

· 产业组织 ·

ICT与中国经济增长： 资本深化、技术外溢及其贡献

渠慎宁

(中国社会科学院工业经济研究所,北京 100044)

摘要:目前,信息通信技术已被视为一大战略性新兴产业,是推动“第三次工业革命”和“互联网+”的支柱性产业,有望成为未来经济增长的新引擎。信息通信技术对经济增长的带动作用主要体现在资本深化效应和提高全要素生产率两方面。本文将系统构建涉及信息通信技术资本的经济增长相关核算数据,同时,利用新经济增长理论建立信息通信技术对经济增长贡献的理论模型,并将其扩展为合乎中国国情的分析框架,以此测算信息通信技术资本深化对经济增长的贡献和信息通信技术对全要素生产率增长的贡献。结论表明,1987—2010年信息通信技术资本投入对中国经济增长的贡献并不大,而信息通信技术的技术外溢效应对经济增长贡献极大。可见,对中国这样技术后发的国家而言,“推广信息通信技术”比“发展信息通信技术产业本身”更有效。

关键词:ICT; 经济增长; 资本深化; 技术外溢

中图分类号:F424.3; F49 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-176X(2017)10-0026-08

一、引言

近年来,个人电脑、因特网、移动电话和传媒网络等信息技术的普及不仅改变了人们的生活,也改变了当前的经济发展趋势。信息通信技术(Information Communications Technology, ICT)逐步成为了国民经济中的重要产业,全球诸多国家在过去二十年内的ICT投资额不断增大。1992—2010年全球ICT投资占GDP比重已从3%上升到8%。ICT产业汇集了电子、通信、软件、网络、计算机工作站和信息媒体等行业,这些行业技术创新能力强,并具备强大的辐射效应,可直接被应用到农业、工业和服务业的生产过程中,改变经济系统原有的运行模式。在其推动下,一些发达国家和发展中国家的全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP)得到显著提高,目前,学术界已普遍认可ICT对经济增长的积极影响,尤其是对经济陷入停滞的发达国家和新型工业化国家。ICT已被视为一大战略性新兴产业,是“第三次工业革命”和“互联网+”的支柱之一,有望成为未来经济增长的新引擎。

ICT对经济增长的带动作用主要体现在资本深化效应和提高TFP两方面。凭借快速技术进步,

收稿日期:2017-08-27

基金项目:国家社会科学基金重大项目“稀有矿产资源开发利用的国家战略研究——基于工业化中后期产业转型升级的视角”(ZDA051);国家社会科学基金青年项目“我国绿色发展的产业支撑问题研究”(17CGL002)

作者简介:渠慎宁(1986-),男,江苏南京人,副研究员,博士,主要从事产业经济和宏观经济研究。E-mail: qushenning@163.com

ICT 产品价格不断下降, 进而促使更多的企业进行 ICT 资本投资, 在生产过程中用 ICT 资本取代传统资本, 即进行了所谓的资本深化进程。这不仅增加了企业资本投入量、提高了资本质量, 还有助于降低生产成本和增加产出。自 1995 年后, G7 国家 (加拿大、法国、德国、意大利、日本、英国和美国) 的 ICT 投资增长率达到两位数。Jorgenson^[1] 将其归功于 ICT 设备和软件价格的快速下降, 1995 年后半导体生产周期由 3 年缩短到两年, 这在很大程度上加快了 ICT 的普及和投资速度。

此外, Lipsey 等^[2] 认为, 作为一种通用技术, ICT 具备强大的技术外溢效应, 其在生产过程中的广泛使用可显著提高企业的生产率。ICT 可显著带动一系列的技术创新, 并嵌入到各种类型的产品架构和技术应用中, 提高企业组织管理效率。同时, ICT 还具备规模经济优势。为了卖出更多的产品和服务, 给消费者提供更加多样化和可定制的产品、提高产品质量, 各行业的公司都逐步使用计算机和互联网服务。在此情况下, 当更多的公司使用 ICT 时, 那就会给已使用 ICT 的公司带来收益, 而这无需进行额外的投资, 且直接降低了企业投资 ICT 的成本。因此, Moshiri 和 Nikpour^[3] 指出, ICT 的技术外溢效应融合了知识、规模经济和创新等多种要素, 能够较好地改善各行业公司的组织架构、管理水平和人力资本结构, 进而提高整个社会的 TFP。

从实证角度来看, 国外一些学者检验了 ICT 对经济增长的贡献。早期的研究中, Solow^[4] 质疑了 ICT 对生产率的拉动效果, 其认为 ICT 对投资和消费都做出了巨大贡献, 但唯独在提高生产率方面并未产生作用, 这被称为 ICT 的“生产率悖论”。随着后期数据处理和统计方法的改进, ICT 对生产率的积极影响逐步得到证实, “生产率悖论”之谜由此得以解决。Brynjolfsson 和 Hitt^[5] 通过实证研究发现, ICT 资本对全要素生产率拉动效应要显著高于非 ICT 资本, 并指出 ICT 资本投资对生产率和经济增长的带动存在滞后, 有时甚至达到 7 年之久才能见效, 这也是 Solow 发现“生产率悖论”的原因。Bartel 等^[6] 用不同国家公司层面的数据也证实了这一点, 并指出 ICT 对公司生产率具有显著的拉动作用。Vu^[7] 比较了欧盟各成员国 ICT 部门的乘数效应, 发现由于 ICT 投资的滞后效应影响, 2000—2005 年 ICT 部门的乘数效应和产出并不明显, 但 2005 年后乘数效应呈现出上升势头。

