

技术创新扩散动力机制及测度研究

——基于5类城市(288个地级以上城市)ICT实证分析

胡文玉¹,王文举²,刘用³

(1.首都经济贸易大学经济学院,北京100070;2.北京物资学院经济学院,北京101100;

3.中国港湾工程有限责任公司,北京100027)

摘要:基于技术创新扩散传播和驱动的双重视角,研究了技术创新扩散的动力机制并提出相应的测度方法。首先,围绕创新主体和创新客体基于技术创新扩散方式的视角提出了技术创新扩散传播机制,并应用Bass模型对其传播机制进行测度;围绕创新主体、创新客体和中介,基于技术创新扩散驱动要素的视角,提出了技术创新扩散的驱动机制,并应用空间计量模型对其驱动机制进行测度。其次,运用2001—2018年中国5类城市(288个地级以上城市)的ICT数据对其创新扩散传播机制和驱动机制进行实证分析。研究发现:Bass模型能够有效测度5类城市ICT创新扩散的传播机制,且5类城市之间存在显著差异;面板数据固定效应动态SAR模型能够更全面测度5类城市ICT创新扩散驱动机制,时间、空间和时空滞后效应驱动显著,同时从宏观、中观和微观等视角测度并分析了对5类城市的驱动效果,得出一系列有价值的研究结论。

关键词:技术创新;创新扩散;动力机制;Bass模型;空间计量;ICT

中图分类号:F064.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)9—0089—12

新技术的不断推陈出新,技术革新速度的持续加快,催生了“新产业、新业态和新模式”等新经济形态,成为“新常态”下中国经济增长的新动能。李克强总理在政府工作报告中提出制定“互联网+”(2015年)和“智能+”(2019年)行动计划,把互联网的成果与经济社会各领域深度融合,推进技术进步、效率提升、组织变革,进一步产生化学反应,形成放大效应。移动互联网、云计算、物联网、大数据驱动经济社会各领域、各行业的跨界融合和深度应用,加快产业结构升级、推进业态和产业的深度融合,尤其是信息通信技术(information communication technology, ICT),已经成为“优结构、促消费”,驱动“互联网+”和“智能+”战略的重要引擎。同时成为优化资源配置,促进产业升级和经济增长的重要手段。信息通信技术创新扩散为国民经济增长释放新活力,充分发挥其先导性、战略性、倍增性和辐射性作用,对国民经济发展的重要性日益凸显,但ICT创新扩散动力远未达到经济分析家和政策制定者的预期^[1]。

那么,技术创新扩散动力靠什么传播?以实现技术成果的快速商业化;技术创新扩散动力靠什么驱动?哪些因素影响并驱动技术持续扩散?此外,技术创新主体、创新客体和中介对技术创新扩散的作用机制如何?如何测度?本文针对上述问题进行探索性研究。

一、文献回顾

(一)技术创新扩散传播机制文献

熊彼特^[2]将技术创新扩散描述为技术创新的大面积“模仿”的过程,舒尔茨^[3]认为创新通过市场和非市场渠道传播的过程,并提出“没有扩散,创新也就不可能产生经济影响”。Stoneman^[4]提出技术创新扩散是一个相对连续、动态的过程,并概括了熊彼特技术创新“三步曲”,即以产生新思想为标志的创造活动(invention);以新技术实现商品化为标志的创新活动(innovation);以新技术向潜在市场传播为标志的扩散活动(diffusion)。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动态过程,创新扩散过程也是实现商品化的技术创新成果转化过程,其创新扩散是由“扩”和“散”两个方面实现的,所谓“扩”是指企业内部通过生产规模的扩大,将技术创新成果反复应用;所谓“散”是企业外部转移和传

收稿日期:2020—08—03

作者简介:胡文玉(1977—),男,黑龙江绥化人,首都经济贸易大学经济学院博士研究生,北京中智博咨询有限公司运营总监,研究方向:信息通信技术(ICT)领域数据建模和计量分析;王文举(1965—),男,吉林辽源人,北京物资学院经济学院教授,首都经济贸易大学数量经济学博士研究生导师,研究方向:博弈论与计量经济分析;刘用(1984—),男,湖南常德人,工商管理硕士,北京航空航天大学高级工程师,研究方向:项目管理和工程计量分析。

播的过程^[5]。创新扩散传播在创新成果、沟通渠道、时间、社会体系 4 个要素共同作用下实现潜在使用者之间的转移、渗透和传播的商业化过程^[6],表现为企业间的扩散、企业内部的扩散和由二者叠加作用的总体扩散^[7]。技术创新扩散不仅表现在同一产业内同类企业间的扩散传播,还表现在不同类型产业和企业间的扩散传播。当一项创新越接近已被接受的创新,它将越容易被采用^[8],一项创新越具备兼容性则越容易被采用^[6]。因此,结合“互联网+”时代特点,将技术创新扩散概括为一项技术创新成果在技术上越具备通用性,在业务上越具备融合性,在平台上越具备开放性,在使用上越具备极简性,在传播上越具备交互体验性,其扩散速度越快,范围越广,渗透力越强。

塔尔德^[8]率先将扩散概念应用到技术创新领域,并提出新技术创新扩散“S型”理论,该理论成为技术创新扩散研究的理论基石。创新扩散过程是一个从少数采用者到多数采用者的转化过程,而转化方式是通过大众传媒和人际关系来实现的,具有 S 型曲线、等级效应和邻近效应的特征^[9]。Bass^[10]提出累计采用者模型(即“S型”曲线)和非累计采用者模型(即“钟型”曲线),并对耐用消费品创新扩散进行研究,模型能够输出创新因子和模仿因子,将该模型统称为 Bass 模型,成为研究技术创新扩散的经典模型。诸多学者应用 Bass 模型对信息通信技术领域不同制式或代际标准的移动通信创新扩散进行研究,结果表明随着时间演进创新因子显著增强,模仿因子显著减弱^[11-15]。

(二)技术创新扩散驱动机制文献

熊彼特^[16]继承了马克思的系列观点首次把“创新”引入经济学中,将创新概述为“生产要素的重新组合”,即建立新的生产函数,并提出技术创新是驱动经济增长的原动力。傅家骥^[7]认为技术创新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 5 种机制同时发挥作用,其合力决定扩散的模式。李兆友^[17]从技术创新论的视角对创新主体、创新客体和中介等做了哲学层面的思考,探讨影响和制约技术创新活动的根本因素,研究了促进技术创新扩散的动力机制。王帮俊^[18]从技术创新扩散动力系统出发,对技术创新扩散微观动力机理和复杂网络形成的动力机制进行研究,提出了创新扩散的 3 种传播路径,即时空传播、层次传播和梯度传播。

学者们将新经济地理学和空间计量经济学有机结合,利用空间计量理论和方法研究创新扩散活动^[19],利用空间溢出效应研究技术创新具有的可传播性及外部性等空间特征^[20-21],利用空间计量分析工具研究并解释了技术创新扩散驱动机制^[22],采用动态空间面板数据模型的理论和方法从时空的视角研究技术创新扩散效应^[23],为该领域的研究开拓了新方向。Autant-Bernard^[24]对空间计量分析方法在创新扩散领域的应用做了全面、系统的文献研究和梳理,认为利用空间距离矩阵应用空间经济理论和分析方法能够更好地测度技术创新的潜在驱动机制。罗雨泽等^[25]研究了中国不同地区移动通信发展的路径差异,并考察了相应的扩散影响的驱动机制。胡文玉等^[26]采用面板数据动态 SAR 模型围绕区域资源禀赋、区域经济禀赋和区域资源供给 3 个方面对中国 ICT 创新扩散及影响因素进行研究,结果表明这 3 个方面对 ICT 创新扩散均具有显著影响,且时空效应驱动显著。

上述学者对技术创新扩散研究要么集中在技术创新扩散传播的视角,要么集中在技术创新扩散驱动因素的视角,没有将其作为一个有机整体来研究,缺乏对技术创新扩散动力机制的系统阐述。本文基于技术创新扩散方式的视角围绕技术创新主体和创新客体提出了技术创新扩散传播机制;基于技术创新扩散驱动方式的视角围绕技术创新主体、创新客体、创新中介和时空效应提出了技术创新扩散的驱动机制,并运用传播理论和空间计量理论提出了相应的测度方法。技术创新扩散动力机制及测度方法如图 1 所示。

