

互联网基础设施集聚对区域经济发展的影响及机制研究

陈 宠, 郭明君, 何 理

(中国社会科学院大学应用经济学院, 北京 102488)

摘 要: 随着中国政府全面推动的互联网基础设施建设, 其在全国层面集聚产生的作用愈发不可忽视。在理论分析中充分考虑城市之间协同创新、要素流动和贸易网络的特征, 将互联网基础设施密度纳入多城市空间一般均衡模型中, 分析互联网基础设施在大尺度空间中集聚对区域经济发展的影响及作用机制, 并利用实证方法进行检验。研究表明, 互联网基础设施建设不但具有本地效应, 互联网基础设施集聚也提高了城市的经济发展水平。集聚产生的效果主要通过区域创新溢出、区域市场一体化和缓解劳动力在空间中的错配实现。

关键词: 互联网基础设施; 集聚效应; 区域发展

中图分类号: F49; F429.9

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2024)08-0122-11

Impact and mechanism of Internet infrastructure agglomeration on regional economic development

CHEN Chong, GUO Mingjun, HE Li

(School of Applied Economy, University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China)

Abstract: With the comprehensive promotion of Internet infrastructure construction by the Chinese government, the role of its clustering at the national level has become more and more neglected. In this paper, the characteristics of collaborative innovation, factor flows and trade networks among cities are fully considered in the theoretical analysis, and the density of Internet infrastructure is incorporated into the multi-city spatial general equilibrium model, which analyses the impact of Internet infrastructure agglomeration in large space.

Key words: Internet infrastructure; agglomeration effects; regional development

随着经济步入高质量发展阶段, 区域一体化发展战略成为解决不平衡、不充分问题的重要战略部署。鉴于互联网发展在重塑经济结构、重组资源要素、重塑发展格局中的重要作用, 中国政府在过去的 15 年间逐步实施“3G 建设”“宽带中国”“互联网+”等数字经济导向型发展战略, 加快东

部发达地区互联网基础设施升级的同时不断推动中部、西部等欠发达地区的互联网基础设施建设。这些前瞻性政策落地, 不仅使中国整体互联网基础设施水平走在世界前列, 而且逐步缩小互联网基础设施建设的区域不平等差距。由此引发一个重大的研究命题, 即全面铺开的互联网及相关基

收稿日期: 2024-04-25 修回日期: 2024-06-08

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“数字化赋能企业供应链高质量发展研究”(23BJY072); 中国社会科学院青年人文社会科学研究中心 2024 年度社会调研项目“企业数字化提升产业链供应链韧性和安全水平调查研究”(2024QNZX016)。

作者简介: 陈宠(2000—), 男, 江西抚州人, 中国社会科学院大学应用经济学院硕士生, 研究方向为区域经济。

基础设施建设是否能够在促进建设地区发展的同时,依靠其在大尺度空间中集聚产生的外部性带动周边城市的经济发展。

互联网和数字化技术已经全面改变了人类的生产生活,从消费习惯到生产销售的组织方式,乃至经济社会的形态。这样的经济现实激发了大量数字经济与互联网相关的社会科学研究,但互联网基础设施除了在建设地发挥作用,其在大尺度空间中的集聚是否驱动了城市发展,一直还缺乏相对严谨的研究。虽然大量的研究已经支持了数字化技术和互联网的超地理特征。但互联网和数字技术并不能完全无视地理距离法则的限制,这也导致了在“数字经济能否改善区域不平衡发展现状、促进平衡发展”的问题上,由于研究者选取的空间尺度不同产生迥异的结果。如郭峰等^[1]在研究数字经济对行政边界地区发展的过程中,将尺度选择在城市之内,发现数字经济促进了行政边界地区相对(城市中心地区)更快发展,而张杰等^[2]通过互联网基础设施对城市创新活动影响的异质性检验,发现互联网基础设施建设进一步拉大了东西部区域发展不平衡。究其原因是,在城市内部的研究尺度下,数字经济存在显著的溢出效应。