然而, 分析 ICT 对经济增长贡献的相关研究主要还是集中在美国等发达国家, 针对中国等发展中国家的文献较少。Seo 和 Lee^[8] 认为发展中国家比发达国家更能享受 ICT 技术外溢带来的外部性。对一些发展中国家而言, 由于其主导产业选择成本较低, 一旦抓住 ICT 产业的发展机遇, 完全可以带动经济“蛙跳式”增长, 并借此赶超发达国家。分析 ICT 产业对中国这样的发展中国家的经济贡献, 不仅可以弥补现有研究以发达国家为主的不足、丰富 ICT 的经验性证据, 更可为中国经济增长提供新的发展思路和路径选择, 评估是否可借助 ICT 产业这样的新兴产业实现对领先国家的“弯道超车”。对此问题, 国内已有学者给予了关注。汪斌和余冬筠^[9] 利用计量模型对中国信息化的经济结构效应进行了分析, 其发现中国的信息技术产业与经济增长呈现出正相关关系, 并对三大产业的影响不一, 信息技术对工业增长的带动作用最大。施莉^[10] 利用对偶法估算了 1980—2003 年 ICT 产业对中国全要素生产率的贡献, 发现 ICT 产业的快速发展对中国全要素生产率起到了明显的拉动效果。孙琳琳等^[11] 在行业面板数据的基础上, 分别从 ICT 资本深化、ICT 生产行业的全要素生产率改进以及 ICT 使用行业的全要素生产率改进三个方面研究了信息化对中国经济增长的贡献, 并发现该贡献主要体现在 ICT 资本深化的贡献、ICT 制造业的全要素生产率改进以及 ICT 使用却还未带来行业的全要素生产率改进等三个方面。纵观当前有关中国的 ICT 研究, 普遍以政策性分析和实证研究为主, 缺乏正统的经济学理论支撑。同时, 在实证研究的过程中又缺少相应的 ICT 产业投资量、ICT 资本存量和 ICT 投入强度等数据, 仅用居民安装电话数量、居民安装宽带数量、网站数量和通信基站数量等数据近似代替信息化程度, 从而难以在总量层面对 ICT 的经济贡献进行科学的估算和评价。

与已有研究相比, 本文拟在如下三个方面取得突破: 第一, 系统构建涉及 ICT 资本的经济增长相关核算数据。利用投入产出分析系统测算出 1987—2010 年中国 ICT 的投资额, 并利用永续盘存法测算出 1987—2010 年中国 ICT 的资本存量以及主要行业的 ICT 投入强度。第二, 利用新经济增长理论建立起 ICT 对经济增长贡献的理论模型, 并将其扩展为合乎中国国情的分析框架。第三, 在相关数据和理论模型的基础上, 分别测算 ICT 资本深化对经济增长的贡献和 ICT 对 TFP 增长的贡献。

二、中国 ICT 投资额、资本存量和投入强度测算

(一) 中国 ICT 投资额测算

作为衡量一国 ICT 发展状况的主要指标, ICT 投资额展现了各行业对 ICT 的利用情况以及国家对 ICT 产业的支持力度。一般而言, 行业投资数据主要包括积累数据、固定资产投资数据、固定资产形成数据、资本形成总额数据、存货投资数据和新增固定资产数据。各个概念在统计年鉴中具有不同的基本定义。目前, 大多数文献中主要选取固定资产投资作为主要的行业投资数据。然而, 这种选取方法忽视了生产过程中对流动资产的投资, 在一定程度上没有反映投资的真实情况, 所得数据要比真实数据小。对此, 为了更接近 ICT 的真实投资情况, 本文选取积累数据作为 ICT 投资数额。从定义上看, 积累额是指一年内物质生产部门和非物质生产部门新增加的固定资产(扣除固定资产磨损价值)与流动资产。积累按照用途可以分为生产性积累和非生产性积累; 按照性能可分为固定资产积累和流动资产积累。其中, 生产性积累是指由社会产品中的生产资料组成, 包括物质生产部门新增加的生产用固定资产(扣除固定资产磨损)以及各生产企业的原材料、燃料、半成品和属于生产资料的产成品库存、商品库存、物资储备库存等流动资产的增加额。根据定义可得: ICT 投资 = 生产过程中的 ICT 中间使用投资 + ICT 固定资产投资 + ICT 存货投资, 共计三大部分。

受制于中国相关统计数据缺失, 同时历年中国投入产出表中对行业的分类标准并不一致, 我们将 ICT 投资统计分为两个阶段: 第一阶段为 1987—2002 年, 主要为电子及通信设备制造业投资。第二阶段为 2002—2010 年, 主要为通信设备、计算机及其他电子制造业投资; 信息传输、计算机服务和软件业投资这两个方面。在第一阶段, ICT 投资包括各行业对电子及通信设备制造业的中间使用投资、固定资产投资与存货投资。在第二阶段, ICT 投资包括各行业对通信设备、计算机及其他电子制造业的中间使用; 各行业对信息传输、计算机服务和软件业的中间使用; 各行业对通信设备、计算机及其他电子制造业的固定资产投资与存货投资; 各行业对信息传输、计算机服务和软件业的固定资产投资与存货投资。由于投入产出表和延长表的时间年限并非连续, 对于中间年份的数据, 我们使用样条(Spline)函数插值法估算得出, 并保证其变化趋势一致。通过数值比对可发现, 中国 ICT 投资已由 1987 年的 302 亿元上升至 2010 年的 55 212 亿元, 年均增速达到 49%, 呈现出指数型增长态势。分阶段看, 中国 ICT 投资存在 1993 年、1998 年和 2005 年三个拐点。在经历了 20 世纪 80 年代末期的初期积累后, ICT 产业投资在 20 世纪 90 年代进入爆发期, 1993—1997 年年均增长率达到 28%, 1998—2004 年年均增长率进一步上升至 32%。自 2005 年后, 年均投资增速有所放缓, 降至 11%。

