

互联网能成为中国区域创新效率提升的新动能吗

韩先锋, 宋文飞, 李勃昕

[摘要] 党的十九大报告指出,创新是引领发展的第一动力,是建设现代化经济体系的战略支撑。目前,互联网已然成为推动中国社会经济创新驱动发展的强劲引擎,对区域创新效率的影响也日益引起关注,但较为系统的研究却不多见。本文首次把互联网纳入区域创新效率提升的分析框架,基于互联网普及、互联网基础设施、互联网信息资源、互联网商务应用和互联网发展环境五个维度构建了省际互联网综合发展水平指数,并利用省级面板数据就互联网这一重要的宏观新因素对区域创新效率的影响机制、效应和差异进行了稳健的实证检验。结果发现,互联网的快速发展显著推动了中国区域创新效率水平提升,完全可以成为新时代下国家提升区域创新效率的新动能,这一结论在进行一系列稳健性检验后仍然成立;互联网不仅能直接促进区域创新效率,还可通过加速人力资本积累、金融发展和产业升级间接对区域创新效率产生积极影响,但直接效应远超间接效应;互联网对区域创新效率的促进作用呈现显著的“边际效应”递增的非线性特征,表明互联网“网络效应”和“梅特卡夫法则”的“双重威力”在区域创新系统中共同显现,且在充分考虑人力资本、金融发展和产业升级的调节下,区域创新系统中互联网的动态溢出效果会进一步得到强化;中、西部区域创新系统将从互联网发展中获益更多,互联网在基础研究领域的创新溢出红利将高于应用研究。本文的研究表明,互联网发展不仅可以驱动区域创新效率,而且通过合理引导和利用,还有助于缩小地区间的创新差距以及激发和强化原始创新溢出。这为国家发挥“互联网+”战略和创新驱动发展战略的“合力效应”、打好“战略组合拳”提供了重要启示。

[关键词] 互联网; 区域创新效率; 区域差异; 新动能

[中图分类号]F120 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2019)07-0119-18

DOI:10.19581/j.cnki.ciejjournal.2019.07.007

一、引言

在全球新一轮技术与产业变革中,互联网与社会经济诸多领域的融合已成为不可阻挡的时代潮流,正对中国社会经济的创新驱动发展产生着战略性和全局性的影响。正因为如此,如何有效利

[收稿日期] 2019-02-28

[基金项目] 国家社会科学基金西部项目“互联网驱动中国区域创新能力提升的效应与路径研究”(批准号17XJL004);教育部人文社会科学研究青年基金项目“互联网+提升我国区域创新效率的机理、效应与支持政策研究”(批准号19YJC790034)。

[作者简介] 韩先锋,西安理工大学经济与管理学院讲师,经济学博士;宋文飞,陕西师范大学西北历史环境与经济社会发展研究院讲师,经济学博士;李勃昕,西安交通大学经济与金融学院博士后,经济学博士。通讯作者:韩先锋,电子邮箱:hanxianfeng2008@163.com。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,当然文责自负。

用互联网提高核心竞争力成为实践界和学术界广泛关注的热门话题。习近平总书记 2015 年在浙江乌镇视察时指出,“互联网是 20 世纪最伟大的发明之一,对很多领域创新发展起到很强的带动作用,要用好互联网带来的重大机遇,深入实施创新驱动发展战略”^①。国务院明确提出,要充分发挥互联网的创新驱动作用,使“互联网+”成为中国社会经济创新发展的重要驱动力。毋庸置疑,互联网将在创新型国家建设和区域创新系统演变发展中扮演日趋重要的角色。据中国互联网络信息中心(CNNIC)的资料显示,中国网民规模由 2006 年的 1.37 亿人猛增至 2017 年的 7.72 亿人,互联网普及率由 2006 年的 10.43% 飙升为 2017 年的 55.80%。那么,一个值得深思的现实问题是,互联网的快速发展是否明显驱动了中国的区域创新效率?如果答案是肯定的,那么如何发挥互联网“威力”才会更有利于创新效率提升以及实现区域间的创新平衡?互联网创新溢出效应的规律和特征是什么?互联网在区域创新系统内的溢出又存在何种差异?准确评价互联网对区域创新效率的作用,基于区域创新系统维度来判断互联网能否成为支撑新时代下中国区域创新效率提升的新力量,对未来国家制定和执行相关政策具有重要的理论与现实意义。

现有文献多从人力资本、政府支持、金融发展和国际技术溢出等维度解析区域创新效率的提升问题(Hsu et al.,2014;Seyoum et al.,2015;余泳泽和刘大勇,2013;白俊红和蒋伏心,2015),关于互联网与区域创新的直接研究却并不多见,更多文献聚集于探讨互联网与经济增长的关系(Czernich et al.,2011;Mallick,2014;Lin,2014;施炳展,2016),也有文献从理论层面探讨了互联网与企业创新的关联性(Guire et al.,2012;Audretsch et al.,2015;李海舰等,2014)。上述研究为揭示互联网“威力”提供了一定的理论和实证支撑,但关于区域创新中的互联网溢出研究还十分缺乏。特别是,截至目前,鲜有文献对互联网与区域创新效率的内在关联性问题给出正面回应,所以尚不能直接判断出互联网对区域创新效率影响程度如何,也无法得知互联网驱动区域创新效率提升的具体机制是什么。这与中国作为世界第一大互联网国家^②的地位和建设创新型国家的要求极不相称。与以往研究不同,本文首次把互联网这一宏观新因素纳入区域创新效率提升的分析框架,结果发现了互联网对区域创新效率存在直接和间接的“双重影响”事实,得出互联网在推动区域创新系统及其子系统创新效率提升中发挥巨大“威力”的同时,还可以缩小发达地区和落后地区之间的创新差距,并有助于进一步激发和释放基础研究创新溢出红利的核心结论,证实了互联网完全可以成为新时代中国区域创新效率提升的新动能。

二、文献综述

20 世纪以来,信息化对创新活动的积极影响已被众多研究所证实。Varian(2010)认为,信息技术的广泛使用加快了知识的编码化,从而促进了集成创新溢出。Cui et al.(2015)和 Lyytinen et al.(2016)探讨信息技术对企业创新能力的影响,以及 Forés and Camisón(2016)研究信息通讯技术(ICT)对区域创新的影响,均得出了肯定的结论。对于中国情形,大多文献证实了信息化对创新活动的积极影响。董祺(2013)分析表明,信息化投入显著增加了企业的创新产出,但研发投入和信息化对企业创新呈现出一定的负向交互影响。韩先锋等(2014)研究发现,信息化显著促进了工业部门的技术创新效率水平,且这种影响存在明显的行业异质性特征,促进效应会因行业特征不同而不同。陈子凤等(2016)分析发现,ICT 对设备制造部门的技术溢出更为明显,而对传统制造部门的溢出和融合还不够明显。王莉娜和张国平(2018)基于世界银行企业调查数据实证显示,信息技术对企业创

① 参见中华人民共和国国家互联网信息办公室网站(http://www.cac.gov.cn/2017-12/02/c_1122046169.htm)。

② 据官方统计,中国 2014 年的网民规模已超美国、日本、意大利、德国、英国、法国等的总和。

新的诸多环节均有明显的积极效果,包括研发投入、产品创新和流程创新。不难发现,学术界对于信息化的创新溢出是否存在总体持肯定态度,但相关实证文献多基于线性角度,而关于二者非线性关联的研究尚不多见。互联网作为信息化发展的高级产物,探讨其是否有利于提升区域创新效率问题,可能会为该领域研究的深入和拓展,提供新的现实依据和关联支撑。

与本文研究最为紧密的文献多集中于探讨互联网对企业创新的作用。Kafouros(2006)较早证实了互联网能提高公司研发创新能力。Arthub(2007)指出,互联网的广泛应用推动了知识和信息在公众中的传播扩散,进而促进了创新。Guire et al.(2012)强调,互联网的使用更有利于企业进行前瞻性研发。Glavas and Mathews(2014)指出,互联网对企业的创新性和主动性均具有积极影响。Audretsch et al.(2015)研究发现,宽带基础设施对创新活动存在显著的促进作用。Paunova and Rollob(2016)基于发展中国家和新兴国家的50013个企业数据考察发现,效率较高、吸收能力较强的企业更容易从互联网中获取创新收益。近年来,国内也有部分学者肯定了互联网对企业创新的积极作用,相关研究多聚集于理论分析层面(程立茹,2013;李海舰等,2014;赵振,2015)。关于互联网与企业创新的实证研究还不多见,王春燕和张玉明(2018)研究显示,互联网灵活性、互联网整合性、互联网开放广度均显著推动了企业创新。杨德明和刘泳文(2018)指出,互联网的持续作用会进一步刺激企业的创新投入,从而提升了企业创新能力。王可和李连燕(2018)研究证实了互联网的使用显著推动了中国制造业企业的创新活动。李珊珊和徐向艺(2019)则肯定了互联网对小微企业创新的积极影响。以上文献均验证了互联网对企业创新的积极影响,不过,这些研究也忽视了两方面问题:①只有极少数文献强调了互联网对区域创新产出的影响(张旭亮等,2017),而关于互联网是否影响了区域创新效率的研究尚属空白;②忽视了互联网对区域创新非线性影响效应问题,关于互联网非线性溢出效应的研究多聚集于经济增长层面,对区域创新系统中是否已显现互联网的网络效应,特别是“梅特卡夫法则”^①是否适用尚不得而知。不难发现,关于互联网与技术创新关联性的实证文献明显偏少,尚未有文献解开互联网对区域创新效率影响的“黑箱之谜”。