首先,探讨技术创新扩散传播机制和驱动机制及其关系,创新扩散传播机制重点是研究扩散的传播方式,即靠什么方式来传播?以实现技术的快速商业化,是“标”;而创新扩散驱动机制重点研究扩散传播的内在驱动力,即靠什么驱动?哪些因素为创新扩散提供动力?是“本”。因此,技术创新扩散的传播机制和驱动机制二者间相互影响、相互促进、互为动力。其次,研究技术创新扩散动力机制的内在机理。一是探讨技术创新扩散传播机制,主要通过技术创新主体的创新力(行为)和创新客体的模仿力(行为)来实现技术成果的快速传播扩散,重点研究扩散速度、扩散潜力、扩散窗口期;二是探讨技术创新扩散驱动机制,主要基于时空观的时空效应(时间效应、空间效应和时空效应),基于宏观的中介素质(区域资源和区域经济),基于中观的主体素质(硬件资源供给、软件资源供给和内容资源供给),基于微观的客体素质(采用者消费支出)等为技术创新扩散提供驱动力。再者,探讨了技术创新扩散传播机制和驱动机制的测度方法,提出了运用 Bass 模型

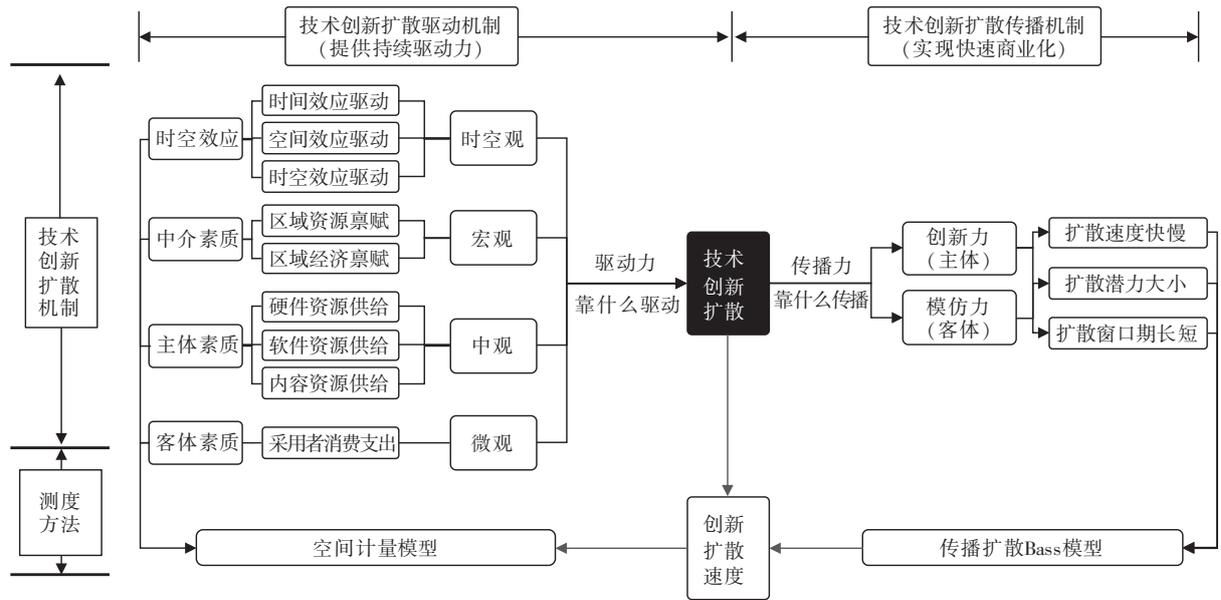


图1 技术创新扩散动力机制及测度方法

来测度技术创新扩散的传播机制,通过计算得出技术创新扩散速度,将其作为被解释变量运用空间计量模型来测度技术创新扩散的驱动机制。因此,本文基于技术创新主体、创新客体、创新中介及时空效应的视角,将技术创新扩散传播机制和驱动机制作为一个有机体来研究,二者一脉相承。

二、技术创新扩散动力机制及测度方法

(一)技术创新扩散传播机制及测度方法

1. 技术创新扩散传播机制

创新扩散传播过程实质是产生新思想或发明新技术和接下来的商业化过程^[27],即“两段论”,第一阶段的创新扩散传播靠新思想、新技术的创造力和影响力来驱动,以创新传播为主;第二阶段的创新扩散表现为由于先期采用者的示范作用,消除了后期采用者障碍,后期采用者以模仿为主。围绕供给侧推动和需求侧拉动探讨技术创新扩散传播的动力机制,一是供给侧推动表现为创新成果在企业内和企业间转移,是“扩”的过程,即创新主体“干中学”创新迭代和成果转移的创新传播过程;二是需求侧拉动表现为创新成果在采用者间“散”的过程,即创新客体“用中学”的需求进化和模仿传播过程。因此,本文提出技术创新扩散的传播机制是在早期的创新传播和后期的模仿传播共同作用下完成的,最终实现技术成果快速转移和扩散。技术创新扩散过程实质是潜在用户不断转化为实际用户的过程^[6],且具有典型的产品生命周期“钟型”曲线特征^[28]。

那么,如何利用技术创新扩散的“钟型”曲线来测度创新扩散传播机制?重点研究扩散传播方式、扩散潜力(即采用者最大数量)、扩散窗口期(即到达最大数量的时间)和传播速度。本文采用非累计采用者模型(简称“非累计 Bass 模型”)^[10]来研究并测度技术创新扩散的传播机制,该模型能够输出创新因子和模仿因子,用其测度技术创新扩散的传播方式,即创新主体的创新行为和创新客体的模仿行为。计算出采用者扩散潜力、扩散窗口期,并根据采用者的扩散潜力,进一步得出不同时期的技术创新扩散速度。

2. 创新扩散传播机制测度方法

采用非累计 Bass 模型能够更好拟合技术创新扩散传播过程的“钟型”曲线特征,并能够有效测度技术创新扩散传播过程中创新主体的创新行为和创新客体的模仿行为。考虑到研究时间点非初始时间,将非累计 Bass 模型增加了截距项。因此,非累计 Bass 模型表达式为

$$n(t)_i = k + m \frac{(p + q)^2}{p} \frac{e^{-(p+q)t}}{\left[\frac{q}{p} e^{-(p+q)t} + 1 \right]^2} \quad (1)$$

其中: $n(t)_i$ 表示第*i*个区域第*t*年末非累计采用者到达数; k 为截距项; p 为创新因子; q 为模仿因子; m 为全生命周期累计采用者的最大值。

对式(1)求导得到第*i*个区域非累计采用者最大值(S_i^*)及到达最大值的时间(T_i^*),其表达式分别为

$$S_i^* = (k + m) \frac{(p + q)^2}{4q} \quad (2)$$

$$T_i^* = -\frac{1}{p + q} \ln\left(\frac{p}{q}\right) \quad (3)$$

Bass模型参数估计多以非线性最小二乘法、拟牛顿法、粒子群算法、模拟退火法和遗传算法等为主,通过对非累计Bass模型的参数估计,分别得出创新因子(p)和模仿因子(q),来测度创新主体的创新行为和创新客体的模仿行为;通过式(2)计算出非累计采用者的最大值(S_i^*),即扩散潜力;通过式(3)计算出到达最大值的时间(T_i^*),即扩散窗口期。扩散速度(或采用率)是描述创新扩散快慢的重要指标^[6],通过式(4)和式(5)可以分别计算出年度扩散速度($Ratio_u$)和总体扩散速度($Ratio_i$),其表达式为

$$Ratio_u = \frac{n(t)_i}{S_i^*} \quad (4)$$

$$Ratio_i = \frac{S_i^* - n(t)_{i, \text{starting year}}}{S_i^* T_i^*} \quad (5)$$

其中: $n(t)_{i, \text{starting year}}$ 表示起始年末区域*i*的采用者到达数量。

(二)技术创新扩散驱动机制及测度方法

1. 技术创新扩散驱动机制

技术创新扩散驱动机制是指在既定的宏观产业政策、区位优势禀赋、经济发展水平及消费支出水平的条件下,利用技术资源供给,与其所处的社会环境系统中的多种要素之间的相互联系、相互作用,而产生的创新扩散驱动力的方式和方法的总和。技术创新扩散驱动机制是系统的、全方位的,但重点表现为基于宏观的创新中介资源禀赋和经济禀赋驱动,基于中观的创新主体技术资源供给驱动,基于微观的创新客体消费支出水平驱动和基于时空观的时间效应、空间效应和时空效应驱动,如图1所示。