(二) 中国 ICT 资本存量测算

在宏观经济和行业经济研究中, 资本存量是一个非常重要的变量。资本存量不仅能够反映行业的生产要素积累状况, 而且诸如行业投资函数、行业 TFP 和经济增长等方面的研究也都离不开资本存量的测算。针对中国 ICT 资本存量, 本文选取在国内外使用较为普遍的永续盘存法进行估测, 具体公式为: $K_t = K_{t-1} (1 - \delta_t) + I_t$ 。其中, K_{t-1} 与 K_t 表示 $t-1$ 期与 t 期资本存量, δ_t 为折旧率, I_t 为以不变价格衡量的 t 期新增投资额。针对该公式涉及的三个变量, 分别做如下处理: 第一, 每年新增投资额。对此, 选取上文计算的 ICT 投资积累数据, 这也与张军等^[12]的处理方法一致。第二, 折旧率。根据 Jorgenson 和 Vu^[13]的估算, 计算机硬件和软件的折旧率约为 0.32, 电信设备的折旧率约为 0.11。对此, 根据可获得的数据分段计算折旧资本, 由于 1987—2001 年的可获得数据为电子及通信设备制造业投资, 此段时间内折旧率的参考值选取 0.11; 2002—2010 年可获得数据包括通信设备、计算机及其他电子制造业投资与信息传输、计算机服务和软件业投资, 对于前者的折旧率, 取值为 0.21, 对于后者的折旧率, 取值为 0.32, 分别计算各自的资本存量。第三, 基期资本存量 K_0 。Hall 和 Jones^[14]认为, 经济系统在稳定状态下, 资本存量的增速与投资增速是一致的, 他们以 1960 年的投资比上之后 10 年内的平均投资增速与折旧率之和, 估计出各国 1960 年的资本存量。单豪杰^[15]也采用这一思路估测中国各省市 1952 年的基期资本存量。由于数据可获得性的限制, 本文选取 1987 年作为基期。同时也沿用该方法, 用 1987 年的 ICT 产业投资额比上折旧率与 1987—1997 年 ICT 产业投资平均增速之和, 得到 1987 年中国的 ICT 产业初始资本存量。一般而言, 随着时间的推移, 基期数据的

准确性对后期资本存量的误差影响将逐步减弱。由此, 我们可测算出中国 1987—2010 年的资本存量。可发现, 中国 ICT 资本存量已由 1987 年的 3 382 亿元上升至 2010 年的 102 452 亿元, 24 年间总量扩大了 30 倍, 年均增速达到 16%。同时, ICT 资本存量的增长趋势与 ICT 投资基本保持一致。由于投资对资本存量有着滞后性的影响, 资本存量的变化趋势相较于投资要晚一年, 其最快的增长时期为 1999—2005 年。2006 年后, 资本存量的增长速度开始放缓。

表 1 1987—2010 年主要行业 ICT 投入强度 单位: %

| 行 业 | 1987 年 | 2002 年 | 2010 年 |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 农 业 | 0.01 | 0.46 | 0.80 |
| 煤炭开采和洗选业 | 0.37 | 2.92 | 0.76 |
| 石油和天然气开采业 | 0.69 | 3.47 | 0.69 |
| 食品制造及烟草加工业 | 0.01 | 0.73 | 0.27 |
| 纺织业 | 0.01 | 1.01 | 0.29 |
| 造纸印刷及文教用品制造业 | 0.23 | 2.12 | 1.41 |
| 化学工业 | 0.07 | 1.41 | 0.48 |
| 金属冶炼及压延加工业 | 0.16 | 1.01 | 1.00 |
| 通用、专用设备制造业 | 0.90 | 4.56 | 3.02 |
| 交通运输设备制造业 | 0.85 | 2.31 | 1.58 |
| 电气、机械及器材制造业 | 1.14 | 6.44 | 7.42 |
| 仪器仪表及文化办公用机械制造业 | 13.30 | 27.33 | 29.56 |
| 建筑业 | 0.15 | 5.55 | 2.28 |
| 交通运输及仓储业 | 0.94 | 2.26 | 1.60 |
| 批发和零售贸易业 | 0.59 | 8.47 | 3.93 |
| 住宿和餐饮业 | 0.02 | 1.48 | 0.55 |
| 金融保险业 | 0.57 | 15.24 | 8.34 |
| 房地产业 | — | 2.38 | 2.85 |

注: 由于 2002 年前投入产出表的行业统计口径与 2002 年后的并不一致, 我们采取近似归类的方法。对于一些后续统计中被调整了的行业, 如 1987 年的机械工业, 货运邮电业, 商业, 饮食业, 选取与之接近的通用、专用设备制造业, 交通运输及仓储业, 批发和零售贸易业, 住宿和餐饮业进行比较。1987 年投入产出表中房地产业统计数据缺失。

数据来源: 笔者根据 1987 年、2002 年和 2010 年中国投入产出表计算而得。

模报酬不变的柯布-道格拉斯生产函数如下:

$$Y = F(A, K_{\text{nict}}, K_{\text{ict}}, H, L) = K_{\text{nict}}^{\alpha} K_{\text{ict}}^{\beta} H^{\gamma} (AL)^{1-\alpha-\beta-\gamma} \quad (1)$$