综上所述,现有文献忽视了新时代区域创新活动的数字化、智能化和网络化特征,没有把互联网这一新兴的宏观要素纳入提升区域创新效率的研究框架,尚未有文献对互联网是否影响了区域创新效率这一现实问题给予正面回答。本文试图在以下三方面有所贡献:①首次将互联网与区域创新效率联系起来,从直接影响、间接影响、动态影响和异质性影响等多维度出发,为进一步理解如何提升区域创新效率提供了一个新的视角;②试图探索实现互联网创新溢出的背后机理,为深化认识区域创新系统运行的“互联网+”效力提供理论支持;③证实了互联网已成为新时代中国区域创新效率提升的重要驱动力,发现通过实施合理的“互联网+”区域创新策略,不仅可以促进区域创新效率的快速提升,而且还可以缩小区域间的创新差距、推动区域创新实现从模仿创新向原始性创新转变。上述发现对新时代中国加快建设创新型国家和有效实施“互联网+”战略具有一定的政策指导意义。

三、分析框架与研究假说

随着互联网的广泛扩散和渗透应用,区域创新系统的现有技术格局和创新模式已发生了明显的改变。互联网的跨时空信息传播、互联共享、信息获取近乎零成本等先天优势和本质特征,有效解决了区域创新系统创新活动的供需矛盾。这里将通过互联网影响区域创效率的三条传导机制来阐释内在机理,进而提出几个重要的研究假说。

① 计算机网络先驱梅特卡夫指出,网络的价值与节点数的平方相等,表现出网络溢出的边际效应递增特征。

1. 基本传导机制及研究假说

根据互联网的特征和本质,这里假设区域创新系统由互联网应用部门和互联网研发生产部门构成,两部门以互联网为纽带建立了经济关联。互联网在区域创新活动的溢出主要基于两种途径:

途径一:直接传导机制,主要表现为互联网对区域创新活动的直接影响。具体体现在:①互联网在应用部门的前向创新关联溢出机制。由于互联网在应用部门中的持续扩散和广泛使用,使得创新主体和创新活动参与者较容易享受到高效的创新服务,推动了创新性思维的生产和碰撞,并提升了新技术的商业化能力,从而使得互联网在应用部门中的创新溢出红利得以释放;另外,互联网在应用部门内部其他领域的扩散,不仅使传统行业落后的创新方式发生根本变化,也推动了新兴产业创新方式的持续革新,从而促进了该部门的创新效率水平提升。②互联网在研发生产部门的后向创新关联溢出机制。研发生产部门只有自身具备较高的互联网水平和创新效率水平,才能向应用部门提供有效的互联网服务,诸如具备先进、智能的网络技术开发平台,高质量、多元化的互联网服务能力,以及有利于应用部门创新方式变革的互联网思维,这些都将在较大程度上对研发生产部门提出更高的要求,倒逼其持续开发新技术、构建新平台、创造新思维,不断提升自身的互联网服务能力和创新效率水平,从而促进了互联网在该部门的创新溢出效果。③互联网在两部门间的互动创新溢出机制。一方面,研发生产部门把新的互联网技术和产品推向应用部门,应用部门在促进自身创新能力的同时,在新技术的使用和学习中会不断提出更具针对性、日益多元化的互联网需求,倒逼研发生产部门不断进行网络平台研发和技术革新,使得新开发的互联网技术或服务更加符合应用部门的创新需求;另一方面,为不断适应和满足应用部门多元化、高水平 and 动态化的创新需求,研发生产部门将从应用部门获取的互联网服务收益持续投向新的网络技术和平台的开发,以不断提升自身技术创新水平和互联网服务供给能力。而应用部门充分享受到互联网带来的创新溢出红利后,会提出更高、更多、更广的互联网服务需求,而互联网在应用部门的新一轮应用又会进一步提升其创新溢出效应。如此不断反复,最终促使了互联网水平与区域创新效率的持续攀升。

途径二:间接传导机制,主要表现为互联网对区域创新效率的间接影响,即互联网在两部门间的间接溢出机制。互联网在两部门的研发、应用和扩散,同信息化类似,不可避免地会直接影响人力、资金和技术等要素的使用和配置效果。①互联网为人们有效获取信息和知识提供了更多便利,促进知识在区域创新系统中的充分交流,依托互联网,人们能够快速掌握新技能、积累新知识,从而加速了两部门的人力资本积累和高级化进程,而人力资本水平的普遍提高则会进一步对创新活动产生积极影响。②两部门的互联网行为和创新活动均具有高投入、高风险特征,区域创新系统的正常运行均存在大量的资金需求,不论是在互联网的研发生产、推广使用抑或创新活动的开展都离不开金融的支持,而基于互联网人们能及时准确地获取资金供需信息,进一步提高了资本的配置效率和资金的流转速度,并导致金融供需规模增加和效率提高,从而无形中对两部门创新活动产生了间接的“催化剂”影响。③互联网的使用扩散不仅能提高应用部门中各类传统产业的生产要素配置和使用效率,促使其提升供给品质,推动产业链向中高端升级,同时还能催生出更多新模式、新产品和新业态,加速该部门新产业的形成和出现。应用部门的产业升级又会对研发生产部门提出更高的互联网服务需求,倒逼其同样进行技术革新和产业升级。而两部门产业升级水平的共同提升则会进一步促进创新活动。基于两种线性关联机制,本文提出:

假说 1:互联网不仅能直接提升中国区域创新效率,还能够通过加速人力资本积累、金融发展和产业升级间接驱动区域创新效率。

2. 非线性传导机制及研究假设

互联网时代,应用部门的创新需求变得更加多元化、个性化和智能化,致使研发生产部门更愿意使用和创造新的互联网技术和工具,不断进行技术升级和研发,以满足千变万化的区域创新系统需求。在互联网作用下,两部门间和部门内的创新活动边界逐渐消失,网络中获取信息的成本也大幅下降,此时的创新溢出效果将进一步显现。这种情形下,越来越多的消费者、创业者与传统创新主体将一起参与到区域创新中,互联网的信息跨时空、近乎零成本传播,将使得更多创新参与者在更大区域范围内享受创新收益,真正促使区域创新系统形成大众创业、万众创新的良好氛围,引起创新溢出效应的动态演变。因此,互联网的创新溢出可能具有一定的非线性特征,即互联网的动态非线性效应,主要表现如下:①互联网在应用部门的前向创新关联非线性溢出机制。通过互联网的使用,应用部门有效提升了自身技术水平,并在创新方式革新、经济利益获取等方面构建起一定优势,但互联网初始使用期的网络规模水平并不高,网络的扩散范围较小、强度不大,信息获取成本也相对较高,此时引发的创新溢出效果并不明显。随着互联网使用广度和深度的持续深入,信息交流、获取和加工等的交易成本进一步降低,此时边际成本持续下降而边际效益却持续增加,总体产生了相对明显的创新收益。这种情形的出现会进一步刺激应用部门的互联网需求,而互联网的开放共享、互联互通本质,会促使应用部门中所有创新参与者都可较容易享受到充分的网络产品和服务。随着互联网水平的持续提升,区域创新系统中获取信息的边际成本会持续下降,但创新系统中的收益却在不断增加,总体导致了应用部门能在互联网使用中获取更多的创新溢出。如此不断地正向反馈和响应,最终致使区域创新系统中出现了应用部门互联网创新溢出的“边际效应”递增特征。②互联网在研发生产部门的后向创新关联非线性溢出机制。在互联网技术水平较低、基础设施不够完善时,研发生产部门的互联网开发成本较高,导致互联网服务推广初期研发生产部门的收益相对不足,互联网的创新溢出效果也相应有限。但由于有利可图以及应用部门不断提出新的创新需求,研发生产部门会不断提升自身的互联网开发能力,向应用部门提供更为优质、便捷和高端的网络技术和产品服务。随着区域创新系统中互联网服务的供给规模持续提升,研发生产部门更容易获取到新知识、新技术,这种情况下该部门研发生产互联网产品或技术的边际成本会不断下降,从而可从互联网开发中获取更多收益。当互联网服务供给规模达到一定程度时,创新溢出价值呈几何式增长,研发生产部门较容易从中获取更多的创新红利,从而使得该部门中同样出现互联网创新溢出的“边际效应”递增现象。③互联网在两部门间互动创新的非线性溢出机制。在两部门的联动初期,互联网规模较小,创新参与者的数量较为有限,互联网作用下的信息扩散效果尚不明显,此时整个应用部门和研发生产部门的创新收益均较小。但随着互联网服务供给规模的增大,区域创新系统中两部门的互联互动变得更加频繁,研发生产部门能有效获取来自应用部门反馈的信息,提升了互联网技术开发的成功率和决策效率,应用部门同样能及时获取研发生产部门推广的互联网技术和产品,有效应用于创新活动并诞生出新的互联网需求,刺激彼此的技术创新活力,进而提升区域创新效率。在互动中,两部门都能从互联网中获取更多的收益,区域创新系统中的所有参与者都能很方便地从互联网水平提升中获取更多的创新价值。随着互联网的进一步发展,两部门之间联动的边际成本持续降低,创新参与者从中获取的创新溢出同样呈几何式增加。如此反复持续反馈和累积循环,促使网络效应的出现以及“边际效应”递增的梅特卡夫法则成立。基于三条非线性关联机制,本文提出:

