**	0.217**	0.463**
知识转移	0.605**	0.486**	0.525**	1	0.099	0.421**
吸收能力	0.149*	0.344**	0.217**	0.099	1	0.513**
创新绩效	0.463**	0.606**	0.463**	0.421**	0.513**	1

注:**表示在P<0.01水平下显著,*表示在P<0.05水平下显著。

结果表明 F 检验显著性可以判断回归模型总体效果是好的(见表 4)。同时,结合回归分析的方差膨胀因子均小于 10(Anand J., 2010),说明本研究的多重共线性问题不存在。

(三)结构方程分析

李怀祖(2004)指出,结构方程式集多元回归、通径分析等数据分析工具,能够有效弥补回归分析的不足。因此,本研究运用 AMOS 统计分析,对设计驱动型创新的内部机制进行实证研究,对回收问卷进行结构方程分析。分析过程包括初步模型拟合、模型修正与确定两个阶段,修正后的全模型拟合参数如表 5 所示。 $\chi^2/d.f$ 为 2.008 小于 3(在 1 到 3 的区间之内);RMSEA 为 0.066 小于 0.08(适配合理区间);TLI、CFI、IFI 分别为 0.888、0.914、0.916;基本大于或接近 0.9;GFI 为 0.903 大于 0.9。结果表明,模型拟合程度较好^①。再从测度模型中潜变量的估计参数来看,所有参数的标准化估计值适中,且 C.R. 检验值基本都大于 1.96,参数估计的标准差都大于零,表明模型满足基本拟合标准(见图 2)。

(四)实证结果分析

表 4 回归分析结果

方程	自变量	因变量	标准化回归系数 (Beta 值)	回归系数的显著性 T 检验	回归系数的显著性 (显著性 sig 值)	回归效果 的 F 检验 (F 值)	方差膨 胀因子 (VIF)
1	常数	创新 绩效	0.182	3.121	0.002	54.858	1.424
	合作网络		0.423	3.019	0.003		
	知识特性		0.171	7.081	0.000		
	激励政策		0.171	2.328	0.021		
2	常数	创新 绩效	0.374	6.173	0.000	76.768	1.010
	知识转移		0.476	7.276	0.000		
	吸收能力		0.476	9.259	0.000		
3	常数	知识 转移	0.413	1.483	0.139	63.787	1.424
	知识特性		0.157	7.090	0.000		
	网络特性		0.248	2.594	0.010		
	激励政策		0.248	4.121	0.000		
4	常数	吸收 能力	-0.039	3.092	0.002	40.466	1.424
	知识特性		0.330	-5.26	0.599		
	网络特性		0.062	4.296	0.000		
	激励政策		0.062	0.807	0.420		

表 5 结构方程模型拟合参数

拟合参数指标	$\chi^2/d.f$	RMSEA	TLI	CFI	IFI	GFI
数值	2.008	0.066	0.888	0.914	0.916	0.903

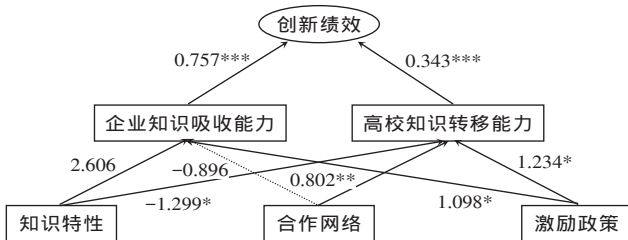


图 2 协同创新的内部机制研究模型拟合结果图

注:***表示在 $p < 0.001$ 水平下显著,**表示在 $P < 0.01$ 水平下显著,*表示在 $P < 0.1$ 水平下显著。

实证结果表明:第一,高校知识转移能力和企业知识吸收能力是促进产学研协同创新绩效的中间变量,企业吸收能力与高校知识转化能力均显著影响创新绩效的提升,在三者的相互作用下,企业吸收能力对于创新绩效的影响效果更为明显($0.757 > 0.343$),是影响产学研协同创新绩效的主导因素。第二,知识的二元特性同时影响高校知识转移能力和企业吸收能力,但知识属性较强对于高校的知识转移存在抑制作用,这可能源于当前产学研合作过程中高校承担了太多的责任。第三,合作网络特性决定了高校知识转移能力和企业吸收能力的效率,但其对于企业吸收能力的作用不显著,假设 H₇ 未获得通过,主要原因可能是因为当前产学研合作途径相对单一,且以企业倚重高校等研究机构为主流,高校保姆式的合作形式反而制约了企业自主研发能力和吸收能力的提升;另外一个原因也可能是企业吸收能力的不足,制约了开放式学习的广度、深度和交互性。第四,激励政策能有效促进企业吸收能力与高校知识转移能力提升,但受高校知识转移能力和企业吸收能力的耦合效果的影响。

五、协同创新动态机制研究

(一)变量与参数

借鉴自组织协同论(Haken, 1978)将系统变量分为快变量与慢变量,探索慢变量主宰着系统演化发展进程和结果的役使原理。本文根据产学研协同创新静态机制的研究结果,确定产学研虚拟知识联盟的变量与参数统计表(见表 6)。

(二)构建动态演化模型

借鉴张铁男(2011)基于 B-Z 反应的企业系统协同演化分析模型,按照产学研协同创新机制的研究结果,构建吸收能力、转移能力、创新

表 6 变量与参数统计表

变量	变量名称	变量解释
状态变量 x_1	企业知识吸收能力水平	描述吸收能力水平状况,反映企业吸收外部知识水平
状态变量 x_2	高校知识转移水平	描述知识转移水平状况,反映高校向外知识转移水平
状态变量 x_3	创新绩效水平	描述产学研联盟的创新状态,反映联盟的创新绩效
控制变量 y	激励政策	外部政策激励产学研协同创新动力强弱的综合水平
调节参数 α	吸收能力	通过探新性学习和挖潜性学习能力测量获得
调节参数 β	转移能力	通过高校学术生产力和溢出效率获得
调节参数 γ	创新绩效	新产品数、新产品开发速度、创新项目成功率和创新机会把握 4 个变量获得