其中, K_{nict} 为非 ICT 资本, K_{ict} 为 ICT 资本, H 为人力资本, L 为劳动力投入, A 为技术。 α 、 β 、 γ 分别为非 ICT 资本、ICT 资本和人力资本的要素生产弹性系数, 且满足 $\alpha, \beta, \gamma > 0, \alpha + \beta + \gamma < 1$ 。同时, 假定劳动力 L 和技术 A 分别保持常数 n 和 g 的增长率外生地指数型增长, 则有: $L(t) = L(0)e^{nt}$, $A(t) = A(0)e^{gt}$ 。

设有效人均产出 $\tilde{y} = Y(t) / A(t)L(t)$, 有效人均非 ICT 资本 $\tilde{k}_{\text{nict}} = K_{\text{nict}}(t) / A(t)L(t)$, 有效人均人力资本 $\tilde{h} = H(t) / A(t)L(t)$, 有效人均 ICT 资本 $\tilde{k}_{\text{ict}} = K_{\text{ict}}(t) / A(t)L(t)$ 。则有有效人均形式的生产函数 $\tilde{y} = \tilde{k}_{\text{nict}}^{\alpha} \tilde{k}_{\text{ict}}^{\beta} \tilde{h}^{\gamma}$ 。假定总产出以一定比重投资于各资本, 则资本积累方程如下:

$$\dot{\tilde{k}}_{\text{nict}} = s_{\text{K}_{\text{nict}}} \tilde{y} - (n + \delta + g) \tilde{k}_{\text{nict}}; \quad \dot{\tilde{k}}_{\text{ict}} = s_{\text{K}_{\text{ict}}} \tilde{y} - (n + \delta + g) \tilde{k}_{\text{ict}}; \quad \dot{\tilde{h}} = s_{\text{H}} \tilde{y} - (n + \delta + g) \tilde{h}$$

(三) 中国主要行业 ICT 投入强度变化趋势

ICT 投入强度是指企业在生产过程中 ICT 投资所占总投资的比重。行业 ICT 投入强度的高低可以反映一个行业的信息化与自动化程度, 同时也间接体现了 ICT 在国民经济生产中的普及程度。如表 1 所示, 通过测算 1987—2010 年中国主要行业的 ICT 投入强度, 可以发现, 23 年来, 中国主要行业的 ICT 投入强度得到明显提高。1987 年 18 个行业中仅有电气、机械及器材制造业, 仪器仪表及文化办公用机械制造业两个行业投入强度超过 1%, 而至 2010 年, 则有 11 个行业超过 1%。其中, 制造业的 ICT 投入强度上升较为明显, 多数行业在 23 年内得到了快速提高。仪器仪表及文化办公用机械制造业在 2010 年的 ICT 投入强度近 30%, 是最高的行业。农业也呈现较快上升势头, 已由 1987 年的 0.01% 上升至 2010 年的 0.80%, 从原来的接近零投入, 改善到目前的已有一定比重投入。此外, ICT 在服务业中的投入也明显加大, 交通运输及仓储业、批发和零售贸易业、金融保险业与房地产业的 ICT 投入强度均超过 1%, 金融保险业更是超过 8%, ICT 逐步成为了中国服务业发展的重要助力器。

三、ICT 推动经济增长的理论框架

(一) 一般国别下的新经济增长模型

我们构建一个加入人力资本的新经济增长模型, 假定经济系统中存在 ICT 资本、非 ICT 资本和人力资本这三种投入资本, 则可设定规

其中， $s_{K_{niet}}$ 、 $s_{K_{ict}}$ 和 s_H 分别为非 ICT 资本、ICT 资本和人力资本的投入比重， δ 为折旧率，且假定各资本的折旧率相等。根据式（2），可得稳态下的各资本方程如下：

$$\bar{k}_{niet} = \left[\frac{s_{K_{niet}}^{1-\beta-\gamma} s_{K_{ict}}^\beta s_H^\gamma}{n+\delta+g} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma}}; \bar{k}_{ict} = \left[\frac{s_{K_{niet}}^\alpha s_{K_{ict}}^{1-\alpha-\gamma} s_H^\gamma}{n+\delta+g} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma}}; \bar{h} = \left[\frac{s_{K_{niet}}^\alpha s_{K_{ict}}^\beta s_H^{1-\alpha-\beta}}{n+\delta+g} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma}} \quad (3)$$

将式（3）代入式（1），并取自然对数，则有：

$$\ln \tilde{y}^* = \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta-\gamma} [\ln s_{K_{niet}} - \ln(n+\delta+g)] + \frac{\beta}{1-\alpha-\beta-\gamma} [\ln s_{K_{ict}} - \ln(n+\delta+g)] + \frac{\gamma}{1-\alpha-\beta-\gamma} [\ln s_H - \ln(n+\delta+g)] \quad (4)$$

由于有效人均产出较难度量，我们将式（4）转化为人均产出形式：

$$\ln y^* = \ln A(0) + gt + \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln s_{K_{niet}} + \frac{\beta}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln s_{K_{ict}} + \frac{\gamma}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln s_H - \frac{\alpha+\beta+\gamma}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln(n+\delta+g) \quad (5)$$

其中， $y = \frac{Y(t)}{L(t)}$ 为人均产出， y^* 为稳态值。可见，参数 $\frac{\beta}{1-\alpha-\beta-\gamma} > 0$ ，因此，式（5）表明，ICT 产业的投资确实能给经济增长起到带动作用。