假设 2:互联网的创新溢出具有“边际效应”递增的非线性特征,这种效果在总体上会随着互联网水平的提高而越来越明显,即“梅特卡夫法则”和网络效应均在区域创新系统中成立。

3. 异质性传导机制及研究假设

互联网技术在区域创新系统中的广泛扩散和有效使用,离不开与技术、组织和制度等相匹配的补偿性投入,由于资源禀赋差异导致补偿性投入在区域创新系统及其子系统中是有区别的,从而使得互联网在区域创新子系统中(企业、高校和科研机构)的溢出效果不同。除此之外,互联网水平、创新能力、科技政策等因素的区位差异,也会影响到互联网在区域创新子系统的创新溢出,这预示着互联网在推动子系统创新效率过程中的“威力”不一。在区域创新系统运行中,高校、企业和科研机构等创新主体在功能定位、投入强度、资源配置、风险规避和创新偏好等方面均存在差异,而互联网作用下的上述差距被进一步扩大和显现,创新主体的创新行为偏差也变得更为明显。从区域创新系统对创新主体的功能定位看,应用研究、基础研究和试验发展虽均贯穿于企业、高校和科研机构等创新活动的全过程,但其侧重点明显不同。具体来讲,企业更偏重于应用研究和试验发展,是技术创新的主体,主要进行新技术的应用和扩散,高校和科研机构更偏重于基础研究,是知识创新的主体,主要进行知识生产和传播,而互联网的使用会进一步使得三大创新主体的功能定位更加明确,比较优势和溢出效果更为凸显,从而加剧了区域创新系统中的异质创新溢出。也正是由于三大创新主体在区域创新价值链上扮演的角色差异,导致他们对互联网技术或服务的供需方式和目标强度、信息获取的范围类型和方式方法、网络建设进程快慢和意愿强弱均不尽相同,从而最终在区域创新系统中出现了互联网的异质创新溢出现象。基于此,本文提出:

假说3: 互联网的创新溢出效果会因创新主体的不同而表现出一定的异质性特征。

四、计量模型、变量与数据

1. 计量模型

本文把互联网纳入区域创新效率提升的分析框架,构建的基本计量模型如下:

$$te_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 int_{it} + \alpha_c X_{it} + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, te_{it} 表示 i 省份在 t 时期的创新效率水平指标, int_{it} 代表 i 省份在 t 时期的互联网发展水平指标, λ_i 表示 i 省份不可观测的个体固定效应, ε_{it} 为随机扰动项。 α_0 表示模型截距项, α_1 为互联网变量系数, 系数大小及方向反映其对区域创新效率的影响。向量 X 反映省际层面可能影响区域创新效率的其他特征变量。

上式反映了互联网对区域创新效率的直接影响机制, 这里引入中介变量 (med), 进一步考察互联网对区域创新效率潜在的间接影响机制, 构建的中介效应模型可表示为:

$$med_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 int_{it} + \alpha_c X_{it} + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$te_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 int_{it} + \alpha_2 med_{it} + \alpha_c X_{it} + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

对式(1)进行拓展, 可构建互联网影响区域创新系统三大创新主体创新效率的计量模型, 以揭示互联网创新溢出效应的创新主体异质性特征, 表示如下:

$$ste_{it} = \alpha_0 + \alpha_j int_{it} + \alpha_c X_{it} + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中, ste_{it} 表示 i 省份在 t 时期创新主体的创新效率水平指标, 在后文的计量分析中分别代入区域层面的企业创新效率 (fte)、高校创新效率 (cte) 和科研机构创新效率 (ite) 三大指标, j 为企业、高校和科研机构的编号, α_j 表示互联网对三大创新主体创新效率的影响强度及方向, 其他变量定义同(1)式。

为了检验区域创新活动中是否存在互联网的非线性溢出, 这里采用 Hansen(1999)的面板门槛模型做非线性机制考察, 在式(1)的基础上进一步构建模型如下:

$$te_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 int_{it} \cdot I(int_{it} \leq \gamma) + \alpha_2 int_{it} \cdot I(int_{it} > \gamma) + \alpha_c X_{it} + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中, int_{it} 既是核心解释变量也是门槛变量, γ 为待估门槛值, 其他变量定义同(1)式; γ 能将研究的省际样本划成两个区间, 不同之处在于两样本区间的回归系数取值存在差异。 $I(\cdot)$ 是指示函数, 在满足条件的情形下, 取值为 1, 反之取值则为 0。

式(5)仅为假设存在一个门槛值的情形, 考虑到样本完全存在多个门槛值的可能性, 这里对模型拓展如下:

$$te_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 int_{it} \cdot I(int_{it} \leq \gamma_1) + \alpha_2 int_{it} \cdot I(int_{it} > \gamma_1) + \dots + \alpha_n int_{it} \cdot I(int_{it} \leq \gamma_n) + \alpha_{n+1} int_{it} \cdot I(int_{it} > \gamma_n) + \alpha_c X_{it} + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

为了进一步揭示互联网对区域创新效率影响的非线性机制, 这里将人力资本、金融发展和产业升级作为调节变量 (adj), 构建非线性调节效应模型如下:

$$te_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 int_{it} \cdot I(adj_{it} \leq \gamma_1) + \alpha_2 int_{it} \cdot I(adj_{it} > \gamma_1) + \dots + \alpha_n int_{it} \cdot I(adj_{it} \leq \gamma_n) + \alpha_{n+1} int_{it} \cdot I(adj_{it} > \gamma_n) + \alpha_c X_{it} + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

2. 变量设定

(1)被解释变量。区域创新系统及其子系统的创新效率水平是本文的被解释变量, 这里基于投入产出角度并选取 SFA 方法对其进行测算。专利指标被广泛应用于区域创新效率的测度中, 是衡量区域创新活动产出水平的可靠指标。在区域创新子系统中, 科研机构和高校的创新产出主要包括专利、论文和出版专著等形式, 企业则以新产品和专利为代表。不难发现, 专利是衡量区域创新系统和子系统创新活动的共性产出, 也常被用来作为衡量创新主体的产出指标 (余冬筠和金祥荣, 2014)。因此, 本文选取专利申请授权量来衡量创新产出。一般来看, 区域创新系统及其子系统的创新投入包括资本和人力两类要素。在 R&D 人员投入方面, 这里选用研发人员全时当量指标, 原因在于其相比研发人员数量指标, 其更能有效地反映区域创新系统中研发人员的实际劳动投入水平。在 R&D 资本投入方面, 现有文献主要从 R&D 流量和 R&D 存量两个角度来衡量。其中, R&D 存量指标要事先选取一定的折旧率水平进行测算, 目前学界选取的折旧率水平有 15%、9.6%、25%、13%、5% 和 10% 等, 具有明显的主观性, 导致出现了省际 R&D 资本存量估算结果的分歧, 也会影响到最终研究结果的可靠性和精确性。鉴于此, 本文最终选取 R&D 经费内部支出额作为资本投入指标。对于 SFA 模型形式的选择, 这里分别对柯布—道格拉斯生产函数模型和超越对数型随机前沿模型进行了测算, 并采用广义似然率技术检验模型的适宜性。结果发现, 超越对数型随机前沿技术更适合区域创新效率及三大创新主体创新效率的测算。