首先,企业知识吸收能力动态演化方程。在初始状态下产学研双方具有一直的合作需求且显性转移知识为主,企业知识吸收(探新性学习和挖潜性学习)能力与高校知识转移能力正相关,但随着高校隐性知识比重的增加,知识转移难度增加,吸收效果无法同步开始提高;另外实证结果表明,创新绩效一直受到激励政策的影响,因此在激励政策 θ 的情况下,状态变量的 Logistic 演化方程式为:

$$\frac{1}{\alpha} \frac{dx_1}{dt} = \theta x_1 + \theta \frac{\beta}{\alpha} x_2 + \gamma x_1 x_3$$

其中 θx_1 表示在政策激励下 x_1 的自身影响因素; $\theta(\beta/\alpha)x_2$ 表示政策激励下 x_2 对 x_1 的影响因子, β/α 是影响系数, θ 反映产学研协同创新政策对于 x_1 的作用,高校知识转移促进了企业吸收能力的增强; $\gamma x_1 x_3$ 表明创新绩效 x_3 对于 x_1 的影响,两者存在相互促进的共演关系,企业创新绩效的提升会作用于企业更大的研发投入,强化创新能力,其与是否受到政策驱动内生关系弱。

第二,高校知识转移能力动态演化方程。在初始状态高校知识是吸收能力、协同创新绩效提高的源泉,所以高校知识转移能力的演化过程同时受到吸收能力和创新绩效的影响,因此在激励政策 θ 的情况下,联盟规模状态变量的 Logistic 演化方程式为:

$$\frac{1}{\beta} \frac{dx_2}{dt} = -\theta x_2 - \alpha x_1 x_2 + \frac{\gamma}{\beta} x_3$$

其中 $-\theta x_2$ 表示在政策激励下 x_2 的自身影响因素,其系数为负表示随着高校知识转移能力的不断提高,边际收益递减; $-\alpha x_1 x_2$ 则表示 x_1 对 x_2 的影响因子,在政策激励确定的情况下,企业存在加大产学研合作还是追加投入提高吸收能力的两难抉择; $(\gamma/\beta)x_3$ 是协同创新绩效对高校吸收能力的影响因素,协同创新绩效的提升存在促进效应, γ/β 为影响系数。

第三,协同创新绩效动态演化方程。企业是创新的主体,创新最终要通过企业对知识的吸收利用途径,最终实现商业化的成功,所以协同创新绩效本质上仅与自身状态和吸收能力水平相关,因此在激励政策 θ 的情况下,状态变量的 Logistic 演化方程式为:

$$\frac{1}{\gamma} \frac{dx_3}{dt} = \eta_1 x_3 + \eta_2 \theta \frac{\alpha}{\gamma} x_1$$

其中 $\eta_1 x_3$ 是协同创新绩效自身影响因子,产学研联盟的内生动力促使创新绩效自身状态存在上升趋势,

η_1 是常数; $\eta_2 \theta(\alpha/\gamma)x_1$ 是吸收能力对协同创新的影响因子,外部激励政策通过吸收能力对协同创新绩效产生作用,体现了随着吸收能力的改善协同创新绩效提升, α/γ 是影响系数, η_2 是常数,通常 η_2 大于1,体现产学研联盟的协同效应。方程中不包含知识转移变量 x_2 ,是因为协同创新绩效最终反映在企业创新绩效之中,高校知识转移对于创新绩效的直接影响机制不明确。本文假定 $\eta_1=2$,反映产学研联盟的内生动力促进创新绩效,呈现强者更强的马太效应; $\eta_2=2$,反映吸收能力促进创新绩效的条件下,产学研联盟的协同效应同时倍增了创新绩效。

第四,动态演化模型。基于B-Z反应模型,以企业吸收能力、高校知识转移、协同创新绩效为3变量,研究得到了如下动态演化模型:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = \alpha \theta x_1 + \theta \beta x_2 + \alpha \gamma x_1 x_3 \\ \frac{dx_2}{dt} = -\theta \beta x_2 - \alpha \beta x_1 x_2 + \gamma x_3 \\ \frac{dx_3}{dt} = 2\gamma x_3 + 2\alpha \theta x_1 \end{cases}$$

(三)稳定性分析

在系统的演化过程中,从混乱到有序的改变需要经过不断的涨落,从而使系统不断的突破稳定性条件,达成序参量役使下的自组织(张铁男,2011)。由此,本文采用线性稳定性分析,探索虚拟知识联盟协同创新动态演化的阈值条件。根据系统动态演化方程组,设置拟扰动项表达式为:

$$\begin{cases} q_1 = q_1^0 + u_1 \\ q_2 = q_2^0 + u_2 \\ q_3 = q_3^0 + u_3 \end{cases}$$

u_1, u_2, u_3 为定态解的微小扰动, $q_1^0 = q_2^0 = q_3^0 = 0$ 为定态解。对动态演化方程作线性化处理,得到方程:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = \alpha \theta x_1 + \theta \beta x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -\theta \beta x_2 + \gamma x_3 \\ \frac{dx_3}{dt} = 2\gamma x_3 + 2\theta \alpha x_1 \end{cases}$$

$$\text{即 } dX/dt = WX, W = \begin{bmatrix} \alpha\theta & \beta\theta & 0 \\ 0 & -\beta\theta & \gamma \\ 2\alpha\theta & 0 & 2\gamma \end{bmatrix}, \text{ 满足非零解}$$

的条件是 $W - kI = 0$,即:

$$\begin{vmatrix} \alpha\theta - k & \beta\theta & 0 \\ 0 & -\beta\theta - k & \gamma \\ 2\alpha\theta & 0 & 2\gamma - k \end{vmatrix} = 0$$