（二）基于中国等发展中国家的新经济增长模型

式（5）描述的是稳态情况下 ICT 投资对经济增长的带动作用，在实际情况下，当前只有发达国家经济才能达到或接近稳态，而对于类似于中国这种正处在经济快速增长期的发展中国家而言，现在所处阶段并不是稳态，而是向稳态逐步过渡的阶段。ICT 投资是否对发展中国家经济增长起到同样的作用？我们将对上述模型进行扩展，构建发展中国家的新经济增长模型，并对此进行考察。

对于有效人均形式的生产函数 $\tilde{y} = \bar{k}_{niet}^\alpha \bar{k}_{ict}^\beta \bar{h}^\gamma$ ，可将其改写成增长率形式：

$$\dot{\tilde{y}} = \alpha \dot{\bar{k}}_{niet} + \beta \dot{\bar{k}}_{ict} + \gamma \dot{\bar{h}} \quad (6)$$

其中， $\dot{\tilde{y}}$ 、 $\dot{\bar{k}}_{niet}$ 、 $\dot{\bar{k}}_{ict}$ 和 $\dot{\bar{h}}$ 代表变量增长率，如 $\dot{\tilde{y}} = \frac{\dot{\tilde{y}}}{\tilde{y}}$ 。则式（2）可改写为：

$$\dot{\bar{k}}_{niet} = s_{K_{niet}} \bar{k}_{niet}^{\alpha-1} \bar{k}_{ict}^\beta \bar{h}^\gamma - (n+\delta+g); \dot{\bar{k}}_{ict} = s_{K_{ict}} \bar{k}_{niet}^\alpha \bar{k}_{ict}^{\beta-1} \bar{h}^\gamma - (n+\delta+g); \dot{\bar{h}} = s_H \bar{k}_{niet}^\alpha \bar{k}_{ict}^\beta \bar{h}^{\gamma-1} - (n+\delta+g) \quad (7)$$

将式（7）代入式（6），则可得：

$$\dot{\tilde{y}} \approx -(1-\alpha-\beta-\gamma)(n+\delta+g) [\alpha(\ln \bar{k}_{niet} - \ln \bar{k}_{niet}^*) + \beta(\ln \bar{k}_{ict} - \ln \bar{k}_{ict}^*) + \gamma(\ln \bar{h} - \ln \bar{h}^*)] \quad (8)$$

又因 $\ln \tilde{y} - \ln \tilde{y}^* = \alpha(\ln \bar{k}_{niet} - \ln \bar{k}_{niet}^*) + \beta(\ln \bar{k}_{ict} - \ln \bar{k}_{ict}^*) + \gamma(\ln \bar{h} - \ln \bar{h}^*)$ ，则将式（8）代入可得：

$$\dot{\tilde{y}} \approx -(1-\alpha-\beta-\gamma)(n+\delta+g)(\ln \tilde{y} - \ln \tilde{y}^*) \quad (9)$$

将式（9）改写为微分形式 $\partial \tilde{y} / \partial \ln \tilde{y} = -(1-\alpha-\beta-\gamma)(n+\delta+g)$ ，并由此得其解为：

$$\ln \tilde{y}(t) = e^{-\lambda t} \ln \tilde{y}(0) + (1-e^{-\lambda t}) \ln \tilde{y}^* \quad (10)$$

由式（10）可得 $\ln \tilde{y}(t) - \ln \tilde{y}(0) = -(1-e^{-\lambda t}) \ln \tilde{y}(0) + (1-e^{-\lambda t}) \ln \tilde{y}^*$ 。由于 $y(t) = A(t) \tilde{y}(t)$ ，则有：

$$\ln y(t) - \ln y(0) = (1-e^{-\lambda t}) \ln A(0) + gt - (1-e^{-\lambda t}) \ln \tilde{y}(0) + (1-e^{-\lambda t}) \left[\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln s_{K_{niet}} + \frac{\beta}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln s_{K_{ict}} + \frac{\gamma}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln s_H - \frac{\alpha+\beta+\gamma}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln(n+\delta+g) \right] \quad (11)$$

式（11）即为发展中国家的经济增长路径。可见，ICT 投资比重 $s_{K_{ict}}$ 的参数为 $(1-e^{-\lambda t}) \beta / (1-\alpha-\beta-\gamma)$ ，为正值，即其对经济增长有着正面的拉动作用，随着时间的增加，参数不断变大，并逐步趋近于 $\beta / (1-\alpha-\beta-\gamma)$ ，即最终达到稳态下的经济增长拉动系数。

四、ICT 资本深化对中国经济增长的贡献测算

根据上节的理论框架，我们可以从实证角度测算 ICT 资本深化对中国经济增长的贡献。目前，该类研究的实证方法主要有增长核算法和经济计量法，但增长核算法的准确性受到了一些学者的质疑。O'Mahony 和 Vecchi^[16]分别使用增长核算法和经济计量法估计了美国和英国的 ICT 投资对经济增长的贡献，其发现增长核算法可能会低估 ICT 对经济增长的带动作用。Meijers^[17]也肯定了这一点，其通过经验性比较发现，ICT 对经济增长的实际贡献要比利用传统新古典经济增长理论估算的结果更高，他认为新古典经济增长核算不准确的原因在于其忽视了 ICT 对经济系统的滞后性影响，这也是一些学者未能在研究中发现 ICT 与经济增长之间存在正相关性的原因。对此，本文拟采用经济计量法进行实