(2)核心解释变量和门槛变量。互联网综合发展水平既是核心解释变量也是门槛变量。关于互联网发展水平的度量, 由于目前官方尚未披露关于互联网的类似信息化的综合指数, 而测算又面临着一定的困难和挑战, 导致多数学者采用 CN 域名数、互联网普及率、网站数等单一指标来替代 (施炳展, 2016; 郭家堂和骆品亮, 2016)。事实上, 互联网是一个较为复杂的系统工程, 上述单一指标虽然都是互联网发展水平高低的重要体现, 但不够客观、不够全面, 也略显单薄, 某一方面的指标仅能体现互联网发展的局部事实, 并不能客观地揭示其真实水平。这里结合中国互联网发展实际, 设计的一级指标体系涵盖互联网的普及、商务应用、基础设施、信息资源和发展环境五大维度, 并坚持从全面性、科学性、导向性、有效性和可操作性五个方面进行相应的细分指标筛选, 从而构建出中国省际互联网综合发展水平测度体系, 并以该指标体系和面板数据构造出省际互联网综合发展水平指数。本文设计的中国互联网综合水平测度体系具体见表 1。

表 1 中国省际互联网综合发展水平测度体系

一级指标	二级指标	指标解释
互联网普及	网民普及率(%)	体现省际互联网普及程度
	网民总数(万人)	衡量省际互联网服务需求能力
互联网基础设施	IPv4 地址比重(%)	刻画省际 IP 地址资源分配事实
	万人域名数(个/万人)	描述省际域名资源配置情况
	长途光缆线路长度(公里)	反映省际光纤基础设施投资建设情况
	互联网接入端口数(万个)	体现省际互联网接入设备的建设水平
互联网信息资源	企业平均拥有网站数(个)	刻画省际互联网信息资源的配置水平
	每个网页平均字节数(KB)	反映省际互联网信息资源的丰富程度及多寡
互联网商务应用	快递业务总量(万件)	表征省际网购产业的发展水平
互联网发展环境	人均 GDP(元)	衡量省际互联网建设能力和发展方向
	城镇居民人均可支配收入(元)	体现省际居民互联网消费支付能力

根据上述综合指标测度体系,本文基于全局主成分分析技术构造十多年来中国省际互联网综合发展水平指数。为了消除由于量纲不同可能的不利影响,这里对原始指标数据进行了标准化处理。全部数据通过了 Bartlett 球形检验和 KMO 检验,说明本文所观测的数据适合进行全局主成分分析。对于因子个数选择,本文采用使前 k 个主成分累计方差贡献率达到 80%的方法来确定。为了便于后续研究方便,这里按照以下计算公式,将测算所得的互联网综合得分数据标准化到[0,1]区间内,即为省际互联网综合发展水平指数^①。以此作为本文的核心解释变量和门槛变量。

$$int_i = \frac{S_i}{\text{Max}(S_i) - \text{Min}(S_i)} \times 0.4 + 0.6 \quad (8)$$

上式中, S_i 为省份*i*的互联网综合水平得分, $\text{Max}(S_i)$ 和 $\text{Min}(S_i)$ 分别为对应综合水平得分的最大值和最小值。

(3)中介变量。根据前文理论分析,本文选取人力资本、金融发展和产业升级作为中介变量,检验互联网对区域创新效率的间接影响机制。其中,人力资本(*hc*)采用省际平均受教育年限来刻画^②,金融发展(*fin*)运用金融机构年末存贷款余额与 GDP 比值来表示,产业升级(*stu*)选取省际第三产业与第二产业产值之比来表征。

(4)控制变量。为了更加精确地分析区域创新系统中的互联网创新溢出效应,这里还控制了以下变量:①城市化水平(*urb*)^③,用年末城镇人口与总人口之比来反映;②贸易开放度(*tra*),用人民币表示的进出口总额与 GDP 的比值来衡量,该指标为相对指标,不受价格因素的影响,其值越大表明贸易开放水平越高;③政府干预(*gov*)^④,用财政支出占 GDP 的比重来表征;④知识产权保护(*ipr*)^⑤,用技术市场交易额与 GDP 之比来表示;⑤研发投入强度(*rd*),用研发经费投入占 GDP 比重的相对

① 细分指标的选择依据及测算结果分析见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。
 ② 具体将居民受教育程度分为小学教育、初中教育、高中教育、大专及以上教育,分别用不同受教育程度人数占 6 岁以上人口的比重乘以对应的平均累计受教育年限(权重分别为 6、9、12、16),再求和即可。
 ③ 较高的城市化水平为区域创新系统提供了合理的人力资本禀赋结构,提升了创新活动的交易效率,也更容易形成专业化和多样化的创新网络,进而驱动了知识和技术在区域内的扩散溢出。
 ④ 在中国这样的采用市场与政府双轨制资源配置模式的国家,区域创新系统运行离不开政府支持。
 ⑤ 传统知识产权理论认为,加强知识产权保护,有利于维护市场公平和促进技术竞争,从而提升创新效率。

指标来刻画;⑥市场化水平(*mar*),用非国有企业员工占比来体现。

3. 数据说明

本文以互联网综合发展水平指数为切入点进行研究,由于CNNIC公开披露的互联网指标和数据信息自2006年起更为全面和丰富,故以2006年为基期进行研究。值得说明的是,官方统计中虽提供了较为全面的区域创新系统、企业子系统和高校子系统的创新数据,但并未披露科研机构子系统2006—2008年的专利数据,故前者以2006—2017年为研究时段,后者则以2009—2017年为研究时段。本文选取中国30省份为样本,由于中国港澳台地区和西藏自治区的创新数据存在明显缺失,故做了剔除处理。本文使用的互联网细分指标数据和区域创新的投入、产出指标数据主要来自《中国互联网发展状况统计报告》《中国科技统计年鉴》《中国统计年鉴》,金融指标原始数据从《中国金融统计年鉴》中采集,其余变量的原始数据来自上述统计报告、年鉴或《Wind资讯数据库》^①。

五、实证结果及分析

1. 基本估计结果分析

对于采用何种估计方法,经Hausman检验发现,基于固定效应模型进行估计较为科学。进一步采用GLS方法,结合white-period稳健方法估计模型,以期尽可能校正时期异方差及各省份异方差带来的不良影响。表2给出了互联网影响区域创新效率的线性估计结果。其中,模型(1)—模型(4)为直接效应的检验结果,模型(5)—模型(10)反映了间接效应的估计结果。

由直接效应的估计结果可知,在模型(1)中,互联网变量的估计系数为0.42且显著,表明互联网综合发展水平的提升总体上显著有利于改善中国的区域创新效率,验证了上文假设1提出的互联网对区域创新效率存在直接促进影响的论断。模型(2)、模型(3)和模型(4)依次反映了东部、中部和西部三大地区的互联网创新溢出情况。可以发现,东部、中部和西部地区的*int*系数均为正且显著,表明互联网发展显著驱动了三大地区的创新效率水平提升,这进一步佐证了假设1。基于区域创新效率提升的角度初步考察表明,互联网完全可以成为新时代下中国提升区域创新效率的新动能。本文研究在一定程度上支持了Varian(2010)、Audretsch et al.(2015)、郭家堂和骆品亮(2016)等基于其他研究领域所得结论,并从区域创新系统新角度对“索洛悖论”给出了另一种解释,否定了索洛关于计算机无效的判断,印证了“索洛悖论”在中国区域创新系统中并不成立,也不适用。从溢出强度看,互联网的创新溢出效果存在明显区域差异,具体表现为“中部>西部>东部”,即相较于东部地区,中、西部地区将能从互联网发展中获取更多的创新溢出红利,这也预示着如果合理利用互联网,将不仅有利于提升区域创新效率,还能有效缩小发达地区和落后地区之间的创新差距。那么,为什么会出现这种现象呢?本文认为原因主要在于:①东部地区互联网发展较早、水平也较高,创新能力总体更强,互联网对创新的溢出红利可能已提前释放,从而使得创新效率提升对互联网发展水平可能有着更高的要求;②东部地区互联网发展的内部差距明显大于其他地区,东部地区在考察初期的互联网综合发展水平指数位于0.52—0.62区间,但到考察期末这一水平指数已扩大到0.60—0.89区间。发达国家实践表明,在要素发展差距过大的情形下,会极易产生“过疏”和“过密”而不利于协调发展的事实。因此,东部地区内部的互联网发展差距过大,同样会导致其对不同省域的创新溢出不均衡,这一情况与邱泽奇等(2016)的研究结论是基本一致的。

^① 各变量描述性统计结果见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejjournal.org>)附件。