然而,随着互联网基础设施的全面铺开,数字经济不但能够在城市内部发挥作用,而且在城市之间的经济活动中承担了重要角色,如异地企业合作、企业异地部门交流、异地电商活动。因此,本文主要在城市层面考察了在大尺度空间中的互联网基础设施集聚能否带动城市的经济发展。具体而言,本文利用2005—2019年中国242个地级城市的夜间灯光指数和其他经济、地理数据等高精度颗粒度数据,从多个层面考察了互联网基础设施集聚对城市经济发展水平的影响,并揭示了互联网基础设施集聚驱动区域发展的作用机制。

本文的实证研究结果显示,互联网基础设施不但具有本地效应,还具有集聚产生的空间外部性。互联网基础设施在空间中的集聚确实提升了

城市的经济发展水平,促进了城市间协同发展。理论分析和实证结果表明互联网基础设施集聚提升城市的经济发展水平有3条作用机制。第一,互联网基础设施集聚通过促进城市的创新水平,提高了城市经济发展水平。第二,互联网基础设施集聚扩大贸易网络中的经济活动,给城市提供外部市场,通过实现区域市场一体化的方式提高城市经济发展水平。第三,互联网基础设施集聚在一定程度上缓解了劳动力的空间错配,促进了劳动力在区域间的流动。

本文剩余部分的结构安排如下:第二部分对相关文献进行简要评述;第三部分通过构造一个包含城市基础设施建设密度的空间一般均衡模型,分析了互联网基础设施在大尺度空间中集聚的作用机制;第四部分介绍了本文使用的数据和实证方法;第五部分是主要的实证结果,包括基准回归结果、稳健性检验和机制检验等;第六部分是结论和相关政策启示。

一、文献评述

与本文密切相关的重要文献有两支。一是数字经济方面的文献^①。随着数字化技术迅速改变经济社会面貌,关于数字经济对经济社会影响的研究大量涌现,这些研究表明数字经济对经济社会的微观和宏观层面产生了复杂的激励。居民视角的研究发现,数字经济推动了农村和县城居民收入上升,缩小了城乡收入差距^[4]。企业视角的研究发现,数字经济通过降低企业管理成本、拓宽产品销路进而影响企业的创新决策^[5]。同时,互联网和数字技术能通过降低企业获取创新所需知识的成本^[6],提高企业创新水平。宏观层面的研究结论基本与以居民和企业为主体的微观研究一致。这些研究指出,数字经济便利了消费,促进了城市创新和城市合作创新^[3,7-8]。除此之外,数字经济在宏观层面还表现出其他特性,如由于互联网和数字化技术具有独特的“超地理”特征,发达的数字经济能够有效降低地理分割和政治分割导

^① 由于在研究领域,数字经济通常看作是互联网基础设施升级的结果,在实证研究中,也不乏将互联网基础设施建设政策作为数字经济外生冲击的实例^[1-3],这也意味着现有研究认同二者存在相近的激励机制。

致的贸易壁垒^[1,9],对建立统一大市场具有正面意义。以上关于数字经济的研究全面系统地剖析了互联网和数字化技术对经济社会带来的冲击,然而互联网和数字化技术的核心是互联和交流,天然地带有正外部性。目前,中国互联网基础设施已经全面铺开,互联网基础设施实现了在更大尺度空间中的集聚,加强了城市间中的技术互联、贸易互通,然而现有文献对这一现象的经济结果分析甚少,过去互联网基础设施的全面铺开是否促进了城市之间的协同发展?其中蕴含了什么机制?这仍然是急需中国学者回答的重要研究命题。