证检验。由于一国经济结构和产业结构的变化会直接影响变量之间的关系,采用普通的线性回归模型并不准确,因此,本文采用状态空间模型检验 ICT 资本深化对中国经济增长的动态影响。根据式 (11),可建立状态空间模型的量测方程和状态方程如下:

$$y_t = c_0 + c_{a,t} a_t + c_{nict,t} k_{nict,t} + c_{ict,t} k_{ict,t} + c_{h,t} h_t \quad (12)$$

其中, $c_{a,t} = s_1 + s_2 c_{a,t-1}$; $c_{nict,t} = s_3 + s_4 c_{nict,t-1}$; $c_{ict,t} = s_5 + s_6 c_{ict,t-1}$; $c_{h,t} = s_7 + s_8 c_{h,t-1}$ 。 a_t 为技术水平, $k_{nict,t}$ 为人均非 ICT 资本, $k_{ict,t}$ 为人均 ICT 资本, h_t 为人均人力资本,^① y_t 为人均产出, c_0 为常数。 $c_{a,t}$ 、 $c_{nict,t}$ 、 $c_{ict,t}$ 和 $c_{h,t}$ 分别表示技术、非 ICT 资本积累、ICT 资本积累和人力资本对经济增长的贡献率,其数值受状态方程影响动态变化。

受中国现有投入产出表数据限制,本文选取时间序列数据年限为 1987—2010 年。其中,产出数据选取人均 GDP 数值,人均 ICT 资本由第二部分结果测算得出,人均非 ICT 资本等于人均总资本积累减去人均 ICT 资本,人均总资本积累参考单豪杰^[15] 估计得出。以上数值均利用 GDP 平减指数折算为 2000 年不变价。技术水平数据参照董敏捷和梁泳梅^[18] 的计算结果,而人均人力资本数据参考《中国人力资本报告 2014》计算得出。计量方程的回归结果如下: c_0 估计值为 2.38,最终时期 $c_{a,t}$ 、 $c_{nict,t}$ 、 $c_{ict,t}$ 和 $c_{h,t}$ 的估计值分别为 2.58、0.57、0.33 和 1.28,参数统计检验均较为显著。

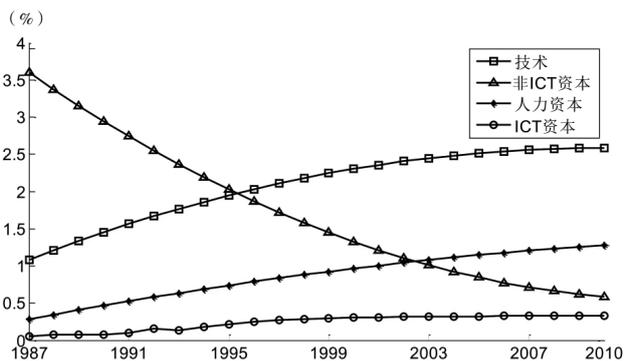


图 1 各要素对经济增长的贡献率

由图 1 可知,技术、人力资本和 ICT 资本对经济增长的贡献率不断上升,而非 ICT 资本则呈现出下降的态势。其中,ICT 资本对经济增长的贡献率由 1987 年的 0.05% 上升至 2010 年的 0.33%。这意味着到 1987 年,ICT 让中国 GDP 增速提高了 0.05 个百分点,而至 2010 年扩大到 0.33 个百分点。近年来,中国 ICT 投资的不断增加,加快了其资本深化进程,带动边际资本产出增加,从而提高了对经济增长的贡献率。相比之下,非 ICT 资本对经济增长的贡献率由 1987 年的 3.60% 下降至 2010 年的

0.58%,下降势头明显。与 ICT 资本和非 ICT 资本相比,技术和人力资本对经济增长的贡献率提高较快,技术贡献率由 1987 年的 1.08% 上升至 2010 年的 2.58%,人力资本贡献率由 1987 年的 0.28% 上升至 2010 年的 1.28%。可见,目前资本投入已不是中国经济增长的主要动力来源,这主要是由非 ICT 资本的边际产出下降所致,而 ICT 资本投入仍有望在未来中国的经济增长中发挥更大作用。

通过比较我们发现,中国 ICT 资本投入对经济增长的贡献率仍较低,与欧美发达国家存在较大差距。2000—2010 年中国 ICT 资本投入对经济增长的贡献率为 0.32%,接近法国、西班牙和意大利 1996—1999 年的水平。20 世纪 90 年代是欧美发达国家 ICT 产业快速发展时期,特别是 1995 年后,ICT 对国民经济增长的拉动效果凸显。美国在该阶段的贡献率达到 1.01%,瑞典、爱尔兰和芬兰等国家也收获了 0.70% 以上的贡献率。中国由于工业化基础较弱,导致 ICT 产业起步晚,但从欧美发展经验来看,随着中国 ICT 资本投入的进一步增加,ICT 对经济增长的贡献还有一定的上升空间。

五、ICT 对中国 TFP 增长的贡献测算

ICT 产业不仅能通过资本投入推动经济增长,还可依靠身为通用技术的特性,发挥其强大的技术外溢能力提高 TFP。从上文的回归结果中也可以看出,中国 ICT 本身的资本投入贡献率较低,但该数值并不能全面反映 ICT 对经济增长的贡献。当前,中国经济增长中贡献率最高的是技术,而 ICT 不仅能通过产业本身技术进步提高中国总量 TFP,还可以通过技术外溢效应促使被使用行业 TFP 水平的上升,从而间接地推动经济增长。这种传导机制被隐藏在了技术贡献率的数值中,容易造成对 ICT 经济贡献的低估。本节将从总量和行业两个层面估算 ICT 对 TFP 的影响,以此论证 ICT 所具备的“通