(1)宏观的区位优势禀赋驱动技术创新扩散。区域禀赋指随着区域的变迁,其在历史的长河中所继承下来的、特有的、可区别于其他区域的个性化特征。由于我国地域辽阔,地理分布不均衡、资源分布不均衡、经济发展不均衡,具有典型的“区位”特征,如区域位置、面积、人口及人口流量等。因此,创新中介的区位特征决定技术创新扩散驱动机制的差异性。

(2)宏观的区域经济环境驱动技术创新扩散。区域经济发展水平和产业结构转型对技术创新扩散有重要影响^[25],是驱动技术创新扩散赖以生存的创新介质环境。通常区域经济越发达,经济发展水平越高,对新事物、新技术的消费能力越强,早期采用者的扩散越快;再者,区域第三产业越发达,对新事物、新技术的接受能力越强,技术创新成果就越容易被接受,创新成果的转化力越强。

(3)中观的技术资源供给驱动技术创新扩散。技术资源供给是驱动技术创新扩散的核心要素,也是驱动技术创新扩散的最底层动力。创新主体的技术资源供给主要表现为对技术创新的投入而产生的技术产出,通常更多的技术资源投入会产生更多的技术产出,能够加快技术创新扩散^[25]。技术资源供给主要包括硬件技术、软件技术及承载业务及内容等方面的资源供给能力。

(4)微观的采用者消费支出驱动技术创新扩散。基于微观的创新客体视角,采用者消费支出水平和接受能力是影响创新技术选择、使用和扩散的重要因素。主要表现为采用者接受新技术价格水平的承受能力。通常技术创新成果的价格水平越低,采用者支出越少,进入门槛越低,其采用者的使用和扩散速度就越快,反之,创新扩散速度越慢。

(5)时空观的时空效应驱动技术创新扩散。技术创新扩散除了在产业主体间横向转移,区域间的纵向传播外,还表现为时间和空间维度创新扩散的滞后效应。一是基于时间路径驱动的创新扩散时间滞后性,即前一期对当期的影响;二是基于空间路径驱动的创新扩散空间滞后性,即由于空间区位邻近关系而体现邻近区域对本区域的影响;三是基于时空路径驱动的创新扩散时空滞后性,即邻近区域前一期对本区域当期的影响。

2. 技术创新扩散驱动机制测度

技术创新扩散驱动机制的测度方法主要应用多元回归的计量分析方法,通过建立多元回归模型,来测量

驱动因素对其创新扩散速度的影响,且多以静态面板数据回归模型为主,没有考虑到时间和空间效应对技术创新扩散的影响。本文考虑到时间效应和空间效应对技术创新扩散的影响,选择面板数据固定效应动态空间计量模型对技术创新扩散的驱动机制进行分析。其主要原因如下:一是研究对象往往是区域个体,而非总体,因此固定效应模型比随机效应模型更适合^[29];二是由于固定效应模型假设比随机效应模型更弱一些,能够有效规避面板数据的内生性问题,固定效应总比随机效应更让人信服^[30];三是面板数据固定效应空间计量模型比随机效应模型稳健,且计算更加简单,操作性更强^[31]。因此,本文采用面板数据固定效应动态时空自回归面板模型(fixed effect time-spatial dynamic autoregressive panel model,简称“动态SAR模型”)^[32]来测度技术创新扩散速度的驱动机制及影响因素更为合适。固定效应动态SAR模型表达式为

$$Ratio_t = \tau Ratio_{t-1} + \rho WRatio_t + \eta WRatio_{t-1} + X_t \beta + \mu + \xi_t + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim iid(0, \sigma^2) \quad (6)$$

其中: $Ratio_t$ 为被解释变量,代表扩散速度; $Ratio_{t-1}$ 为被解释变量的时间滞后项; $WRatio_t$ 为被解释变量的空间滞后项; $WRatio_{t-1}$ 是被解释变量的时空滞后项; X 为解释变量; τ 、 ρ 、 η 、 β 为 $K \times 1$ 阶固定且未知的待估参数向量; W 为 $N \times N$ 阶非负正定空间权重矩阵,通常用空间一阶或多阶邻接矩阵、空间距离矩阵、经济距离矩阵等形式来表示; μ 和 ξ 分别为空间固定效应和时间固定效应; ε_t 为服从均值为0、有限方差为 σ^2 独立同分布(iid)的随机扰动项向量。

三、技术创新扩散动力机制测度实证分析

采用技术创新扩散的传播机制和驱动机制及其测度方法,运用中国288个地级以上城市2001—2018年信息技术(ICT)相关数据对技术创新扩散的动力机制进行测度和分析,并从城市等级的视角对5类城市ICT创新扩散传播机制和驱动机制的差异性进行对比分析。

(一)技术创新扩散传播机制

1. 数据及来源

根据最新的ICT产业界定^①,288个地级以上城市2001—2018年^②的ICT用户到达数为年末的固定电话、移动电话、宽带用户和广播电视用户之和,其固定电话、移动电话、宽带用户和广播电视用户来自2002—2019年《中国城市统计年鉴》和《中国统计年鉴》^③。

2. 5类城市传播机制测度

按照相应的标准^④将288个地级以上城市分为5类城市,利用2001—2018年的年末ICT到达数运用非累计Bass模型采用遗传算法^⑤对式(1)进行参数估计,得到创新因子(p)、模仿因子(q),再利用式(2)、式(3)和式(5)计算得到扩散潜力(S^*)、扩散窗口期(T^*)和总体速度($Ratio_t$)。5类城市ICT创新扩散非累计Bass模型参数估计及相关结果见表1。

表1 中国5类城市ICT创新扩散非累计Bass模型估计结果

城市类型	k	m	p	q	S^*	T^*	Adj. R^2	F统计量	总体速度
一线城市	14.36	1339646.3	0.0094	0.154	58042.4	17.09	0.986	353.2	4.73%
二线城市	7.98	859979.4	0.0100	0.157	38202.1	16.46	0.986	344.9	4.84%
三线城市	19.74	1232134.7	0.0082	0.155	52846.5	18.02	0.989	440.8	4.57%
四线城市	15.69	1013339.4	0.0075	0.157	43694.9	18.51	0.990	482.6	4.56%
五线城市	6.32	584700.9	0.0079	0.164	26312.1	17.66	0.988	406.8	4.78%

从表1中5类城市非累计Bass模型输出结果来看,调整后的 R^2 、 F 统计量均比较显著,模型拟合效果较好,5类城市的创新因子显著小于模仿因子,因此ICT创新扩散以创新客体的模仿传播为主。结果表明(图2):一线和二线城市创新传播驱动较强,扩散传播总体速度较快,到达最大值的时间较短,分别为2018年和2017年;三线和四线城市以“双混”弱驱动为主,扩散传播速度相对较慢,到达最大值的时间较长,均为2019