解得方程, $k^3 + (\beta\theta - \alpha\theta - 2\gamma)k^2 + (2\alpha\theta\gamma - 2\beta\theta\gamma$

解得方程 $k^3 + (\beta\theta - \alpha\theta - 2\gamma)k^2 + (2\alpha\theta\gamma - 2\beta\theta\gamma - \alpha\beta\theta^2)k = 0$ 。根据胡尔维茨判别法,对于线性系统,当所有特征值的实部均为负值时,系统是稳定的,其判定条件为:(1)特征值方程所有系数大于0;(2)胡尔维茨行列式及其主子式的值均大于0。鉴于方程常数项为0,故可知以企业吸收能力、高校知识转移、协同创新绩效为三变量的系统一定无法满足稳态条件。

(四)仿真研究

本文设置微分方程中反映企业吸收能力、高校知识转移能力、协同创新绩效3个变量的初始状态为 $X_0=[x_1, x_2, x_3]$, x_1, x_2, x_3 分别表示产学研协同创新开展前三要素的投入情况。同时,针对于外部环境所产生的激励机制,本文区分了两种情形:(1)令控制变量激励政策 $\theta=1$,反映国家与区域对于产学研协同创新的支持性较弱,产学研协同创新处于自发自动的条件下实施合作;(2)令控制变量激励政策 $\theta=2$,反映国家与区域对于产学研协同创新给予强大的政策支持,提供产学研各方开展协同创新的必要基础设施投入、人才输入、政策扶持等激励机制,从而推动了地方产学研协同创新活动的展开。本文将针对产学研协同创新过程中的3种不同状态,基于 Matlab 仿真分析软件分别展开研究:第一种状态是企业吸收能力较弱,高校知识转移能力较强,产学研合作主要倚重高校的知识转移状态下的动态协同机制和政策激励效果;第二种状态是企业和高校具有相当的协同创新能力,企业知识吸收能力较强同时高校知识转移能力也较强状态下的动态协同机制和政策激励效果;第三种是基于实证统计数据,在当前状态下产学研协同创新的动态机制和政策激励效果。

1.倚重高校知识转移能力的动态机制研究

在倚重高校知识转移能力实施产学研合作的过程中,企业一般不具备研发、科技人力资本等形成吸收能力的基础条件,产学研协同创新的知识输入与支持完全依赖高校

知识转移,协同创新的绩效依赖于产学研合作的深入展开,存在一定的滞后性。故仿真初始状态分别定义企业吸收能力为0,高校知识转移能力为1,协同创新绩效为0。即在初始状态 $X_0=[0, 1, 0]$ 条件下,根据激励政策弱($\theta=1$)和强($\theta=2$)两种情况分别展开实证研究。

首先,产学研协同创新弱激励环境下($\theta=1$)的仿真结果如图4, y_1 为企业吸收能力, y_2 为高校知识转移能力, y_3 为协同创新绩效。研究结果:在企业吸收能力不足情况下,单纯依靠高校知识转移能力,产学研协同创新绩效总体较差。在 $x=2$ 的状况下,协同创新绩效不到1,处于胶着状态;在 x 大于2以后,产学研协同创新的演化过程才开始呈现企业吸收能力与创新绩效的提升,高校知识转移能力呈现先下降后升高的平缓变化。实证结果说明,在外部政策激励较弱的条件下,高校知识转移能力很难实现产学研协同创新,且合作周期要求很长,高校压力很大。

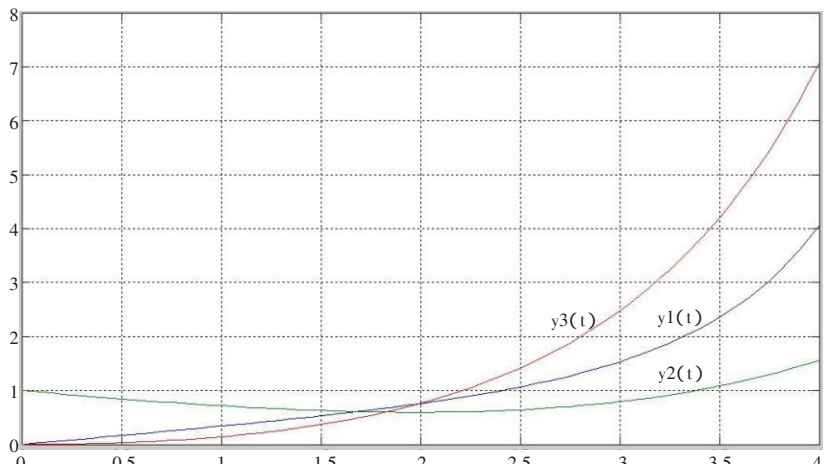


图3 三要素协同演化趋势(无吸收能力基础,弱政策激励)

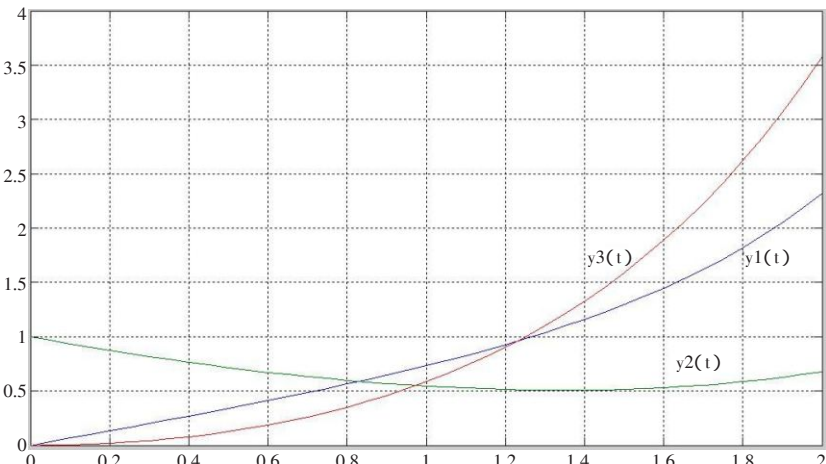


图4 三要素协同演化趋势(无吸收能力,强政策激励)