^① 这里的人力资本为广义上的概念,不仅包括劳动力数量,还包括劳动力结构、素质等,数据源于《中国人力资本报告 2014》。

用技术正外部性效应”。

(一) ICT 产业本身对总量 TFP 的贡献

在估算 ICT 产业本身对中国总量 TFP 的贡献率时,我们借鉴 Jorgenson 和 Vu^[13]的方法。在一个规模报酬不变的竞争性市场中,行业 j 的 TFP 增长率可以定义为:

$$tfp_j = \Delta \ln Y_j - v_{Kj} \Delta \ln K_j - v_{Lj} \Delta \ln L_j - v_{Xj} \Delta \ln X_j \quad (13)$$

其中, v_{Kj} 、 v_{Lj} 、 v_{Xj} 分别为资本投入 K、劳动投入 L 和中间产品投入 X 占名义总产出的比重。由于一些行业总产出和中间产品投入数据获取困难,此时,可改写成增加值 TFP 增长率的估算:

$$tfp_j^{VA} = \Delta \ln V_j - u_{Kj} \Delta \ln K_j - u_{Lj} \Delta \ln L_j \quad (14)$$

其中, u_{Kj} 、 u_{Lj} 分别为资本投入 K、劳动投入 L 占行业增加值的比重。 tfp_j^{VA} 和 tfp_j 的关系为 $tfp_j = v_{Vj} tfp_j^{VA}$, v_{Vj} 为行业增加值占总产出的比重。由此,整个国民经济的 TFP 增长率 tfp 可以分解为:

$$tfp = \Delta \ln V - v_K \Delta \ln K - v_L \Delta \ln L = \left(\sum_j \frac{w_j}{v_{Vj}} tfp_j \right) + REALL_K + REALL_L \approx \sum_j w_j tfp_j^{VA} \quad (15)$$

可见,行业 j 对全国 TFP 增长率的贡献约为 $w_j tfp_j^{VA}$, 根据式 (15) 即可计算出 ICT 产业对中国总量 TFP 的贡献。1987 年以来, ICT 产业本身确实一定程度上提高了中国总量 TFP, 1987—2010 年 ICT 每年提高中国 TFP 增长率 0.15%—0.32%。但从数值上看, ICT 产业对中国 TFP 增长率的提高帮助并不明显。一方面,是由于中国 ICT 产业起步较晚,投资和资本积累偏低,导致在国民经济中产值占比较低,对总量经济影响有限;另一方面,则是由于 ICT 产业的研发能力还较弱,创新人才缺乏,缺少突破性的技术进步。

(二) ICT 对被使用行业 TFP 的贡献

为了验证 ICT 对被使用行业的技术外溢效应,我们使用 DID (Difference in Difference) 法测算 ICT 对被使用行业的影响。根据主要行业 ICT 的投入强度,取中位数值,将其分为 ICT 使用密度较高行业和 ICT 使用密度较低的行业。考虑到 ICT 投资作用发挥存在滞后性,且中国 ICT 资本积累在 1995 年后才开始加速,我们设 1999 年为间断点,并由此建立回归方程如下:

$$d \ln tfp_{jt} = c_0 + c_1 M + c_2 N + c_3 MN + \mu \quad (16)$$

其中, tfp_{jt} 表示行业的 TFP 增长率。M 为时间虚拟变量,当时间在 1999 年后, $M = 1$; 否则, $M = 0$ 。N 为行业虚拟变量,当该行业是 ICT 使用密度较高行业时, $N = 1$; 否则, $N = 0$ 。MN 表示 1999 年后使用密度较高行业虚拟变量。参数 c_0 是 ICT 使用密度较低行业 1999 年前的平均 TFP 增长率, $c_0 + c_2$ 是 ICT 使用密度较高行业 1999 年前的平均 TFP 增长率, $c_0 + c_1$ 是 ICT 使用密度较低行业 1999 年后的平均 TFP 增长率, $c_0 + c_1 + c_3$ 是 ICT 使用密度较高行业 1999 年后的平均 TFP 增长率。可见, c_2 和 c_3 分别表示 1999 年前和 1999 年后 ICT 使用密度较高行业高于 ICT 使用密度较低行业的 TFP 增长率。计量方程的回归结果如下: c_0 值为 -0.02, c_1 值为 0.03, c_2 值为 0.02, c_3 值为 0.04。参数的统计检验结果均较为显著, R^2 值为 0.28。

根据回归结果,无论是在 1999 年之前还是之后, ICT 使用密度较高行业的 TFP 增长率均要高于 ICT 使用密度较低行业的 TFP 增长率,且在 1999 年后,两者之差有扩大的趋势,这表明随着中国 ICT 产业的发展,其对行业的技术外溢效应越发明显。比较 1999 年之前和之后 ICT 使用密度较高行业的平均 TFP 增长率,可发现前后差距较大。1999 年之前, ICT 使用密度较高行业的平均 TFP 增长率甚至为负。一方面,由于当时中国经济增长主要依托资本和劳动力拉动,各行业的科技进步速度较慢;另一方面,因为 ICT 投资的效果存在滞后性, ICT 的硬件和软件操作掌握需要一定时间,同时生产过程中的组织架构变化对发挥 ICT 的作用至关重要,而这也需要企业管理人员花费一定时间来完善。因此, 1999 年后, ICT 对被使用行业 TFP 增长率的带动作用才逐步显现。