① 根据2017年第四次修订《国民经济行业分类》标准,将ICT产业界定为电信、广播电视和卫星传输服务。

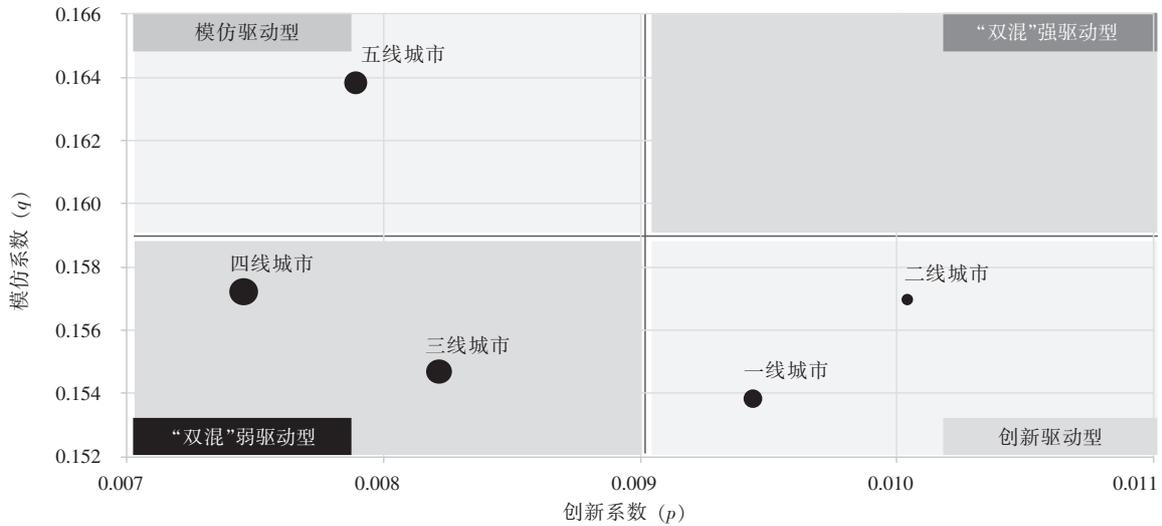
② 《中国城市统计年鉴》的数据可追溯到2001年,因此选取2001—2018年全国288个地级以上城市为研究对象。

③ 284个城市(不含直辖市)广播电视用户的数据年鉴中没有统计,本文以城市当年常住人口为权重,根据省级数据测算得出相应城市的年度数据。

④ 城市分类来源于新一线城市研究所的2019年城市商业魅力排行榜,2019-05-24, <https://www.yicai.com/news/100200192.html>。

⑤ Bass模型估计方法主要是非线性最小二乘法、拟牛顿法、粒子群算法、模拟退火法和遗传算法等为主,但遗传算法更优^[15]。

年;五线城市模仿传播驱动较强,扩散传播速度居中,2018年到达最大值。总体来看,5类城市 ICT 创新扩散的城市等级层次性特征显著。



圆圈面积大小表现到达最大值时间的长短,面积越大用时越长,扩散窗口期就越长;反之越小

图 2 中国 5 类城市 ICT 创新扩散传播方式及扩散窗口期分析

3. 288 个城市 ICT 创新扩散速度计算

利用 2001—2018 年 5 类城市 (288 个地级以上城市) ICT 用户年末到达数,运用遗传算法对非累计 Bass 模型参数进行估计,得到 288 个城市模型参数的估计结果,见表 2。利用式(2)计算得到第 i 个城市 ICT 创新扩散潜力 (S_i^*),利用式(4)可以得到 5 类 288 个地级以上城市 2001—2018 年的年度 ICT 创新扩散速度 ($Ratio_{it}$),将其作为创新扩散驱动机制研究的被解释变量,进一步探讨 ICT 创新扩散的驱动机制。

表 2 中国 5 类城市 (288 个地级以上城市) 非累计 Bass 模型估计结果

序号	城市	k	m	p	q	序号	城市	k	m	p	q	序号	城市	k	m	p	q	序号	城市	k	m	p	q
1	北京	1244	75564	0.005	0.23	73	安庆	1	12647	0.009	0.17	145	景德镇	32	11581	0.002	0.14	217	辽阳	27	5061	0.009	0.20
2	天津	0	69451	0.009	0.13	74	滁州	0	15425	0.006	0.14	146	鹰潭	0	3051	0.009	0.16	218	铁岭	0	7445	0.011	0.17
3	沈阳	0	40949	0.011	0.15	75	阜阳	0	52359	0.003	0.12	147	吉安	0	21286	0.005	0.13	219	朝阳	0	8208	0.011	0.18
4	上海	0	129281	0.012	0.14	76	莆田	87	10326	0.003	0.23	148	宜春	0	23399	0.005	0.12	220	葫芦岛	0	7794	0.011	0.17
5	南京	0	43903	0.010	0.16	77	三明	0	9523	0.011	0.15	149	抚州	0	17386	0.006	0.11	221	四平	0	11756	0.009	0.14
6	苏州	0	58325	0.010	0.16	78	漳州	0	16597	0.009	0.17	150	枣庄	0	10994	0.009	0.18	222	辽源	0	3897	0.009	0.17
7	杭州	0	70534	0.008	0.14	79	南平	0	10838	0.010	0.14	151	东营	0	7684	0.012	0.22	223	通化	0	7392	0.012	0.15
8	宁波	0	47654	0.011	0.15	80	龙岩	0	10447	0.010	0.15	152	日照	0	8616	0.008	0.19	224	白山	0	4903	0.011	0.14
9	青岛	0	44485	0.010	0.16	81	宁德	0	11360	0.010	0.15	153	德州	0	15294	0.010	0.17	225	松原	0	8555	0.010	0.17
10	郑州	0	51382	0.007	0.16	82	九江	0	20038	0.007	0.14	154	聊城	0	16763	0.009	0.16	226	白城	0	6467	0.010	0.16
11	武汉	0	52342	0.009	0.18	83	赣州	0	25524	0.006	0.16	155	滨州	0	12030	0.010	0.18	227	鸡西	0	5398	0.011	0.17
12	长沙	0	41750	0.007	0.16	84	上饶	0	30644	0.005	0.13	156	菏泽	0	19490	0.008	0.19	228	鹤岗	0	3561	0.010	0.16
13	广州	0	100678	0.011	0.17	85	淄博	0	17883	0.011	0.15	157	开封	0	14578	0.007	0.15	229	双鸭山	39	3081	0.005	0.25
14	深圳	0	93862	0.010	0.16	86	潍坊	0	29677	0.010	0.17	158	平顶山	5	12597	0.008	0.16	230	伊春	0	3837	0.011	0.14
15	东莞	0	46853	0.013	0.19	87	济宁	0	23453	0.009	0.17	159	安阳	1	14601	0.007	0.19	231	七台河	0	2960	0.009	0.16
16	重庆	0	202678	0.005	0.13	88	泰安	0	14399	0.008	0.22	160	焦作	0	13478	0.007	0.15	232	漯河	0	5159	0.010	0.15
17	成都	0	145743	0.005	0.13	89	威海	0	12527	0.010	0.16	161	许昌	0	14905	0.007	0.14	233	淮北	0	5662	0.007	0.19
18	昆明	0	36713	0.008	0.15	90	临沂	0	27960	0.009	0.19	162	周口	0	22154	0.005	0.16	234	池州	0	4385	0.007	0.16
19	西安	6	47663	0.007	0.22	91	洛阳	0	23609	0.007	0.17	163	驻马店	0	35043	0.003	0.13	235	萍乡	0	7342	0.008	0.13
20	石家庄	0	57267	0.007	0.13	92	新乡	0	19493	0.007	0.17	164	黄石	0	7225	0.009	0.19	236	新余	0	4915	0.008	0.14
21	太原	0	20480	0.009	0.19	93	南阳	0	49094	0.004	0.13	165	十堰	0	9197	0.007	0.20	237	莱芜	0	4131	0.009	0.18
22	大连	0	29683	0.013	0.16	94	商丘	0	18881	0.005	0.20	166	孝感	0	11135	0.008	0.18	238	鹤壁	0	4683	0.007	0.17
23	长春	0	37877	0.010	0.13	95	信阳	0	14408	0.007	0.18	167	黄冈	0	15272	0.008	0.17	239	濮阳	27	8992	0.005	0.20
24	哈尔滨	0	41653	0.011	0.15	96	宜昌	0	12347	0.009	0.18	168	咸宁	6	6942	0.007	0.20	240	漯河	0	3876	0.011	0.12
25	无锡	0	32423	0.012	0.16	97	襄阳	0	21098	0.007	0.15	169	邵阳	0	19278	0.006	0.15	241	三门峡	0	6725	0.009	0.17
26	徐州	0	30278	0.009	0.16	98	荆州	0	16727	0.009	0.16	170	常德	0	36924	0.004	0.12	242	鄂州	0	3626	0.008	0.17
27	常州	0	23777	0.011	0.15	99	株洲	0	15683	0.007	0.14	171	益阳	0	18898	0.005	0.12	243	荆门	0	8675	0.008	0.16
28	南通	0	28029	0.011	0.17	100	湘潭	0	9171	0.008	0.16	172	永州	0	20838	0.004	0.13	244	随州	0	5640	0.007	0.19
29	扬州	0	18554	0.012	0.16	101	衡阳	0	28849	0.005	0.13	173	怀化	0	13458	0.006	0.16	245	张家界	0	8449	0.004	0.13
30	温州	0	44480	0.012	0.15	102	岳阳	0	17931	0.007	0.15	174	娄底	0	11103	0.006	0.17	246	云浮	0	23502	0.004	0.11
31	嘉兴	0	23923	0.010	0.16	103	郴州	0	16914	0.006	0.15	175	韶关	32	10228	0.005	0.20	247	防城港	0	3794	0.007	0.15