第二,产学研协同创新强激励环境下($\theta=2$)的仿真结果如图5。研究结果:在企业吸收能力不足情况下,单纯依靠高校知识转移能力,强激励政策具有一定效果,但是产学研协同创新绩效总体较差。在 $x=2$ 的状况下,协同创新绩效从弱激励政策环境下的不到1,提升到3.6,但是总体情况还是不容乐观。实证结果说明:在外部政策激励较强的条件下,高校知识转移能力有利于提高协同创新的绩效,但是政策激励的绩效比较低,这也解释了在当前技术创新激励政策不遗余力的情况下,自主创新能力提高速度无法令人满意的现象。

2.企业吸收能力和高校知识转移能力均衡下的动态机制研究

企业吸收能力和高校知识转移能力均衡条件下,企业前期研发投入、知识积累等使吸收能力具备一定的基础条件,高校因科研导向的生产活动具备了一定的知识转移能力,而协同创新的绩效依赖于产学研合作的深入展开,存在一定的滞后性。故

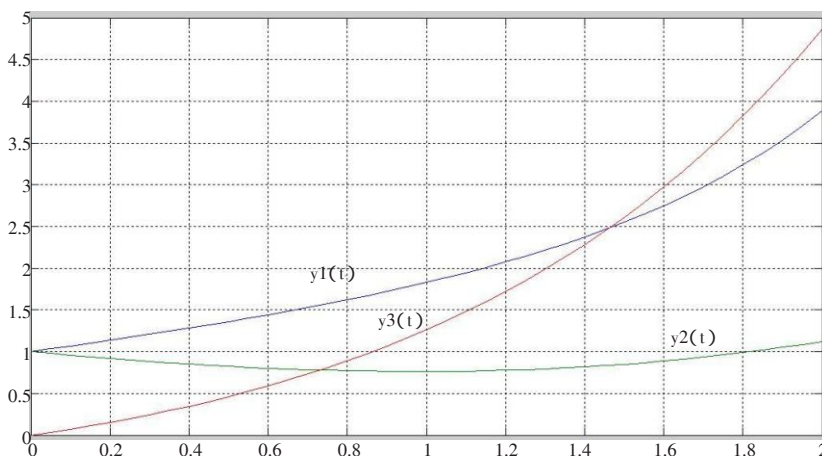


图5 弱激励环境中吸收能力、知识转移、创新绩效三要素演化趋势

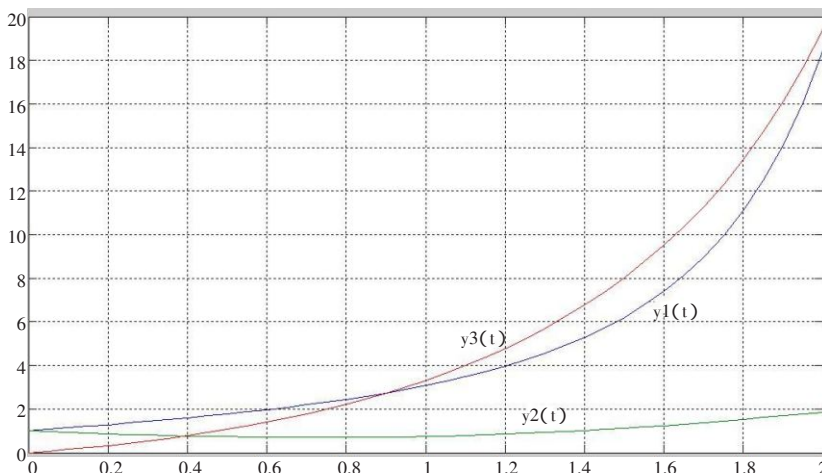


图6 强激励环境中吸收能力、知识转移、创新绩效三要素演化趋势

仿真初始状态分别定义企业吸收能力为1,高校知识转移能力为1,协同创新绩效为0。即在初始状态 $X_0=[1, 1, 0]$ 条件下,根据激励政策弱($\theta=1$)和强($\theta=2$)两种情况分别展开实证研究。

首先,产学研协同创新弱激励环境下($\theta=1$)的仿真结果如图6, y_1 为企业吸收能力, y_2 为高校知识转移能力, y_3 为协同创新绩效。实证结果:在产学研协同创新外部政策激励较弱的条件下,当 $x=2$ 时,创新绩效接近5,产学研协同创新实现了协同创新绩效的快速提升,吸收能力同时提高,高校知识转移能力呈现先下降后上升的缓慢变化趋势。原因分析:在外部政策激励较弱的条件下,高校知识转移能力的原有基础基于市场需求快速产业化,实现了对企业吸收能力的显著提升以及对于协同创新绩效的促进,使得短期内知识转移能力呈现因大量输出而出现的下降趋势,长期因高校知识基础的相对稳定以及高校基础知识投入与产业知识反哺效应,致使高校知识转移能力缓慢提升;在已有吸收能力

的基础之上,高校知识转移能力的扩散成功的促进了吸收能力的提升,协同创新绩效受到高校知识转移与企业吸收能力的支持呈现快速增长的趋势,绩效提升同时促进了企业更大规模的创新投入,从而实现与企业吸收能力相互促进、共同演进的增长趋势。

第二,产学研协同创新强激励环境下($\theta=2$)的仿真结果如图5。研究结果:在强政策激励的情况下,企业吸收能力、高校知识转移能力以及协同创新绩效呈现与弱政策激励相同的变化趋势,但是产学研协同创新得到快速提升,在 $x=2$ 的情况下,创新绩效为19,是弱政策激励情况下的4倍。同时,吸收能力也同步提高,高校知识转移能力呈现先下降后上升的缓慢变化趋势。企业吸收能力、高校知识转移能力、以及协同创新绩效三者之间存在一致的相互关系,即:在企业具备吸收能力基础、高校具备知识转移能力基础的条件下,产学研协同创新有利于快速提升企业的知识水平与吸收能力