通过比较 ICT 产业本身对总量 TFP 的贡献与 ICT 对被使用行业 TFP 的贡献,可发现 ICT 对被使用行业 TFP 的提高更为明显。可见, ICT 产业对经济最大的贡献并非是靠“产业本身”促进经济增长,而是作为在被使用行业中的“创新互补品”来提高该行业的生产率,从而在更广的范围内推动经济增长。这一结论对中国这样的技术后发国家尤其重要。

六、结 论

1987—2010 年中国 ICT 投资年均增速达 49%，ICT 资本存量 24 年来扩大了 30 倍，增速位居世界前列。尽管从理论上讲，ICT 投资对经济增长具备积极的带动作用，但通过对中国数据的实证检验发现，ICT 资本投入对中国经济增长的贡献并不大。2000—2010 年 ICT 资本深化对经济增长的贡献率仅为 0.32%，处于欧美多数发达国家 20 世纪 90 年代初期的水平。同时，ICT 对 TFP 提高效果也较为有限，年均贡献率低于 0.30%。当前，中国产业本身技术基础较弱、ICT 产业发展时间较短、ICT 需要的相应配套投资不足、ICT 提高 TFP 存在滞后期等是导致这一问题的主要原因。然而，通过测算 ICT 对被使用行业的 TFP 贡献，可发现 ICT 使用密度较高行业的 TFP 增长率提高较为明显，显著高于 ICT 使用密度较低行业，且差距不断扩大，这表明 ICT 的技术外溢效应是其对经济增长最重要的贡献。随着 ICT 在中国生产过程中的进一步普及，ICT 对经济增长的滞后拉动效果将会逐步显现，其对经济增长的贡献还有很大的上升空间。综上所述，对中国这样技术后发的国家而言，“推广 ICT”比“发展 ICT 产业本身”更有效，ICT 对被使用行业的技术外溢和辐射效应是其最重要的功能。今后，中国应该注重加强 ICT 的配套服务，推广成功的企业管理经验，以求在“第三次工业革命”的浪潮中，充分挖掘 ICT 对经济增长的拉动潜力。

参考文献：

- [1] Jorgenson ,D. Information Technology and the G7 Economies [J]. World Economics ,2003 ,4(4) : 139-169.
- [2] Lipsey ,R. ,Carlaw ,K. ,Bekar ,C. Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth [M]. New York: Oxford University Press ,2005.
- [3] Moshiri ,S. ,Nikpour ,S. International ICT Spillover [A]. Steven ,J. ,Johansson ,G. ICTs and Sustainable Solutions for the Digital Divide: Theory and Perspectives [C]. Information Science Reference ,2010.
- [4] Solow ,R. We'd Better Watch Out [J]. New York Times Book Review ,1987 (7) : 36.
- [5] Brynjolfsson ,E. ,Hitt ,L. Computing Productivity: Firm-Level Evidence [J]. Review of Economics and Statistics ,2003 ,85(4) : 793-808.
- [6] Bartel ,A. ,Ichniowski ,C. ,Kathryn ,S. How Does Information Technology Affect Productivity? Plant-Level Comparisons of Product Innovation ,Process Improvement and Worker Skills [J]. Quarterly Journal of Economics ,2007 ,122(4) : 1721-1758.
- [7] Vu ,K. ICT as a Source of Economic Growth in the Information Age Empirical Evidence From the 1996-2005 Period [J]. Telecommunications Policy ,2011 ,35 (4) : 357-372.
- [8] Seo ,H. ,Lee ,Y. Contribution of Information and Communication Technology to Total Factor Productivity and Externalities Effects [J]. Information Technology for Development ,2006 ,12(2) : 159-173.
- [9] 汪斌 余冬筠. 中国信息化的经济结构效应分析——基于计量模型的实证研究[J]. 中国工业经济 2004 (7) : 21.
- [10] 施莉. 信息技术对中国 TFP 增长影响估算: 1980—2003 [J]. 预测 2008 (3) : 1-7.
- [11] 孙琳琳 郑海涛 任若恩. 信息化对中国经济增长贡献: 行业面板数据的经验证据 [J]. 世界经济 2012 (2) : 3.
- [12] 张军 吴桂英 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952—2000 [J]. 经济研究 2004 (10) : 35-44.
- [13] Jorgenson ,D. ,Vu ,K. Information Technology and the World Economy [J]. Scandinavian Journal of Economics ,2005 ,107 (4) : 631-650.
- [14] Hall ,R. ,Jones ,C. Why Do Some Countries Produce so much More Output Per Worker than Others? [J]. Quarterly Journal of Economics ,1999 ,114(1) : 83-116.
- [15] 单豪杰. 中国资本存量 K 的再估算: 1952—2006 年 [J]. 数量经济技术经济研究 2008 (10) : 17-31.
- [16] O'Mahony ,M. ,Vecchi ,M. Quantifying the Impact of ICT Capital on Output Growth: A Heterogeneous Dynamic Panel Approach [J]. Economica ,2005 ,288 (72) : 615-633.
- [17] Meijers ,H. ICT Externalities: Evidence From Cross Country Data [R]. United Nations University Working Paper ,No 15 ,2007.
- [18] 董敏捷 梁泳梅. 1978—2010 年的中国经济增长来源: 一个非参数分解框架 [J]. 经济研究 2013 (5) : 17-32.

(责任编辑: 徐雅雯)