续表

序号	城市	k	m	p	q	序号	城市	k	m	p	q	序号	城市	k	m	p	q	序号	城市	k	m	p	q
32	绍兴	0	35967	0.008	0.14	104	汕头	0	22053	0.011	0.16	176	茂名	0	24063	0.008	0.11	248	钦州	0	14217	0.004	0.13
33	金华	0	33406	0.008	0.17	105	江门	0	32394	0.009	0.12	177	汕尾	0	9855	0.010	0.12	249	贵港	29	41482	0.001	0.14
34	台州	0	31272	0.012	0.14	106	湛江	0	18984	0.008	0.19	178	河源	0	9315	0.010	0.14	250	贺州	0	6575	0.006	0.14
35	合肥	94	25226	0.004	0.21	107	肇庆	0	129815	0.002	0.08	179	阳江	0	11647	0.008	0.13	251	河池	0	15557	0.005	0.12
36	福州	0	34513	0.011	0.15	108	梅州	53	11561	0.009	0.16	180	梧州	0	12152	0.006	0.12	252	来宾	0	7369	0.006	0.14
37	厦门	0	19302	0.008	0.20	109	清远	0	15785	0.008	0.13	181	北海	14	5135	0.007	0.18	253	崇左	0	14087	0.003	0.12
38	泉州	0	35421	0.011	0.16	110	潮州	0	9436	0.013	0.14	182	玉林	0	18625	0.006	0.14	254	自贡	0	29143	0.003	0.10
39	南昌	0	20252	0.011	0.17	111	揭阳	0	25893	0.007	0.13	183	百色	0	14104	0.005	0.13	255	攀枝花	0	4995	0.010	0.16
40	济南	126	25550	0.007	0.23	112	柳州	0	19992	0.006	0.13	184	泸州	0	19322	0.005	0.15	256	广元	0	9109	0.008	0.16
41	烟台	0	25278	0.012	0.18	113	桂林	0	17865	0.007	0.15	185	德阳	0	21699	0.006	0.13	257	遂宁	0	8702	0.007	0.16
42	珠海	0	17624	0.011	0.11	114	三亚	16	2605	0.002	0.28	186	乐山	0	13757	0.008	0.15	258	内江	0	16392	0.006	0.13
43	佛山	0	38162	0.011	0.19	115	绵阳	0	21841	0.008	0.14	187	南充	0	23871	0.006	0.14	259	广安	0	10746	0.007	0.15
44	惠州	0	30042	0.009	0.13	116	遵义	0	20786	0.005	0.17	188	眉山	0	20298	0.004	0.13	260	达州	0	17043	0.007	0.15
45	中山	0	24536	0.011	0.13	117	咸阳	0	15158	0.007	0.18	189	宜宾	0	17420	0.006	0.15	261	雅安	0	5707	0.007	0.16
46	南宁	0	35105	0.006	0.15	118	银川	63	7907	0.003	0.25	190	六盘水	0	9495	0.005	0.18	262	巴中	0	10504	0.007	0.15
47	海口	0	10960	0.009	0.18	119	乌鲁木齐	0	18217	0.009	0.15	191	安顺	0	15319	0.003	0.14	263	资阳	0	7064	0.010	0.19
48	贵阳	93	15973	0.004	0.25	120	邢台	0	31016	0.005	0.14	192	毕节	0	35984	0.002	0.17	264	玉溪	0	6174	0.009	0.17
49	兰州	0	28055	0.007	0.12	121	张家口	0	18309	0.007	0.13	193	铜仁	0	15892	0.003	0.15	265	昭通	0	10204	0.005	0.19
50	唐山	0	33503	0.008	0.15	122	承德	0	15949	0.006	0.14	194	曲靖	0	12416	0.006	0.21	266	普洱	0	6431	0.007	0.19
51	秦皇岛	0	14421	0.008	0.15	123	大同	0	9163	0.009	0.19	195	保山	0	7361	0.006	0.16	267	临沧	0	5154	0.005	0.20
52	邯郸	0	33809	0.007	0.14	124	晋中	0	11035	0.009	0.16	196	丽江	0	3158	0.009	0.17	268	铜川	0	2594	0.008	0.19
53	保定	0	45446	0.007	0.14	125	运城	0	15006	0.007	0.18	197	拉萨	0	3709	0.005	0.17	269	延安	0	8165	0.008	0.19
54	沧州	0	28379	0.007	0.15	126	临汾	0	11666	0.009	0.19	198	宝鸡	0	12231	0.008	0.17	270	汉中	0	12474	0.007	0.16
55	廊坊	0	18905	0.007	0.17	127	赤峰	15	10055	0.006	0.22	199	渭南	0	17461	0.007	0.16	271	安康	0	7483	0.006	0.18
56	呼和浩特	0	11818	0.008	0.18	128	鄂尔多斯	0	5741	0.009	0.24	200	榆林	0	9030	0.007	0.24	272	商洛	0	4509	0.006	0.22
57	包头	0	10488	0.009	0.18	129	丹东	5	8350	0.012	0.16	201	西宁	0	9475	0.007	0.18	273	嘉峪关	0	1845	0.007	0.15
58	鞍山	0	13483	0.013	0.15	130	锦州	0	9797	0.012	0.17	202	衡水	0	17058	0.007	0.14	274	金昌	0	2509	0.007	0.13
59	吉林	0	14786	0.012	0.16	131	营口	33	6800	0.010	0.19	203	阳泉	0	4232	0.010	0.19	275	白银	0	4632	0.007	0.19
60	大庆	0	11746	0.011	0.16	132	盘锦	48	3663	0.008	0.20	204	长治	0	9734	0.009	0.17	276	天水	0	9739	0.004	0.19
61	连云港	0	14921	0.009	0.17	133	齐齐哈尔	0	12082	0.011	0.18	205	晋城	0	7793	0.008	0.17	277	武威	0	6331	0.006	0.14
62	淮安	0	18654	0.009	0.14	134	佳木斯	0	8370	0.011	0.15	206	朔州	0	5847	0.006	0.17	278	张掖	0	3872	0.007	0.19
63	盐城	0	25368	0.011	0.15	135	牡丹江	0	11044	0.011	0.12	207	忻州	0	8607	0.007	0.19	279	平凉	6	3507	0.004	0.25
64	镇江	0	13198	0.012	0.16	136	绥化	145	8683	0.001	0.32	208	吕梁	0	10025	0.008	0.18	280	酒泉	0	6517	0.006	0.13
65	泰州	0	18531	0.011	0.15	137	衢州	0	10316	0.011	0.14	209	乌海	0	3208	0.008	0.15	281	庆阳	0	5743	0.006	0.20
66	宿迁	0	13985	0.008	0.19	138	淮南	0	29888	0.002	0.11	210	通辽	0	8489	0.006	0.21	282	定西	0	5905	0.005	0.20
67	湖州	0	22433	0.008	0.13	139	铜陵	5	9625	0.003	0.12	211	呼伦贝尔	0	8200	0.009	0.20	283	陇南	0	11060	0.003	0.15
68	舟山	0	7087	0.011	0.14	140	黄山	0	4864	0.009	0.14	212	巴彦淖尔	0	5064	0.008	0.23	284	石嘴山	0	3004	0.011	0.15
69	丽水	0	9560	0.012	0.17	141	宿州	54	9106	0.004	0.25	213	乌兰察布	44	2536	0.001	0.38	285	吴忠	16	2876	0.008	0.18
70	芜湖	28	9724	0.005	0.20	142	六安	0	10242	0.009	0.19	214	抚顺	0	7181	0.014	0.17	286	固原	0	2993	0.007	0.19
71	蚌埠	0	11814	0.008	0.14	143	亳州	0	27895	0.003	0.13	215	本溪	25	4775	0.010	0.18	287	中卫	0	4404	0.004	0.16
72	马鞍山	2	5776	0.007	0.20	144	宣城	0	9218	0.008	0.14	216	阜新	0	5741	0.011	0.18	288	克拉玛依	0	5815	0.004	0.12