表 2 互联网影响区域创新效率的估计结果

	基本模型估计				中介效应估计					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
<i>int</i>	0.4176*** (5.9033)	0.1686** (2.0529)	1.4652*** (4.9461)	0.4336*** (3.5193)	1.7520*** (2.8799)	0.4006*** (5.7049)	1.1207*** (2.7632)	0.3705*** (5.6264)	2.3949*** (5.3134)	0.2679*** (4.6253)
<i>hc</i>						0.0075** (2.1380)				
<i>fin</i>								0.0281*** (2.9357)		
<i>stu</i>										0.0432*** (6.4930)
<i>cons</i>	-0.5413*** (-27.3531)	-0.5405*** (-12.4074)	-0.7811*** (-8.4519)	-0.4381*** (-10.5248)	3.8381*** (14.7662)	-0.5717*** (-21.5310)	0.2833** (2.0363)	-0.5369*** (-29.1113)	-0.3138 (-1.5497)	-0.5089*** (-27.0169)
A-R ²	0.9925	0.9927	0.9881	0.9927	0.9579	0.9924	0.9547	0.9933	0.9605	0.9933
F 值	1311.961	1044.943	565.750	1053.474	228.049	1275.470	211.220	1432.685	243.384	1449.148

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平下显著，以下各表同。模型(5)、(7)和(9)分别为互联网对人力资本、金融发展和产业升级等中介变量的估计结果。

前文理论分析了互联网对区域创新效率影响的传导机制。那么，互联网为什么会促进区域创新效率呢？即动力机制是什么？本文认为主要原因可能在于：①互联网加速了区域创新系统中信息的扩散和增值。一方面，互联网有效推动了信息在区域创新系统中高速、有效传播，破解了信息传递的时空约束，使得创新活动单元能很容易享受到海量的、等质等量的、充分披露的信息，从而推动了前沿技术溢出。另一方面，互联网打破了以往信息传播的传递层级，使得信息扩散的即时性和互动性明显增强，致使各种创新性思维不断碰撞、产生和整合，分享人群越多，流动范围越广，信息的增值效果就越明显。②互联网提升了区域创新系统中创新资源的使用效率。互联网技术的大规模使用，极大降低了区域创新系统中的信息搜索、传递、加工和攫取成本，有效克服了前互联网时代的信息不对称现象，创新主体能更容易地将碎片化的创新资源和知识组织整合起来，有效推动资源配置和创新协同，使得区域创新活动的决策能力、资源配置效率等明显提升。③互联网拓宽了区域创新活动的广度和深度。在互联网时代，区域创新系统中除了传统的创新主体要参与创新活动外，更多的消费者都将参与其中，“大众创业、万众创新”将为区域创新活动持续注入新动力。这种情形下，众包、众创、众筹、众智等网络时代的新创新模式将在区域创新系统中持续发挥“威力”，也能在一定程度上推动持续创新、颠覆式创新、微创新和迭代创新，从而提升了区域创新效率。正因为如此，互联网已成为新时代下中国提升区域创新效率，乃至建设创新型国家所不可忽视的宏观新因素。

中介效应估计结果体现在以下三方面：①模型(5)和模型(6)是以人力资本为中介变量的估计结果。不难发现，模型(5)中互联网对人力资本的影响系数显著为正，说明互联网对人力资本水平的提高存在积极影响，模型(6)中人力资本对区域创新效率的回归系数同样显著为正，表明互联网可以通过对人力资本的积极影响间接推动区域创新效率水平提升。具体看，在其他因素保持不变的情况下，互联网综合水平每增加 1 个单位，区域创新效率会直接提升 0.40 个单位，同时也会使人力资本水平提高 1.75 个单位，从而导致区域创新效率间接提升 0.01 个单位(0.0075×1.7520=0.01)，总效应为直接效应与间接效应之和(0.41)，间接效应在总效应中占比 2.44%。②模型(7)和模型(8)是以金融发展为中介变量的估计结果。可知互联网对金融发展的影响系数为 1.12，金融发展对区域创新效率的影响系数为 0.03，表明互联网通过促进金融发展的正向中介效应提升了区域创新效率。具体

看,互联网通过金融发展影响区域创新效率的间接效应为 0.03,在总效应中占比为 7.28%。③模型(9)和模型(10)是以产业升级为中介变量的估计情况。结果发现,互联网对产业升级的影响系数为 2.40 且显著,产业升级对区域创新效率的影响系数为 0.04 且显著,表明互联网可通过驱动产业升级来间接提升区域创新效率,间接效应为 0.10,在总效应中占比为 27.85%,直接效应和间接效应之比约为 3:1。总体看,互联网对区域创新效率的直接效应均大于间接效应,即区域创新系统中的互联网驱动以直接溢出为主。同时,间接效应的发现印证了假设 1 提出的互联网对区域创新效率存在中间影响的论断,这也从另一个角度佐证互联网完全可以成为新时代下中国区域创新效率提升新动能的基本论断^①。

2. 非线性效应分析

为了克服人为划分样本区间造成的主观偏差,这里采用门槛回归技术进行实证检验。在估计门槛模型之前,本文基于 Hansen(1999)的方法^②进行了面板门槛存在性检验。结果发现,互联网门槛变量显著通过了单一门槛、双重门槛和三重门槛检验,且相应地三重门槛检验的 95%置信区间为 [0.59,0.60]。因此,全国层面选取三重门槛回归模型来估算较为科学。同样检验发现,东部、中部和西部地区也均应基于三重门槛模型进行分析^③。进一步比较发现,东部地区每个门槛区间的互联网门槛值均高于中、西部地区,表明相较于中、西部地区,东部地区有着更高的互联网发展水平门槛要求,这和前文对区域差异分析时得出的结论是一致的。

接着采用稳健标准差检验估计面板门槛模型,以在一定程度上克服异方差的不良影响。相应的估计结果见表 3。基于模型(1)的估计结果发现,三重门槛模型下互联网变量的各区间系数均为正且显著,说明互联网与区域创新效率之间存在显著的动态非线性关联,即在区域创新系统中出现了互联网溢出的网络效应。由检验出的门槛值可知,当互联网指数值低于 0.55 时,互联网估计系数为 0.24 且显著,表明在第一门槛区间内互联网具有积极且显著的创新溢出效应。当互联网指数值介于 [0.55,0.57] 区间时,互联网溢出强度增大至 0.28 且显著,即在该门槛区间互联网的溢出效应依然存在,且促进强度有所增大。当互联网指数值超过 0.57 且小于 0.60 时,互联网对区域创新效率的驱动力度进一步增大。当互联网指数值超过 0.60 时,溢出强度提升至 0.36 的最大值,说明在第四门

表 3 面板门槛模型回归结果

变量	动态效应估计				调节效应估计		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>int_1</i>	0.2423*** (2.7737)	0.0600 (0.6970)	1.6356*** (13.1831)	0.9703*** (5.3072)	0.3323*** (3.2838)	0.3116*** (3.3097)	0.3679*** (3.7042)
<i>int_2</i>	0.2793*** (3.2537)	0.1023 (1.1498)	1.6509*** (12.7749)	1.0133*** (5.6770)	0.3651*** (3.7289)	0.3578*** (3.9260)	0.3932*** (4.0113)
<i>int_3</i>	0.3201*** (3.8039)	0.1730*** (4.1482)	1.6920*** (13.2899)	1.0773*** (6.2155)	0.3971*** (4.1145)	0.3894*** (4.3262)	0.4390*** (4.5223)
<i>int_4</i>	0.3581*** (4.3459)	0.4190*** (3.9794)	1.6654*** (13.6144)	1.1093*** (6.6728)	0.4703*** (4.9156)	0.4994*** (5.6534)	0.4972*** (5.2846)

注:括号内的数值表示经修正方差后的 t 统计量, *int_1* 到 *int_4* 为不同门槛区间互联网变量的估计系数。

① 控制变量的估计结果及分析见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。

② 本文通过重叠模拟似然比检验统计量 300 次进行检验。

③ 门槛检验结果见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。

槛区间内的创新溢出效应最为显著。不难发现,随着互联网指数值的提高,互联网的创新溢出效应表现出了显著的正向且“边际效应”递增的非线性特征,充分证实了本文提出的假设2。