水平,产生有效的创新绩效。原因分析:一是,高校知识转移促进了知识的产业化,进一步促进企业吸收能力与创新绩效的提升,高校本身因知识基础的稳定知识转移能力呈现先缓慢下降,后缓慢升高的趋势;二是,与产业互动的长期结果是高校也提升了自身的知识转化能力。这也印证了国家与区域创新政策具有提升吸收能力与创新绩效的正效应。

3.基于当前情况下的动态机制研究

根据 232 份问卷统计数据的实证结果,在当前产学研协同创新的条件下,单位吸收能力对于创新绩效的影响系数为 0.757,单位知识转移能力对于创新绩效的影响系数为 0.343,激励政策对于企业吸收能力的影响系数为 1.098,对于高效知识转移能力的影响系数 1.234,在此取两者平均,令激励政策对于产学研协同创新的影响系数为 1.166。确定初始状态 $X_0=[0.757, 0.343, 0]$,由此得到图 7 的仿真结果,其中 y_1 为企业吸收能力, y_2 为高校知识转移能力, y_3 为协同创新绩效。

实证结果:第一,当前情况下产学研协同创新绩效还是处于相对较低的水平;当 $x=2$ 时,创新绩效略高于 4;当 x 大于 2 时,创新绩效才开始出现快速增长; $x=3$ 时,创新绩效可以达到 14。第二,吸收能力与创新绩效随时间演进具有高度相关性。第三,高校知识转移能力呈缓慢下降后缓慢升高的微小变化,演化趋势稳定。

4.仿真结果总结

首先,吸收能力与产学研协同创新绩效存在高度相关性。当企业吸收能力不足时(参见图 3),高校知识转移能力对创新绩效的影响力明显不足,且对合作周期时间要求较高,产学研合作只有通过相对长的时间的合作,才能使高校科研的中心下移,最后

慢慢促进创新绩效的提升;当企业吸收能力较高时(参见图 4),知识转移效率提高,协同创新绩效估计可以提升 5 倍;在当前情况下,企业吸收能力尚显不足,很大程度地制约了产学研协同创新绩效。第二,高校知识转移能力呈现较稳定状态。高校的知识储备相对稳定,知识转移能力受到本身知识基础、人才储备与研究能力的影响,不以产学研协同创新的程度为转移。在产学研开展的初期,由于知识产业化的放开,高校知识转移能力因为受到合作磨合期不利因素的影响略有下降,而后逐步回升。高校知识转移能力回升的另一个原因是通过产学研合作,高校得到知识反哺,更加了解产业技术需求和市场需求,知识结构得到优化,提升了协同创新能力。第三,激励政策对产学研协同创新具有积极作用,但是激励政策的重点应该针对吸收能力的提高。当企业吸收能力不足,但是激励政策较强时(参见图 4),产学研协同创新绩效会得到了一定提升;当企业吸收能力较高同时激励政策较强时(参见图 4),协同创新绩效会得到 4.5 倍的提升。当前,激励政策已经很多,但是激励作用并不显著,主要原因是激励政策的针对性明显不强,如果激励政策能够高度刺激企业吸收能力的提高,产学研协同创新绩效必将随着企业吸收能力的提高,更显著性提升。

六、结论与讨论

(一)主要结论

本文以浙江省 232 份创新企业调研的有效样本为研究基础,基于 SPSS 和 AOM 统计分析软件研究了产学研协同创新静态机制,提炼了影响产学研协同创新绩效的企业吸收能力和高校知识转移能力两个关键要素;借鉴复杂系统理论中经典的 B-Z 三维分析模型,基于 Matlab 仿真分析软件探索了动态演进机制。本研究的主要结论如下。

(1)基于浙江省创新企业的问卷调查数据,探索了产学研协同创新的静态机制。第一,验证了企业吸收能力和高校知识转移能力对于产学研协同创新过程中的关键影响作用,其中企业吸收能力对于创新绩效的影响效果更为明显($0.757 > 0.343$),是影响产学研协同创新绩效

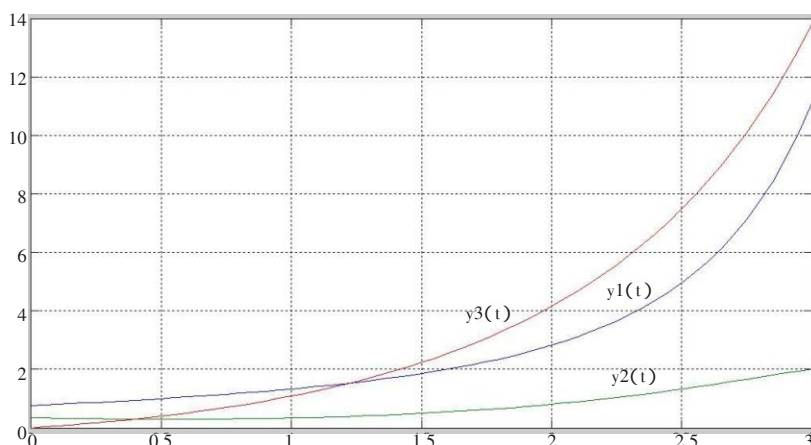


图7 三要素协同演化趋势(依赖实证结论)

的主导因素。第二,知识的二元特性同时影响高校知识转移能力和企业吸收能力,但知识隐性属性较强对于高校的知识转移存在抑制作用,这也验证了当前产学研合作过程中高校承担了太多责任的事实。第三,合作网络特性决定了高校知识转移能力和企业吸收能力的效率,但其对于企业吸收能力的作用不显著。原因之一可能是因为当前产学研合作途径相对单一,且以企业倚重高校等研究机构为主流,高校保姆式的合作形式反而制约了企业自主研发能力和吸收能力的提升;另外一个原因也可能是企业吸收能力的不足,制约了开放式学习的广度、深度和交互性。第四,针对性的激励政策能有效促进企业吸收能力与高校知识转移能力提升。