注：一线城市为序号1~19；二线城市为20~49；三线城市为50~119；四线城市为120~201；五线城市为202~288。

(二)技术创新扩散驱动机制

1. 变量设置

通过上节ICT创新扩散传播机制分析可知,5类城市ICT创新扩散传播方式、扩散速度、扩散潜力和扩散窗口期均存在显著差异,那么5类城市ICT创新扩散靠什么驱动和影响的?本文将上节计算出的ICT创新扩散速度($Ratio_{it}$)作为被解释变量,解释变量(X)围绕宏观、中观和微观选取10个解释变量(取对数后进入模型)和3个时空观的被解释变量时空滞后变量,构建面板数据固定效应动态SAR模型来研究并测度ICT创新扩散驱动机制,见表3。

2. 数据来源

2001—2018年中国288个地级以上城市的常住人口、城市面积、客流量、人均GDP、第三产业产值、GDP总值、通信收入、固定交换容量、移动交换容量、通信光缆长度、宽带接入端口数量等数据均来源于2002—2019年《中国城市统计年鉴》,广播电视的收入、光缆长度、节目制作时长的省级数据来源于2002—2019年《中国统计年鉴》^⑥。

⑥ 中国288个地级以上城市的固定交换容量、移动交换容量、通信光缆长度、宽带接入端口数量的数据在2002—2019年《中国城市统计年鉴》中没有统计,288个城市的上述数据分别以固定电话用户数、移动电话用户数、移动电话用户数和宽带用户数的权重进行测算;广电收入、广电用户、广电光缆长度、广电节目制作时长根据2002—2019年《中国统计年鉴》以年末人口为权重测算得到的。

表 3 ICT 创新扩散驱动机制测度模型变量选择及设置说明

维度	变量类型	模型变量	指标及统计口径
因变量	扩散速度	<i>Ratio</i>	式(4)计算得到年度 ICT 创新扩散速度
宏观	城市资源禀赋	<i>Pop</i>	人口密度=年末常住人口总量/城市当年总面积
		<i>Volume</i>	人均客运流量=年末客运总量/年末常住人口总量
	城市经济禀赋	<i>GDP</i>	人均 GDP 来源于 2002—2019 年《城市统计年鉴》
		<i>Terindustry</i>	第三产业占比=年末第三产业总额/年末 GDP 总额
中观	产业资源供给	<i>Cable</i>	人均光缆长度=年末 ICT 光缆总长度/年末常住人口总量, ICT 光缆长度=通信光缆长度+广播电视光缆长度
		<i>Access</i>	人均接入端口数量=年末接入端口总量/年末常住人口总量, 接入端口指宽带互联网接入端口
		<i>Fixexch</i>	人均固定交换容量=年末固定交换总量/年末常住人口总量
		<i>Mobexch</i>	人均移动交换容量=年末移动交换总量/年末常住人口总量
		<i>TVtime</i>	人均广播电视制作时长=年末广播电视节目制作总时长/年末常住人口总量
微观	采用者消费支出	<i>Expenditure</i>	户均采用者/用户消费支出=年末 ICT 收入总量/年末 ICT 用户到达数, ICT 收入=通信收入+广播电视收入
时空观	时空效应驱动	<i>Ratio(-1)</i>	时间滞后效应:城市 <i>i</i> 上期对其当期的影响
		<i>WRatio</i>	空间滞后效应:城市 <i>i</i> 周边城市对其当前的影响
		<i>WRatio(-1)</i>	时空滞后效应:城市 <i>i</i> 周边城市的上期对其当期的影响

3. 5 类城市驱动机制测度

运用面板数据固定效应动态 SAR 模型对 5 类城市 ICT 创新扩散驱动机制进行空间计量分析^⑦, 选取城市间距离平方的倒数作为空间权重矩阵^[26], 以充分表征技术创新扩散空间效应随着距离增加呈几何级衰减的特征^[33], 并采用拟极大似然法对固定效应动态 SAR 模型进行参数估计, 5 类城市 ICT 创新扩散驱动机制的测度结果见表 4。从表 4 中可以看出, 5 类城市固定效应动态 SAR 模型的时间和空间效应的联合显著性似然比检验均比较显著, 且调整后 R^2 、对数似然比 ($\log L$)、 σ^2 也都比较显著。因此, 采用时空固定效应动态 SAR 模型对 5 类城市 ICT 创新扩散驱动机制及影响因素进行计量分析, 拟合效果较好, 且具有较强的解释力。

表 4 5 类城市 ICT 创新扩散驱动机制动态 SAR 模型估计结果

维度	变量	一线城市		二线城市		三线城市		四线城市		五线城市	
		系数	<i>T</i>								
时空观	$\ln Ratio(-1)$	0.783***	17.2	0.758***	20.9	0.797***	35.4	0.799***	43.8	0.733***	32.9
	$W \ln Ratio$	0.282***	4.7	0.248***	5.0	0.436***	10.3	0.343***	8.2	0.353***	10.1
	$W \ln Ratio(-1)$	-0.269***	-3.2	-0.198***	-2.6	-0.385***	-7.2	-0.289***	-5.6	-0.252***	-5.2
宏观	$\ln Pop$	0.054***	3.8	0.030**	2.4	0.051***	3.3	-0.008	-0.3	0.057***	3.8
	$\ln Volume$	0.005	1.3	0.013***	2.6	0.003	0.9	0.005	1.4	-0.001	-0.4
	$\ln GDP$	0.027**	2.3	-0.027	-1.3	0.001	0.9	0.001	1.3	0.008**	2.2
	$\ln Terindustry$	0.024	1.3	0.008	0.7	0.017**	2.4	0.013***	3.5	0.006**	2.1
中观	$\ln Cable$	-0.010	-0.8	-0.003	-0.9	-0.004	-1.1	-0.007	-1.5	-0.003	-0.7
	$\ln Access$	0.006	1.3	0.016***	3.1	0.000	0.2	0.001	0.4	0.006***	2.8
	$\ln Fixexch$	-0.006	-1.1	-0.015***	-3.7	-0.009***	-3.5	-0.010***	-3.7	-0.006**	-2.4
	$\ln Mobexch$	0.043***	4.1	0.056***	8.2	0.044***	9.8	0.042***	12.1	0.034***	10.5
	$\ln TVtime$	0.002	0.5	0.011**	2.1	-0.007***	-2.6	-0.007**	-2.5	-0.001	-1.0
微观	$\ln Expend$	0.004	0.4	-0.053***	-3.7	-0.011	-0.9	-0.001	0.2	-0.037***	-4.1
总体检验	<i>Nobs</i>	323		510		1190		1394		1479	
	R^2	0.9864		0.9821		0.9843		0.9825		0.9809	
	σ^2	0.0012		0.0014		0.0014		0.0016		0.0018	
	$\log L$	675.28		1008.39		2339.12		2639.16		2717.09	
时空效应检验	空间似然比	72.58		107.05		320.62		360.29		404.04	
	时间似然比	74.23		75.35		178.71		171.76		197.01	

注: *, **, *** 分别表示通过 10%、5% 和 1% 的显著性检验。

⑦ 选取空间距离平方倒数作为权重矩阵对 5 类城市 ICT 创新扩散固定效应面板数据动态 SAR 模型的空间相关性进行检验, 其检验结果的莫兰指数 ($Moran'I$) 均通过 1% 显著性水平的 Z 值检验。

(1)基于时空观的时间和空间效应驱动分析。5类城市ICT创新扩散速度的时间滞后性($Ratio_{t-1}$)、空间滞后性($WRatio_t$)和时空滞后性($WRatio_{t-1}$)对其扩散速度影响均比较显著,5类城市的面板数据固定效应动态空间计量模型均满足平稳性的充要条件,即 $Ratio_{t-1}$ 、 $WRatio_t$ 和 $WRatio_{t-1}$ 的系数之和均小于1,表明5类城市ICT创新扩散具有区域俱乐部收敛特征^[34]。此外,5类城市的 $Ratio_{t-1}$ 、 $WRatio_t$ 和 $WRatio_{t-1}$ 对ICT创新扩散驱动影响系数显著高于其他10个影响因素,对ICT创新扩散有重要影响。结果表明:5类城市创新扩散时间滞后性表现为ICT当期扩散速度与上期之间存在较强的依赖性、连续性和惯性;创新扩散空间滞后性表现为ICT扩散速度在空间上存在较强的依赖性和正向空间溢出效应;创新扩散时空滞后性表现为邻近城市上期扩散速度对其当期扩散速度具有显著抑制作用。此外,5类城市创新扩散驱动系数存在一定差异,四线城市的时间滞后性影响较其他4类城市更为明显,三线城市的空间滞后性和时空滞后性均显著高于其他4类城市。