进一步,本文分别对东、中、西部三大地区互联网与创新效率的动态非线性关联进行考察,相应的门槛检验结果分别见表3中的模型(2)—模型(4)。可以看到,随着互联网的发展,其对三大地区创新效率的动态影响差异具体表现为:①东部地区互联网的创新溢出具有较为复杂的正向动态非线性关联特征,这不同于全国的总体情况。当互联网指数值小于0.65时,其对创新效率的促进作用一直不明显;只有当互联网指数值大于0.65时,创新溢出现象才会显著发生,且互联网变量的系数强度也有所增大。也就是说,东部地区创新系统中的互联网网络效应亦已显现。进一步考察发现,海南、辽宁、河北、天津和福建五省互联网指数值尚低于第三门槛值,并未有效获取互联网的创新溢出红利,这也从另一个角度再次阐释了为什么东部地区的创新溢出会相对不足。因此,现阶段东部地区在加强互联网建设的基础上,既要注重提高互联网综合能力,更要不断消除区域内部的“数字鸿沟”现象。②中部地区互联网的创新溢出具有显著倒“U”型动态特征,这不同于全国情况。当互联网指数值依次跨越0.56和0.58水平时,其对创新效率的影响效应显著为正,且强度在持续提升。当互联网指数值大于0.63时,创新溢出效果出现了轻微减弱,说明第三门槛区间互联网的创新溢出效应最强,即存在推动创新效率提升的最优互联网综合发展水平区间。基于互联网影响系数可知,每个门槛区间内的互联网估计系数均大于东、西部地区,该结论与线性视角的研究发现是相吻合的,中部地区同样显现了互联网的网络效应。考察期内除吉林和江西外的其他省份虽跨入了最优门槛区间,但其互联网指数水平尚均位于0.60以下。因此,现阶段加快互联网建设仍将是中部地区提升创新效率的重要手段。③互联网对西部地区创新效率的动态影响特征与全国基本一致。当互联网指数值依次超过三个门槛值时,显著的创新溢出效应均已显现,且影响强度也在不断攀升。与东、中部地区比较发现,西部地区创新效率改善有相对较低的互联网门槛约束,这为该地区通过互联网手段驱动创新效率提供了可能。“边际效应”递增现象的存在也恰恰说明了西部地区互联网创新溢出的“后发优势”较为明显。进一步分析发现,考察期内包括贵州、宁夏、甘肃等在内的占比约54.55%的西部省份互联网指数水平均在0.57以下。未来较长一段时间内,加快互联网发展,深入推动“互联网+”区域创新将可能是西部地区缩小创新差距、提高创新效率的战略行动。

上文中发现,互联网与区域创新效率之间呈现出正向且边际效率递增的动态规律,但是否意味着只要提升互联网综合水平就一定会促进区域创新效率呢?实际上,互联网对区域创新效率的动态影响不仅受到自身水平的作用,更可能还存在着其他方面的调节影响。表3中,模型(5)、模型(6)和模型(7)分别是以人力资本、金融发展和产业升级作为门槛变量的估计结果。不难发现:①当人力资本水平依次跨越9.35、9.84和10.56时,互联网对区域创新效率的促进影响是持续增强的,互联网的正向且“边际效应”递增的非线性特征依然存在,且对应的各门槛区间系数明显变大,表明人力资本可以正向强化互联网的非线性创新溢出,激发互联网在区域创新系统中的“梅特卡夫法则”威力。②互联网的创新溢出存在基于金融发展的三重门槛调节效应,当金融发展水平依次超过1.02、1.20和3.04时,互联网对区域创新效率仍存在着正向且“边际效应”递增的非线性特征,且当金融发展水平超过3.04时,这一积极影响明显高于其他区间。因此,金融发展对互联网创新溢出效应的强化效果不容忽视,但截至2017年,仅北京和上海的金融发展水平迈入了第四门槛区间,可见现阶段金融发展对互联网创新溢出的正向调节效果并未实现最优,还有较大的挖掘空间。③产业升级亦显著调节互联网的创新溢出效应,随着产业升级水平的持续提升,互联网对区域创新效率的积极影响是持续增强的,驱动效应从0.37提升至0.50,这一影响强度明显高于非线性基本模型(1)估计的0.24—

0.36的水平。调节效应检验不仅再次证实了上文选取人力资本、金融发展和产业升级作为中介变量的合理性,还得出了上述因素可动态强化互联网创新溢出效应,提升区域创新系统中“梅特卡夫法则”威力等新结论。

3. 异质效应分析

企业、高校和科研机构是区域创新系统中“三足鼎立”的三大创新主体。为了深入探讨互联网创新溢出的这种潜在多元化特征,这里将从区域创新三大子系统出发,检验互联网“威力”的异质溢出情况,具体估计结果见表4。关于创新主体的回归结果中,第(1)、(3)、(5)列表示未考虑 *int* 滞后的检验结果,第(2)、(4)、(6)列表示考虑 *int* 滞后一期的检验结果。基于模型(1)的 *int* 估计系数为 0.48 且显著,表明互联网显著驱动了企业的创新效率。基于模型(3)和模型(5)的估计发现,高校和科研机构的 *int* 估计系数分别为 0.68 和 0.61 且显著,说明互联网对高校和科研机构创新效率均同样存在明显的促进作用。滞后模型的检验表明,三大创新主体的 *int* 估计系数均为正且显著,强度亦有所增大,意味着互联网的创新滞后效应在三大创新主体中是显著存在的。随着互联网建设的持续推进,长期内互联网的创新溢出效应将会更为明显地显现。从互联网的作用强度来看,具有“高校>科研机构>企业”的异质性特征,即互联网的创新溢出效应存在显著的创新主体异质性特征。鉴于在中国高校和科研机构是基础研究创新的主力军,企业是应用研究创新主角的共识,故不难得出,互联网对基础研究创新的驱动效应明显强于应用研究的结论,新时代下这一现象应值得关注。

表 4 创新主体差异固定效应模型回归结果

变量	企业		高校		科研机构	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>int</i>	0.4810*** (5.7939)	0.6032*** (6.3641)	0.6827*** (7.9791)	0.7520*** (7.5377)	0.6143*** (6.1561)	0.7170*** (8.2753)
<i>cons</i>	-0.4791*** (-27.2985)	-0.5258*** (-26.0403)	-0.9692*** (-42.064)	-1.0232*** (-33.1240)	-1.1024*** (-33.9051)	-1.1298*** (-31.0065)
A-R ²	0.9931	0.9939	0.9907	0.9907	0.9930	0.9941
F 值	1435.579	1479.147	1066.619	974.952	1067.341	1128.974

4. 内生性问题讨论^①

前文已经对可能存在的内生性问题做了相应地处理。①通过广义似然率检验选择了最适宜的随机前沿模型对区域创新效率做了测算,构建综合指标体系采用全局主成分分析法对互联网综合发展水平指数进行了构建,以尽可能弱化数据质量对估计结果的影响;②关于遗漏变量所产生的内生性问题,本文在计量模型估计过程中加入了城市化、政府干预和贸易开放度等变量加以控制,同时经豪斯曼检验采用固定效应模型及 white-period 稳健方法进行估计,对非线性模型则进行了稳健标准差检验。

进一步地,分别对前文分析的线性效应、非线性效应和异质性效应的内生性问题做处理。①对于线性模型,这里同时采用静态面板模型和动态面板模型进行研究,对于前者,借鉴郭家堂和骆品亮(2016)处理互为因果关系而导致内生性问题的做法,首先将 *int* 滞后一期作为被解释变量进行回

① 具体结果见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。

归,其次选择滞后一期的 int 作为当期 int 的工具变量,并采用固定效应的 2SLS 模型进行回归,两种估计结果和前文相比并不存在明显区别。另外,如果面板数据存在自相关和异方差,2SLS 估计结果可能会存在偏差,采用 GMM 估计比 2SLS 更为有效(林伯强和杜之利,2018),故这里还采用 GMM 方法对相应的动态面板模型进行估计,以确保上文检验结果的可靠性,结果发现,互联网和控制变量的估计结果相比前文并没有发生明显的变化。②对于非线性模型,这里根据 Lucchetti and Palomba(2009)将面板门槛数据模型改为滞后期的做法,估计结果表明,考虑内生性问题后的核心解释变量和控制变量估计结果均与前文无明显差别,但相较滞后 1 期、滞后 2 期时互联网的创新溢出效应有所减弱,表明滞后 1 期内互联网的“梅特卡夫法则”威力是最为显著的。③对于创新主体异质性问题,这里选取互联网滞后一期为工具变量,分别采用 FE-IV 及 white-period 稳健方法做了估计,结果发现,企业、高校和科研机构的互联网变量估计系数分别为 0.56、1.05 和 0.90,且均通过了 1% 的显著性水平检验,控制变量的估计结果也和上文较为一致。综上所述,考虑内生性问题后,本文的研究假设进一步得到了验证。

5. 稳健性检验^①

上文通过东部、中部和西部分区域回归发现,本文的基本结论具有一定的稳健性。为进一步增强研究结论的可靠性,这里还尝试进行了以下几种稳健性测试:①剔除可能的异常值重新估计,这里分别对剔除了互联网指数和区域创新效率极大值和极小值样本后的面板数据进行重新估计,以尽可能地消除异常值和非随机性给计量结果带来的不利影响;②剔除部分年度研究样本重新估计,企业层面选取 2007—2016 年作为研究时段进行重估计;③变化解释变量重新估计,借鉴现有研究选取单一指标的做法,这里分别采用省际互联网普及率、网站总数与法人单位数之比和每平方公里长途光缆线路长度三个指标作为互联网的替代指标进行稳健性估计;④变化被解释变量重新估计,上文非线性模型采用区域创新效率作为被解释变量,这里重新选取企业创新效率进行替代重新估计,高校层面用专利的对数替代创新效率重新估计。