(2)不同于以往的相关研究,本文在静态协同创新机制研究的基础上,借鉴复杂系统理论中经典的B-Z三维分析模型,基于Matlab仿真分析软件探索了3种状态中激励政策强度变化下,协同创新绩效、企业吸收能力和高校知识转移能力三者协同演进的动态机制。研究发现:首先,吸收能力与产学研协同创新绩效存在高度相关性。企业吸收能力不足时,高校知识转移效率很低,合作周期很长,且重心下移,容易形成保姆式的合作模式;当企业吸收能力较高时,知识转移效率提高,协同创新绩效估计可以提升5倍;在当前协同创新绩效处于总体相对较低水平情况下,企业吸收能力的提高成为提高协同创新的关键。第二,高校知识转移能力呈现较稳定状态。高校的知识储备相对稳定,知识转移能力受到本身知识基础、人才储备与研究能力的影响,不以产学研协同创新的程度为转移。在产学研开展的初期,由于知识产业化的放开,高校知识转移能力因为受到合作磨合期不利因素的影响略有下降,而后逐步回升,高校知识转移能力回升的另一个原因是通过产学研合作,高校得到知识反哺,更加了解产业技术需求和市场需求,知识结构得到优化,提升了协同创新能力。第三,激励政策对产学研协同创新具有积极作用,但是激励政策的重点应该针对吸收能力的提高。当企业吸收能力不足,但是激励政策较强时,产学研协同创新绩效得到一定提升;当企业吸收能力较高同时激励政策较强时,协同创新绩效将得到了4.5倍的提升。当前,激励政策已经很多,但是激励作用并不显著,主要原因是激励政策的针对性明显不强。如果激励政策能够高度刺激企业吸收能力的提高,产学研

协同创新绩效必将随着企业吸收能力的提高,更显著性提升。

(二)后续研究展望

本文探索性地把复杂系统理论中经典的B-Z三维分析模型应用到公共创新政策研究领域,对于丰富公共政策的研究工具、提高公共政策的针对性和科学性,具有重要学术意义。当前经济发展阶段下针对性提高企业吸收能力是国家创新政策的优化维度的研究发现,对于进一步优化当前公共科技政策、提高创新政策激励绩效提供了战略方向性参考,更具有重要的现实意义。

然而,如何提高产学研协同创新效率,不仅是实施创新驱动发展战略的关键问题,也是经济转型升级必须跨越的达尔文鸿沟。研究发现,企业吸收能力是影响产学研协同创新绩效的主导因素,那么企业如何优化当前的创新战略,以提高开放式创新的水平,创新政策如何优化以进一步发挥对企业吸收能力提高的激励作用,成为了后续研究的方向。

(1)对于企业提高吸收能力方面的研究展望。企业吸收能力的源泉在于内部研发能力,内部研发能力能推动企业探索性学习和挖掘性学习能力的提升,最终提高企业学习能力。所以,后续可能的研究关键点在于探讨提高内部研发能力的机制、内部研发能力和外部学习能力的平衡问题、企业外部探索性学习和内部挖掘性学习的均衡问题。

(2)对于创新政策的研究展望。创新政策对于产学研协同创新的激励作用,已经得到国内外专家学者、政策制定者的公认,本研究也仿真验证了其显著激励作用。当前环境层面、企业层面和高校层面已经出台了近3000条措施,但是针对提高吸收能力提高的专项政策比较缺乏,需要政策研究者展开更深入和针对性强的研究。

(作者单位:叶伟巍,浙江财经大学财政与公共管理学院;梅亮、李文,浙江大学公共管理学院;王翠霞,国家自然科学基金委人事局;张国平,浙江财经大学政府管制与公共政策研究中心;责任编辑:孟杰)

注释

①拟合指标的评判标准依据参照,吴明隆:《结构方程模型——AMOS操作与应用》,第52页。

参考文献

(1) Abramovsky, L., Harrison, R. & Simpson, H., 2007, "University Research and the Location of Business R&D", *The Economic Journal*, 117(519), pp.C114~C141.

(2) Anand, J., Oriani, R. & Vassolo, R. S., 2010, "Alliance

Activity as a Dynamic Capability in the Face of a Discontinuous Technological Change”, *Organization Science*, 21(6), pp.1213~1232.

(3) Barnes, Pashby, Gibbons, 2002, “Effective University—Industry Interaction: A Multi-Case Evaluation of Collaborative R&D Projects”, *European Management Journal*, 20(3), pp.272~285.

(4) Barabási, A. L. & Albert, R., 1999, “Emergence of Scaling in Random Networks”, *Science*, 286(5439), pp.509~512.

(5) Bishop, K., D’ Este, P. & Neely, A., 2011, “Gaining from Interactions with Universities: Multiple Methods for Nurturing Absorptive Capacity”, *Research Policy*, 40(1), pp.30~40.

(6) Bonaccorsi, A. & Piccaluga, A., 1994, “A Theoretical Framework for the Evaluation of University—industry Relationships”, *R&D Management*, 24(3), pp.229~247.

(7) Braczyk, H. J., Cooke, P. & Heidenreich, M. (Eds.), 1998, “Regional Innovation Systems: The Role of Governances in a Globalized World”, *Routledge*.

(8) Burt, R. S., 1992, “The Social Structure of Competition”, *Networks and Organizations: Structure, form and Action*, 57, 91.

(9) Campbell, D. T., 1960, “Blind Variation and Selective Retentions in Creative Thought as in Other Knowledge Processes”, *Psychological Review*, 67(6), pp.380.

(10) Carayannis, E. G. & Campbell, D. F., 2009, “Mode 3 and ‘Quadruple Helix’: toward a 21st century fractal innovation ecosystem”, *International Journal of Technology Management*, 46(3), pp.201~234.