(2)基于宏观的城市资源及经济禀赋分析。从5类城市资源禀赋的视角来看,人口密度除四线城市外,对其他4类城市ICT创新扩散均具有正向促进作用,且影响显著,对五线城市的影响更大,表明城市人口密度越大,对ICT创新扩散驱动越显著,其扩散速度也就越快,进而表明ICT创新扩散具有规模性和群集性特征;人均客流量除五线城市外,对其他4类城市均具有正向促进作用,且对二线城市扩散影响最大,且比较显著,表明二线城市人均客流量越大对ICT创新扩散推动就越大;从城市经济禀赋的视角来看,人均GDP除二线城市外,对其他4类城市均具有正向促进作用,一线和五线城市影响较为显著,尤其对一线城市影响最大,表明城市的人均GDP越高,经济发展水平越高,ICT创新扩散速度越快;第三产业占比对5类城市ICT创新扩散均有正向影响,尤其对三线、四线和五线城市的影响更为显著,对三线和四线城市的影响较大,表明城市的第三产业越发达,越容易接受和使用新技术和新产品,越有利于ICT创新扩散。

(3)基于中观的产业ICT资源供给能力分析。人均光缆长度对5类城市ICT创新扩散均具有负向影响,但影响不显著,表明5类城市的人均占有光缆长度越长,越不利于ICT创新扩散;人均固定交换容量对5类城市ICT创新扩散均有负向影响,除一线城市影响不显著外,对其他4类城市均有显著影响,且对二线城市的影响最大,表明5类城市的人均占有固定交换越多,越不利于ICT创新扩散;人均移动交换容量对5类城市ICT创新扩散均有显著正向影响,对二线城市的影响更大,表明人均占有移动交换越多,越能促进ICT创新扩散。因此应进一步提高5类城市的人均移动交换容量占有量,是未来通信运营商投资的重点,尤其是5G网络;人均宽带接入端口数量对5类城市ICT创新扩散均有正向影响,对二线和五线城市影响更为显著,且对二线城市的影响最大,表明5类城市的人均拥有更多宽带接入端口数量,越有利于ICT创新扩散;人均广播电视节目制作时长对一线和二线城市扩散有正向影响,对二线城市的影响更为显著,表明提高一线和二线城市的人均广电节目制作时长对ICT创新扩散具有正向推动作用;对三线、四线和五线城市有负向影响,提高人均广电节目制作时长不利于ICT创新扩散。

(4)基于微观的采用者户均ICT消费支出水平分析。户均(每个采用者或用户)ICT消费支出除一线城市外,对其他4类城市均有负向影响,但对二线和五线城市影响更为显著。对于一线城市而言,户均ICT消费支出越高,越有利于ICT创新扩散,可见一线城市是价格不敏感型的。除一线城市外,其他4类城市的户均ICT消费支出越多,越不利于ICT创新扩散,这一点充分验证了我国实施“提速降费”的重要性和必要性,尤其是进一步推进不发达或欠发达城市的“提速降费”,对其ICT创新扩散的重要推动作用。

四、结论与建议

(一)机制研究结论及建议

本文对技术创新扩散传播机制和驱动机制进行探索性研究,并提出了相应的测度方法。采用非累计Bass模型来测度技术创新扩散的传播机制;采用空间计量模型来测度技术创新扩散的驱动机制,通过非累计Bass模型的输出结果更加科学地计算出技术创新扩散速度,将其作为技术创新扩散驱动机制研究的被解释变量,采用面板数据固定效应动态SAR模型来测度技术创新扩散的驱动机制。得出如下结论及建议:

(1)传播机制。本文站在创新主体和客体的视角,采用非累计Bass模型研究并测度技术创新扩散传播机制,重点分析了技术创新扩散的传播方式,即技术创新主体的创新行为驱动和创新客体的模仿行为驱动,并进一步测度了扩散潜力、扩散窗口期及扩散速度。由于本文将Bass模型参数设定为静态参数,即技术创

新扩散过程的产业主体的创新行为、客体的模仿行为和扩散潜力不随时间的变化而变化,存在一定的局限性^⑧,建议今后在实证研究中可将 Bass 模型中的参数设置为随时间变化的函数,这样得出的结论更科学、更有解释力。

(2)驱动机制。本文以创新主体、创新客体、创新中介和时空效应的视角,围绕宏观的区域资源和区域经济,中观的技术主体素质,微观的采用者消费支出,时空观的时间效应和空间效应来研究技术创新扩散驱动机制,并采用空间计量分析方法测度了技术创新扩散的驱动机制。通过实证分析发现,技术创新扩散的时空效应对其扩散速度的影响更大,更为显著。因此,选择空间计量模型更为合适。建议今后进一步拓展其他空间计量模型进行探索性研究,如随机效应空间计量模型、地理加权的空间计量模型等。

(二)实证研究结论及建议

本文采用中国5类城市(288个地级以上城市)的ICT数据对技术创新扩散的传播机制和驱动机制进行实证分析。得出主要结论如下:

(1)5类城市ICT创新扩散传播机制存在显著差异。首先5类城市ICT创新扩散传播的创新因子均小于模仿因子,以模仿传播为主;其次一线和二线城市属于创新驱动型,五线城市属于模仿驱动型,三、四线城市属于混合驱动型;再者城市等级越低,总体扩散速度越慢,扩散窗口期越长。

(2)5类城市ICT创新扩散时间和空间效应驱动显著。5类城市ICT创新扩散速度的时间滞后性、空间滞后性和时空滞后性对其扩散速度影响显著高于10个影响因素,且参数估计结果均比较显著,表明ICT创新扩散时间上存在依赖性,空间上存在溢出性。

(3)5类城市ICT创新扩散驱动机制及影响因素存在一定差异。总体来看,人口密度(除四线城市)、人均客流量(除五线城市)、人均GDP(除二线城市)、第三产业占比、人均移动交换容量、人均宽带端口数量对ICT创新扩散起正向驱动作用,而人均光缆长度、人均固定交换容量、户均消费支出(除一线城市)对其创新扩散起负向驱动作用。

基于上述实证分析得出的主要结论,提出以下政策建议:

(1)充分利用ICT创新扩散城市间的空间溢出效应,促进城市间ICT协调发展。以ICT技术为切入点,充分利用ICT创新扩散空间溢出效应,进一步发挥优势城市(如一线、二线城市)对周边城市的辐射性、传导性和带动性作用。总体实现以特色产业带动周边产业发展,以优势区域辐射弱势区域,充分发挥区位优势,推进城市二元化进程,促进人口流动、资源流动和产业升级,进一步发挥区域协同和群集效应。

(2)牢牢抓住技术要素资源投入窗口期,抓好关键要素,助力“新基建”建设。一是5类城市固话交换容量、光缆长度ICT创新扩散驱动已经达到阈值。因此,要适当减少或控制这方面的技术资源投入;二是5类城市移动交换容量对创新扩散影响未达到阈值且影响显著,对ICT创新扩散依然具有较强的驱动力,因此,要加大对移动语音和移动上网交换容量的资源投入;三是5类城市宽带接入端口数量对ICT创新扩散影响未达到阈值,具有正向驱动作用。因此,要加大互联网宽带接入端口数量的技术资源投入,进一步支撑“互联网+”“智能+”总体战略部署。

(3)深入推进ICT领域的“提速降费”,进一步释放网络和资费红利。4类城市(除一线城市)的户均ICT消费支出对ICT创新扩散有显著的负向影响。因此,“提速降费”在5类城市之间要有所区隔,实现精准提速和精准降费。一线城市是资费价格不敏感型的,可以作为新技术的“试验区”,鼓励早期创新采用者率先使用,起到率先垂范作用,进而让企业受益,让用户受惠。