稳健性检验结果显示,包括互联网指标在内的核心解释变量和控制变量的系数结果均保持了较好的一致性,说明前文得出的主要结论具有较好的稳健性,即进一步佐证了本文的研究假设。尤其值得注意的是,采用互联网普及率、网站总数与法人单位数之比、每平方公里长途光缆线路长度三个指标分别作为互联网替代变量时,互联网的估计系数均显著为正,表明本文构建的互联网综合指标体系和指数是合理的。但进一步比较发现,相较采用互联网综合指标,使用几种单一互联网指标替代后,互联网的作用强度均明显减小,这更加反映出互联网发展是一个复杂的系统工程,仅仅采用单一指标或基于单一维度进行研究都可能会导致区域创新系统中的互联网溢出红利被明显低估。

六、结论与政策建议

本文从基本传导机制、非线性传导机制和异质性传导机制三个维度阐释了互联网影响区域创新效率的内在机理。基于中国 2006—2017 年的省级面板数据,在构建省际互联网综合发展水平指数的基础上,从全国层面、区域层面和创新主体层面等多维度实证分析了互联网的创新溢出效应,主要结论如下:①互联网明显地促进了区域创新效率水平提升,已成为新时代下中国推动区域创新效率改善的强劲引擎,在中、西部地区的互联网创新溢出红利要大于东部地区。②互联网能通过加速人力资本积累、金融发展和产业升级间接提升区域创新效率,但间接效应弱于直接效应。③互联网的创新溢出效应呈现明显正向的“边际效应”递增的非线性特征,证实了互联网的网络效应和“梅

^① 具体结果见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejjournal.org>)附件。

特卡夫法则”在区域创新系统中均是显著存在的,且人力资本等中介因素还可正向强化互联网的非线性创新溢出。在东部地区,只有当互联网综合发展水平满足一定门槛条件时,才能有效地促进创新溢出。在中部地区,互联网对创新效率的影响具有显著的倒“U”型动态关联。在西部地区,释放互联网的创新溢出红利则有着相对较低的门槛要求。④区域创新系统中互联网的创新溢出具有明显的创新主体异质特征,溢出效应强度表现为“高校>科研机构>企业”。

就当前中国区域创新活动实际看,虽然各个地区的创新驱动发展均取得了长足进步,但依然存在创新效率水平低下、地区差距严重的现实难题。互联网作为国家促进“大众创新、万众创业”的“政策实验”和战略力量,无疑为解决上述难题提供了一剂良方。本文研究具有以下几点政策启示。

(1)加大互联网建设力度,缩小数字鸿沟。本文研究发现,互联网综合水平的提升对中国区域创新系统的贡献明显,而中国目前的互联网综合发展水平不够高且还有很大的提升空间。在未来的网络强国建设中应做好以下工作:①加大互联网投资强度和规模。要不断丰富、拓展和创新互联网的应用服务内容、提高互联网服务质量,加快推动互联网产业、相关衍生产业发展,加大对互联网高端技术和应用平台研发、生产等的投资,还要加强对信息网络基础技术、短板技术研究的倾斜。②发挥政府引导和支持功能。制定相应的支持互联网发展的政策,通过构建互联网产业发展基金、互联网创业引导基金,打造互联网创新创业基地、互联网创新发展综合实验区、互联网技术孵化中心和互联网创新产业园等手段,引导社会资本投向互联网发展的核心环节和关键领域,在有限的资源条件下,积极发挥社会资本的效率优势,促使中国互联网总体实现跨越式和内涵式发展,不断推动互联网的高质量发展进程。③优化互联网资源配置。巩固东部地区互联网发展优势的同时,适度推动互联网资源和扶持政策向中、西部地区倾斜,引导互联网要素积极向中、西部地区流动和扩散,弥补落后地区的网络发展短板,提高网络资源的配置水平。④打破互联网发展的数字鸿沟约束。对互联网发展进行整体区域规划和协调推进,最大化发挥规模效应和网络效应,在区域间和区域内形成城乡互动的互联网发展新架构,继续完善和推广 IPv6 和 5G 等新技术,保障更加广泛的无线网络接入和覆盖,突破互联网使用的时空限制,提升企业和城乡居民对互联网的认知程度、使用意愿及应用效果,打破互联网发展空间不平衡约束,推动区域城乡网络对接和区域网络一体化进程。

(2)推动“互联网+”区域创新的深度融合。本文证实了互联网已成为区域创新活动不可忽视的重要因素,具有直接和间接的“双重影响”,推动二者融合的直接措施应注重以下方面:①基于“互联网+”重构国家创新体系,提供顶层指引。强化互联网的集约化利用,促使形成更开放、更快速、更灵活、更贴近区域创新系统运行的创新模式,迈入以迭代创新、微创新、协同创新、集成创新等多种创新模式共存的创新新时代,最大限度地提升国家的创新竞争力。②加强互联网创新的知识产权保护,提供保障机制。中国目前尚无明确的保护互联网创新成果的相关法规,国家应加强互联网成果的知识产权保护,例如,要更加注重互联网衍生类成果的知识产权保护,也要对现有的商标法、专利法、著作权法等知识产权专门法律及时修订,完善法律法规中有关网络空间知识产权的规定,使其更加适合互联网时代区域创新活动的需求,加强知识产权立法的衔接配套。③构建基于“互联网+”的“政产学研用”协同创新平台,提供平台依托。互联网具有明显共享、开放、协作和快速等优点,打破传统协同创新平台中创新资源、知识和信息难以准确快速和市场对接的限制。政府应以“互联网+”为纽带,组建六位一体的“政府+企业+科研机构+高校+市场中介+互联网服务机构”的协同创新网络 and 平台,深化拓宽开放式创新内涵,有效实现知识共享和融合集成,减少协同创新过程中的知识传递与转移过程中的资源损耗。④构建基于互联网的分享经济创新中心,提供智力支撑。政府、高校、企业和科研机构可通过打造一批以新知识、新技术、海量信息、大数据、区块链等新生产要素

为核心的共享创新平台,例如,科技文献共享平台、科学数据共享平台、科技资源共享平台、网络科技环境平台、成果转化公共服务平台等,形成特色领域的分享创新平台。也要积极引导和鼓励越来越多的创新主体和参与者通过互联网众创、众扶、众筹、众包、众智等多种方式组织创新生产和创新成果供需,从而持续驱动创新效率水平提升。另外,尽管互联网对区域创新效率影响的间接溢出“威力”相对微弱,但也表明“互联网+”与区域创新的融合不是孤立存在的,而是与诸如人力资本等潜在因素间接关联,如果忽视人力资本、金融发展和产业升级等间接措施的中介作用和“催化剂”效果,可能会低估或者弱化区域创新系统中的互联网溢出效果,这预示着在教育、金融和产业升级等相关政策制订过程中应充分考虑到互联网的积极影响,从而进一步为创新型国家建设增添助力。

(3)实施动态化、差异化的“互联网+”区域创新策略。本文研究发现,互联网对区域创新效率具有正向且“边际效应”递增的非线性特征,中、西部地区和基础研究领域存在更为明显的创新溢出现象,这就要求“互联网+”区域创新策略不是固定的、一刀切的和一成不变的。一方面,当前互联网影响区域创新效率的网络效应已经非常明显且存在显著区域差异,这预示着应有针对性地实施动态化、差异化的“互联网+”区域创新策略。东部地区的创新效率提升对互联网发展有着更高的门槛约束,大约半数省份尚未能满足这一门槛条件,这些省份尤要注重加强自身互联网建设,强化互联网的创新溢出效应。中部地区多数省份互联网综合发展水平远低于最优区间上限值,其应不断加大互联网建设,提升互联网综合发展水平,而跨过最优区间上限值的部分省份应更加注重互联网与创新活动的动态协调发展。西部地区创新效率提升相对东、中部地区而言,有着较低的互联网门槛要求,互联网将可能是新时代下西部地区提高创新效率、缩小与发达地区创新差距所不可或缺的,落后地区由于经济水平较差,创新效率提升的空间很大,可以从互联网发展中获得更多的创新溢出红利。中、西部地区省份要利用这种“后发优势”加快互联网建设步伐,充分把握好互联网提供的这一次难得的“弯道超车”机遇;另一方面,不能忽视互联网对区域创新效率影响创新主体异质性现象,应基于互联网对创新主体创新活动的异质溢出效应制定出协调性、有针对性的发展政策。更加重视释放互联网对基础研究和原始性创新的溢出红利,打造一批创新竞争力强、成长潜力大和具有带动引领作用的新型创新网络主体,切实推动区域创新模式从模仿创新向原始性创新、颠覆式创新转变,最大限度地激发创新主体的创新效能。因此,国家应把握互联网创新溢出过程中的经验规律,合理实施“互联网+”区域创新策略以及其他相关政策实验的布局,这将更有利于发挥区域创新系统中的互联网“威力”,即在驱动区域创新效率提升的同时兼顾缩小地区间的创新差距,并进一步为增强原始创新能力增添助力,使互联网切实成为新时代下中国区域创新效率提升的新动能。