(11) Cassiman, B. & Veugelers, R., 2006, “In Search of Complementarity in Innovation Strategy: Internal R&D and External Knowledge Acquisition”, *Management Science*, 52(1), pp.68~82.

(12) Chesbrough, H. W., 2003, *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business Press.

(13) Chesbrough, H., 2004, “Managing Open Innovation”, *Research Technology Management*, 47(1), pp.23~26.

(14) Christensen, C. M. & Overdorf, M., 2000, “Meeting the Challenge of Disruptive Change”, *Harvard Business Review*, 78(2), pp.66~77.

(15) Clark, B. R., 2000, “Collegial Entrepreneurialism in Proactive Universities: Lessons from Europe”, *Change: The Magazine of Higher Learning*, 32(1), pp.10~19.

(16) Coase, R. H., 1937, “The Nature of the Firm”, *Economica*, 4(16), pp.386~405.

(17) Cohen, W. M. & Levinthal, D. A., 1990, “Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation”, *Administrative Science Quarterly*, 35(1).

(18) Cooke, P., Uranga, M. G. & Etxebarria, G., 1998, “Regional Systems of Innovation: An Evolutionary Perspective”, *Environment and Planning A*, 30(9), pp.1563~1584.

(19) Cooper, R. G. & Kleinschmidt, E. J., 1987, “Success Factors in Product Innovation”, *Industrial Marketing Management*, 16(3), pp.215~223.

(20) Cooper, R. G. & Kleinschmidt, E. J., 1994, “Determinants of Timeliness in Product Development”, *Journal of Product Innovation Management*, 11(5), pp.381~396.

(21) d’Aspremont, C. & Jacquemin, A., 1988, “Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers”, *The*

American Economic Review, pp.1133~1137.

(22) Etzkowitz, Henry, 1983, “Entrepreneurial Scientists and Entrepreneurial Universities in American Academic Science”, *Minerva*, Vol. 21, pp.198~233.

(23) Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L., 1995, “The Triple Helix University—industry—government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development”, *EASSR Review*, 14, NO. 1, pp.11~19.

(24) Etzkowitz, Henry and Loet Leydesdorff, 2000, “The Dynamics of Innovation: From National Systems and ‘Mode 2’ to a Triple Helix of University—industry—government Relations”, *Research Policy*, 29, pp.109~123.

(25) Etzkowitz, H., 2002, “Incubation of Incubators: Innovation as a Triple Helix of University—industry—government Networks”, *Science and Public Policy*, 29(2), pp.115~128.

(26) Faems, D., Van Looy, B. & Debackere, K., 2005, “Inter-organizational Collaboration and Innovation: Toward a Portfolio Approach”, *Journal of Product Innovation Management*, 22(3), pp.238~250.

(27) Freeman, C., 1987, *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan*, London: Pinter Publishers.

(28) George, G., Zahra, S. A., Wood, D. R., 2002, “The Effects of Business—university Alliances on Innovative Performance: A Study of Publicly Traded Biotechnology Companies”, *Journal of Business Venturing*, 17, pp.577~609.

(29) Gilsing, V., Bekkers, R., Bodas Freitas, I. M. & van der Steen, M., 2011, “Differences in Technology Transfer Between Science—based and Development—based Industries: Transfer Mechanisms and Barriers”, *Technovation*, 31(12), pp.638~647.

(30) Haken, H., 1983, *Synergetics*, 1978. Haken13Synergetics1978, 13.

(31) Haken, H., 2006, “Synergetics of Brain Function International”, *Journal of Psychophysiology*, 60(5) pp.110~124.

(32) Hankin, J. H., Stram, D. O., Arakawa, K., Park, S., Low, S. H., Lee, H. P. & Yu, M. C., 2001, “Singapore Chinese Health Study: Development, Validation and Calibration of the Quantitative Food Frequency Questionnaire”, *Nutrition and Cancer*, 39(2), pp.187~195.

(33) Laursen, K., Salter, A., 2004, “Searching High and Low: What Types of Firms Use Universities as a Source of Innovation?” *Research Policy*, 33, pp.1201~1215.

(34) Link, A. L., Rees, L., 1990, “Firm Size, University Based Research and The Returns to R&D”, *Small Business Economics*, 2, pp.25~31.

(35) Lundvall, B. A., 1992, “National Innovation System: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning”, *Pinter*, London.

(36) Malerba, F. (Ed.), 2004, *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*, Cambridge University Press.

(37) Mansfield, E., 1991, “Academic Research and Industrial Innovation”, *Research Policy*, 20, pp.1~22.

(38) Mansfield, E. & Lee, J. Y., 1996, “The Modern University: Contributor to Industrial Innovation and Recipient of Industrial R&D Support”, *Research Policy*, 25(7), pp.1047~1058.

(39) March, J. G., 1991, “Exploration and Exploitation in Organizational Learning”, *Organization Science*, 2(1), pp.71~87.

(40) Motohashi, K., 2005, “University - industry Collabora-

tions in Japan: The Role of New Technology-based Firms in Transforming the National Innovation System", *Research Policy*, 34(5), pp.583~594.

(41) Nelson, R. R., 1986, "Institutions Supporting Technological Advance in Industry", *The American Economic Review*, pp.186~189.

(42) Nelson, R. R., 1993, "National Innovation Systems: A Comparative Analysis", University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship.

(43) Nonaka, I. & Teece, D. J. (Eds.), 2001, *Managing Industrial Knowledge: Creation, Transfer and Utilization*, Sage.

(44) Nunnally, J. C. and Ira H. Bernstein, 1994, *Psychometric Theory*.

(45) OECD, 1996, "The Knowledge-based Economy", Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.

(46) Patel, P. & Pavitt, K., 1994, "National Innovation Systems: Why They are Important and How They Might be Measured and Compared", *Economics of Innovation and New Technology*, 3(1), pp.77~95.