参考文献

- [1] 布朗温·霍尔,内森·罗森伯格.创新经济学手册(第一卷)[M].上海市科学学研究所,译.上海:上海交通大学出版社,2019:521-587.
- [2] 熊彼特J.A.资本主义、社会主义与民主[M].吴良健,译.北京:商务印书馆,1999.
- [3] 舒尔茨T.W.人力资本投资[M].吴珠华,等,译.北京:商务印书馆,1990:17-205.
- [4] STONEMAN P. Handbook of the economics of innovation and technological change [M]. Oxford: Blackwell Publishers, 1995: 90-131.
- [5] 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.
- [6] 罗杰斯E.M.创新的扩散[M].唐兴通,郑常青,张延臣,译.北京:中国工信出版集团,电子工业出版社,2016:

^⑧ 技术创新扩散传播过程随着时间(1985—2018年)的演进,其创新系数(p)不断增大,模仿系数(q)不断减少,扩散潜力(S^*)不断增大^[15]。

- 7-13, 231-233.
- [7] 傅家骥. 技术创新学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [8] TARDE G. The laws of imitation[M]. New York: Henry, Holt and Co, 1903.
- [9] HAGERSTRAND T. Innovation diffusion as a spatial process[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1967.
- [10] BASS F M. A new product growth model for consumer durables[J]. *Manage Science*, 1969, 15(5): 215-227.
- [11] ISLAM T, MEADE N. The diffusion of successive generations of a technology: A more general model[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 1997, 56: 49-60.
- [12] 徐明慧, 郑继明. 基于 Bass 模型的移动电话用户数扩散研究[J]. *科技管理研究*, 2006(5): 121-123.
- [13] LEE S G, LEE E B, YANG C Y. Strategies for ICT product diffusion: The case of the Korean mobile communications market [J]. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 2014(8): 65-81.
- [14] LEE E B. The effect of technology innovation on mobile communication and mobile products[J]. *Industrial Management & Data Systems*, 2017, 117(8): 1707-1719.
- [15] 胡文玉, 王文举. 中国信息通信技术创新扩散效应及预测实证研究[J]. *电信科学*, 2020(1): 66-76.
- [16] 熊彼特 J A. 经济发展理论[M]. 何畏, 易家详, 译. 北京: 商务印书馆, 1990.
- [17] 李兆友. 技术创新主体研究综述[J]. *哲学动态*, 1997(11): 28-31.
- [18] 王帮俊. 技术创新扩散的动力机制研究[M]. 北京: 中国经济出版社, 2011.
- [19] AUDRETSCH D, FELDMAN M. R&D spillovers and the geography of innovation and production [J]. *The American Economic Review*, 1996, 86(3): 630-640.
- [20] ANSELIN L, VARGA A, ACS Z. Local geographic spillovers between university research and high technology innovations [J]. *Journal of Urban Economics*, 1997, 42(3): 422-448.
- [21] AUTANT-BERNARD C, LESAGE J P. Quantifying knowledge spillovers using spatial econometric tools [J]. *Journal of Regional Science*, 2011, 51(3): 471-496.
- [22] LEE L F, LIU X, LIN X. Specification and estimation of social interaction models with network structures[J]. *Econometrics Journal*, 2010, 13(2): 145-176.
- [23] LEE L F, YU J. Some recent developments in spatial panel data models[J]. *Regional Science and Urban Economics*, 2010, 40(5): 255-271.
- [24] AUTANT-BERNARD C. Spatial econometrics of innovation: Recent contributions and research perspectives [J]. *Spatial Economic Analysis*, 2012, 7(4): 403-419.
- [25] 罗雨泽, 朱善利, 陈玉宇, 等. 中国移动通信产业发展路径区域差异及扩散机制研究[J]. *经济研究*, 2011(10): 81-93.
- [26] 胡文玉, 王文举, 李欣先. 信息通信技术(ICT)创新扩散及其影响因素空间计量分析[J]. *技术经济*, 2020(3): 1-9.
- [27] SOLOW R. Innovation in the capitalist process: A critique of the Schumpeterian theory [J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1951, 65(3): 45-72.
- [28] 菲利普·科特勒, 洪瑞云, 梁绍明. 市场营销管理[M]. 陈振忠, 梅清豪, 译. 亚洲版·第二版. 北京: 中国人民大学出版社, 2001: 38, 323-327.
- [29] BEENSTOCK M, FELSENSTEIN D. Spatial vector autoregressions[J]. *Spatial Economic Analysis*, 2007, 2(2): 167-196.
- [30] 杰弗里·伍德里奇. 计量经济学导论[M]. 费剑平, 译. 4版. 北京: 中国人民大学出版社, 2010: 459-472.
- [31] LEE L F, YU J. Estimation of spatial autoregressive panel data models with fixed effects[J]. *Journal of Econometrics*, 2010, 154(2): 165-185.
- [32] YU J H, JONG R D, LEE L F. Quasi-maximum likelihood estimators for spatial dynamic panel data with fixed effects when both n and T are large[J]. *Journal of Econometrics*, 2008, 146(1): 118-134.
- [33] 詹姆斯·勒沙杰, 凯利·佩斯. 空间计量经济学导论[M]. 肖光恩, 杨勇, 熊灵, 等, 译. 北京: 北京大学出版社, 2014: 40-74, 25-32.
- [34] YESILYURT E M, ELHORST P J. Impacts of neighboring countries on military expenditures: A dynamic spatial panel approach[J]. *Journal of Peace Research*, 2017, 54(6): 777-790.

Research on the Motivational Mechanism and Measurement of Technological Innovation Diffusion : Based on Empirical Analysis of ICT in Five Categories of Cities (288 Cities above the Prefectural Level)

Hu Wenyu¹, Wang Wenju², Liu Yong³

(1. School of Economics, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China;

2. School of Economics, Beijing Wuzi University, Beijing 101100, China;

3. China Harbour Engineering Company Ltd. , Beijing 100027, China)

Abstract: From the dual perspectives of spread and driving mechanism of technological innovation diffusion, the dynamic mechanism of it was studied and the corresponding measurement method was proposed. Firstly, the spread mechanism of technological innovation diffusion was put forward from the perspective of the spread based on innovation subject and innovation object, and its spread mechanism was measured by Bass model. The driving mechanism of it was brought up from the perspective of the driving factors based on the innovation subject, the innovation object and the innovation intermediary, and the driving mechanism was measured by the spatial econometric model. Secondly, the ICT data of five classificatory cities (288 cities above the prefecture level) in China from 2001 to 2018 was used to conduct an empirical analysis on the spread mechanism and driving mechanism. The results show as follows. Bass model can effectively measure the spread mechanism of ICT innovation diffusion in five types of cities, and there are significant differences among them. The fixed-effect dynamic SAR model of panel data can more comprehensively measure the driving mechanism of ICT innovation diffusion in five types of cities. The driving effect of time, space and space-time is significant. Meanwhile, the driving effect of five kinds of cities is measured and analyzed from the perspectives of macro, meso and micro, and a series of valuable research conclusions are drawn.

Keywords: technology innovation; innovation spread; dynamic mechanism; Bass model; spatial econometric; ICT

(上接第 88 页)

The Research of Coupled and Coordinated Development of Tourism Industry and County Economy : Empirical Evidence from Yangshuo County, Guilin

Li Yongqiang¹, Feng Shuhui²

(1. School of Tourism Management, Guilin Tourism University, Guilin 541006, Guangxi, China;

2. School of Mathematics and Statistics, Hechi University, Hechi 546300, Guangxi, China)

Abstract: Tourism industry can boost the development of county industry with the basic support of a certain level of economy. How to achieve a balanced development between tourism industry and county economy is also a concern of the coupling development. A case study of Yangshuo county, though co-integration analysis, error correction model and coupling coordination analysis, studies the coupling development between the tourism industry and economy of Yangshuo county in the course of 2004 to 2018. The results show that the relationship between tourist industry and economy is a long-term and balanced one, and short-term fluctuation of tourism industry and error correction terms can lead to a short-term fluctuation on economy. There is a turn of status of tourism industry and economy from a mild disorder to a favorable one.

Keywords: tourism industry; county economy; coordination analysis; coupling coordination