[参考文献]

- [1]白俊红,蒋伏心. 协同创新、空间关联与区域创新绩效[J]. 经济研究, 2015,(7):174-187.
- [2]程立茹. 互联网经济下企业价值网络创新研究[J]. 中国工业经济, 2013,(9):82-94.
- [3]陈子凤,官建成,楼旭明,谢逢洁. ICT对国家创新系统的作用机理研究[J]. 管理评论, 2016,(7):85-92.
- [4]董祺. 中国企业信息化创新之路有多远?——基于电子信息企业面板数据的实证研究[J]. 管理世界, 2013,(7):123-129.
- [5]郭家堂,骆品亮. 互联网对中国全要素生产率有促进作用吗[J]. 管理世界, 2016,(10):34-49.
- [6]韩先锋,惠宁,宋文飞. 信息化能提高中国工业部门技术创新效率吗[J]. 中国工业经济, 2014,(12):70-82.
- [7]李海舰,田跃新,李文杰. 互联网思维与传统企业再造[J]. 中国工业经济, 2014,(10):135-146.
- [8]李珊珊,徐向艺. “互联网+”是否有效促进了小微企业创新[J]. 山东社会科学, 2019,(2):149-154.
- [9]林伯强,杜之利. 中国城市车辆能耗与公共交通效率研究[J]. 经济研究, 2018,(6):142-156.

- [10]邱泽奇,张樹沁,刘世定,许英康. 从数字鸿沟到红利差异——互联网资本的视角[J]. 中国社会科学, 2016, (10):93-115.
- [11]施炳展. 互联网与国际贸易——基于双边双向网址链接数据的经验分析[J]. 经济研究, 2016, (5):172-187.
- [12]王春燕,张玉明. 开放式创新下互联网应用对小微企业创新绩效的影响[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2018, (1):27-35.
- [13]王可,李连燕. “互联网+”对中国制造业发展影响的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2018, (6):3-20.
- [14]王莉娜,张国平. 信息技术、人力资本和创业企业技术创新——基于中国微观企业的实证研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2018, (4):111-122.
- [15]杨德明,刘泳文. “互联网+”为什么加出了业绩[J]. 中国工业经济, 2018, (5):80-98.
- [16]余冬筠,金祥荣. 创新主体的创新效率区域比较研究[J]. 科研管理, 2014, (3):51-57.
- [17]余泳泽,刘大勇. 我国区域创新效率的空间外溢效应与价值链外溢效应——创新价值链视角下的多维空间面板模型研究[J]. 管理世界, 2013, (7):6-20.
- [18]张旭亮,史晋川,李仙德. 互联网对中国区域创新的作用机理与效应[J]. 经济地理, 2017, (12):129-137.
- [19]赵振.“互联网+”跨界经营:创造性破坏视角[J]. 中国工业经济, 2015, (10):146-160.
- [20]Arthurs, W. B. The Structure of Invention[J]. Research Policy, 2007, 36(2):274-287.
- [21]Audretsch, D. B., D. Heger, and T. Veith. Infrastructure and Entrepreneurship[J]. Small Business Economics, 2015, 44(2):219-230.
- [22]Cui, T., H. J. Ye, H. Teo, and J. Z. Li. Information Technology and Open Innovation [J]. Information & Management, 2015, 52(3):348-358.
- [23]Czernich, N., T. Falck, and L. Woessmann. Broadband Infrastructure and Economic Growth [J]. Economic Journal, 2011, 121(552):505-532.
- [24]Forés, B., and C. Camisón. Does Incremental and Radical Innovation Performance Depend on Different Types of Knowledge Accumulation Capabilities and Organizational Size [J]. Journal of Business Research, 2016, (2): 831-848.
- [25]Glavas, C., and S. Mathews. How International Entrepreneurship Characteristics Influence Internet Capabilities for the International Business Processes of the Firm[J]. International Business Review, 2014, 23(1):228-245.
- [26]Guire, T. M., J. Manyika, and M. Chui. Why Big Data is the New Competitive Advantage [J]. Ivey Business Journal, 2012, (7-8):1-13.
- [27]Hansen, B. E. Threshold Effect in Non-Dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference [J]. Journal of Econometrics, 1999, 93(2):345-368.
- [28]Hsu, P., X. Tian, and Y. Xu. Financial Development and Innovation: Cross-Country Evidence [J]. Journal of Financial Economics, 2014, 112(1):16-135.
- [29]Kafourous, M. The Impact of the Internet on R&D Efficiency: Theory and Evidence[J]. Technovation, 2006, 26(7): 827-835.
- [30]Lin, F. Estimating the Effect of the Internet on International Trade [J]. Journal of International Trade & Economic Development, 2014, 62(3):171-189.
- [31]Lucchetti, R., and G. Palomba. Nonlinear Adjustment in US Bond Yields: An Empirical Model with Conditional Heteroscedasticity[J]. Economic Modelling, 2009, 26(3):659-667.
- [32]Lyytinen, K., Y. Yoo, and R. J. Boland. Digital Product Innovation within Four Classes of Innovation Networks[J]. Information Systems Journal, 2016, 26(1):47-75.
- [33]Mallick, H. Role of Technological Infrastructures in Exports: Evidence from a Cross-Country Analysis [J]. International Review of Applied Economics, 2014, 28(5):669-694.
- [34]Paunova, C., and V. Rollob. Has the Internet Fostered Inclusive Innovation in the Developing World[J]. World

Development, 2016, (78):587-609.

[35] Seyoum, M., R. Wu, and L. Yang. Technology Spillovers from Chinese Outward Direct Investment: The Case of Ethiopia[J]. China Economic Review, 2015, (33):35-49.

[36] Varian, H. R. Computer Mediated Transactions[J]. American Economic Review, 2010, 100(2):1-10.

Can the Internet Become a New Momentum to Improve the Efficiency of Regional Innovation in China

HAN Xian-feng¹, SONG Wen-fei², LI Bo-xin³

(1. School of Economics and Management, Xi'an University of Technology, Xi'an 710054, China;

2. Northwest Institute of Historical Environment and Socio-Economic Development, Shanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

3. School of Economics & Finance, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China)

Abstract: The report of the Nineteenth National Congress of the Communist Party of China pointed out that, innovation is the first driving force of development, and the strategic support for building modern economic system. At present, the internet has become a powerful engine to promote China's social-economic innovation development, and its impact on regional innovation efficiency is increasingly noticeable, however, the relatively systematic research is rare. The paper, for the first time, incorporated the internet into the analytical framework of improving regional innovation efficiency, based on the five dimensions of internet popularization, internet infrastructure, internet information resources, internet business application and internet development environment, constructed an index of provincial internet comprehensive development level, and utilized China provincial panel data, made the robust empirical test of the internet impact on regional innovation efficiency, including the mechanisms and differences. The results reflect that, the development of the internet has significantly promoted the regional innovation efficiency, become new momentum for China accelerating the innovative country construction in the new era. This conclusion is still valid under a series of robustness tests. The internet not only can directly promote China's regional innovation efficiency, but also indirectly impact regional innovation efficiency by accelerating human capital accumulation, financial development and industrial upgrading, but the direct effect far exceeds the indirect effect; The internet impact of promoting regional innovation efficiency shows a significant non-linear characteristic of "marginal effect" increasing, which indicates the "dual power" of network effect and "Metcalfe's Law" appears in regional innovation system. Under the constraints of human capital, financial development and industrial upgrading, the dynamic spillover effect of the Internet in the regional innovation system will be further strengthened; The central and western regional innovation system could benefit more from the development of the internet, and the innovation spillover dividend of the internet in the basic research field is higher than in applied research fields. The results reflect that, the development of internet could not only drive regional innovation efficiency, but also narrow the innovation gap between regions and stimulate and strengthen the original spillover. This study provides an important inspiration for China enlarging the "strategic combination" of "Internet+" and innovation-driven development as well as the enhancement of the "combination effect".

Key Words: internet; regional innovation efficiency; regional difference; new momentum

JEL Classification: O18 O32 R11

[责任编辑:姚鹏]