(47) Podsakoff, P. M. & Organ, D. W., 1986, "Self-reports in Organizational Research: Problems and Prospects", *Journal of Management*, 12(4), pp.531~544.

(48) Praest Knudsen, M. & Bøtker Mortensen, T., 2011, "Some Immediate—but Negative—effects of Openness on Product Development Performance", *Technovation*, 31(1), pp.54~64.

(49) Prigogine I., 1980, "Evolution of Complex and Law of Nature", *Issue of Philosophy of Nature Science*, (3).

(50) Simonin, B. L. & Helleloid, D., 1993, "Do Organizations Learn? An Empirical Test of Organizational Learning in International Strategic Alliances", *Proceedings of Academy of Management*, pp.222~226.

(51) Slaughter, S., 2004, *Academic Capitalism and the New Economy: Markets, State and Higher Education*, JHU Press.

(52) Sofka, W. & Grimpe, C., 2010, "Specialized Search and Innovation Performance—evidence Across Europe", *R&D Management*, 40(3), pp.310~323.

(53) Szulanski, G., 1996, "Exploring Internal Stickiness: Impediments to the Transfer of Best Practice Within the Firm", *Strategic Management Journal*, 17(WINTER), pp.27~43.

(54) Teece, D. J., 1976, Multinational Corporation and the Resource Cost of International Technology Transfer.

(55) Tsai, W., 2001, "Knowledge Transfer in Intraorganizational Networks: Effects of Network Position and Absorptive Capacity on Business Unit Innovation and Performance", *Academy of Management Journal*, 44(5), pp.996~1004.

(56) Veugelers, R., 1997, "Internal R&D Expenditures and External Technology Sourcing", *Research Policy*, 26(3), pp.303~315.

(57) Watts, D. J. & Strogatz, S. H., 1998, "Collective Dynamics of 'Small-world' Networks", *Nature*, 393(6684), pp.440~442.

(58) West, J. & Lakhani, K. R., 2008, "Getting Clear about Communities in Open Innovation", *Industry and Innovation*, 15(2), pp.223~231.

(59) Wolfgang T., Hermann H., 2007, "The Functional Aspects of Self Organized Pattern Formation", *New Ideas in Psychology*, 25(1), pp.1~15.

(60) 陈傲、柳卸林、吕萍:《创新系统各主体间的分工与协同机制研究》,《管理学报》,2010年第10期。

(61) 陈劲:《完善面向可持续发展的国家创新系统》,《中国科技论坛》,2000年第2期。

(62) 陈劲:《协同创新》,浙江大学出版社,2012年。

(63) 陈晓萍、徐淑英、樊景立:《组织与管理研究的实证方法》,北京大学出版社,2008年。

(64) 陈钰芬、陈劲:《开放度对企业技术创新绩效的影响》,《科学学研究》,2008年第2期。

(65) 陈钰芬、陈劲:《开放式创新促进创新绩效的机理研究》,《科研管理》,2009年第4期。

(66) 陈钰芬、叶伟巍:《企业内部 R&D 和外部知识搜寻的交互关系—STI 和 DUI 产业的创新战略分析》,《科学学研究》,2013年第2期。

(67) 方锦清:《“网络科学专刊”总序共话中国网络科学——十年回眸与展望》,《复杂系统与复杂性科学》,2010年第1期。

(68) 李怀祖:《管理研究方法论》,西安交通大学出版社,2004年。

(69) 李嘉明、甘慧:《基于协同学理论的产学研联盟演化机制研究》,《科研管理》,2009年第1期。

(70) 李廉水:《我国产学研合作创新的途径》,《科学学研究》,1997年第3期。

(71) 李朝霞:《企业进化机制研究》,北京图书馆出版社,2001年。

(72) 林莉、郑旭、葛继平:《产学研联盟知识转移的影响因素及促进机制研究》,《中国科技论坛》,2009年第5期。

(73) 柳卸林:《国家创新系统:现状与未来》,经济管理出版社,1999年。

(74) 柳卸林:《调整科技计划与政策、加强创新系统的互动》,《中国软科学》,2000年第1期。

(75) 柳卸林:《构建均衡的区域创新体系》,科学出版社,2011年。

(76) 马莹莹、朱桂龙:《影响我国产学研合作创新绩效的行业特征》,《科技管理研究》,2011年第4期。

(77) 王成军:《三重螺旋:官产学研伙伴关系研究》,浙江大学出版社,2005年。

(78) 王雁:《创业型大学:美国研究型大学模式变革的研究》,浙江大学博士论文,2005年。

(79) 王毅、吴贵生:《产学研合作中粘滞知识的成因与转移机制研究》,《科研管理》,2001年第6期。

(80) 吴明隆:《统计应用实务——问卷分析与应用统计》,科学出版社,2003年。

(81) 吴明隆:《结构方程模型——AMOS操作与应用》,重庆大学出版社,2009年。

(82) 许庆瑞:《研究、发展与技术创新管理》,高等教育出版社,2010年。

(83) 薛澜、柳卸林、穆荣平:《OECD 中国创新政策研究报告》,科学出版社,2011年。

(84) 叶伟巍:《中小企业与地方高校合作创新机制与激励政策研究:基于浙江实证》,浙江大学出版社,2010年。

(85) 张文彤:《SPSS 统计分析高级教程》,高等教育出版社,2009年。

(86) 张米尔、武春友:《资源型城市产业转型障碍与对策研究》,《经济理论与经济管理》,2001年第6期。

(87) 张铁男、韩兵、张亚娟:《基于 B-Z 反应的企业系统协同演化模型》,《管理科学学报》,2011年第2期。

(88) 赵兰香:《产学研合作与制度创新》,《科研管理》,1996年第6期。

(89) 朱桂龙、李汝航:《企业外部知识获取路径与企业技术创新绩效关系实证研究》,《科技进步与对策》,2008年第5期。

(90) 曾健、张一方:《社会协同学》,科学出版社,2000年。