二是探讨互联网基础设施对区域发展影响的文献。互联网基础设施重塑了经济地理学中的“集聚力”和“分散力”^[10],势必对区域间竞争、合作产生重要影响。现有文献一般认为过去全面铺开的互联网基础设施建设拉大了区域发展差距^[2],这是由于互联网基础设施对发达东部地区的创新水平激励更为明显。但正如前文所述,随着中国政府推动互联网基础设施的大面积铺开,城市间的经济格局已经发生变化。互联网基础设施在大尺度空间中集聚正通过创新溢出、贸易网络、改变劳动力空间配置等多种渠道影响区域发展格局,这意味着分析本地互联网基础设施的激励作用还不能全面评估中国的“互联网基础设施奇迹”的全面影响。故本文借助一个引入互联网基础设施密度的多城市一般均衡模型,从理论上分析,互联网基础设施集聚对城市间协同发展的影响以及其中可能的机制,并利用夜间灯光数据进行实证检验。

相较现有文献,本文的贡献主要体现在以下几个方面。第一,在研究视角方面:数字化技术和互联网对经济社会产生了深远的影响,也涌现出大量相关领域的研究文献,但却鲜有文献研究互联网基础设施在大尺度空间中集聚产生的影响。本文利用经济、地理多层次数据,考察了互联网基础设施集聚对城市发展的影响,为数字经济相关文献提供了重要补充。第二,在理论方面:本文充分考虑城市之间协同创新、贸易网络和要素流动

的特征,将互联网基础设施纳入多城市空间一般均衡模型中,为刻画互联网基础设施建设在城市创新和区域平衡发展中的复杂激励机制搭建了一个基础性的经济框架。第三,在结论方面:本文发现了互联网基础设施建设不但具有本地效应,而且其在空间中的集聚也提高了城市的经济发展水平。集聚产生的效果通过城市创新网络、城市间贸易网络和城市间劳动力要素配置实现。

二、理论分析

(一)模型设定

本文参照现有空间一般均衡相关研究^[11-13],构建了一个包含内生技术和城市互联网基础设施的空间一般均衡模型。在该模型中,城市技术水平不再外生给定^[14],而是被外生禀赋、人口分布与城市互联网基础设施水平共同决定,城市的互联网建设将通过城市间人口流动、贸易网络、技术溢出等路径,内生地影响各地经济发展水平。以下将通过模型的分析,展示互联网基础设施升级的复杂激励机制。

考虑一个包含 N 个城市的两部门一般均衡模型。经济体中拥有总量为 $\bar{L}$ 的代表性居民,每个居民在任一城市 $n \in [1, 2, \dots, N]$ 中选择定居,并在当地无弹性地供给一单位劳动。

代表性居民偏好的设定,参照 Redding 等^[13]的研究。代表性居民偏好遵照如下形式的 Cobb-Douglas 函数,每位居住在 n 地区的代表性居民,可以从当地的最终消费品(可贸易品) C_n 、不可贸易住房 h_n 中获得效用。具体形式为:

$$U_n = \left(\frac{C_n}{\alpha}\right)^\alpha \left(\frac{h_n}{1-\alpha}\right)^{1-\alpha} \quad (1)$$

式(1)中, α 表示居民的最终产品支出占居民收入的份额。与此同时,代表性居民还面临以下收入约束:

$$P_n C_n + r_n h_n \leq \Theta_n \quad (2)$$

式(2)中, P_n 、 r_n 、 Θ_n 分别表示 n 地的价格指数、土地租金率和人均收入。通过最大化居民效用,并整理可得 n 地代表性居民效用的表达形式:

$$U_n = \frac{\Theta_n}{P_n^\alpha r_n^{1-\alpha}} \quad (3)$$

商品消费指数 C_n 由连续空间上不同种类的差异化中间品所构成,并以不变替代弹性函数(CES)形式给出:

$$C_n = \left[\sum_{s=1}^N \int_0^{M_s} c_{ns}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}(j) dj \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (4)$$

式(4)中, c_{ns} 表示由城市 n 购买城市 s 的中间消费品数量; M_s 表示 s 地所生产的中间消费品种类数;参数 $\sigma > 1$ 表示任意两种中间消费品之间的替代弹性。

通过商品消费指数 C_n 的形式,可知商品消费价格指数的表达:

$$P_n = \left[\sum_{s=1}^N \int_0^{M_s} p_{ns}^{1-\sigma}(j) dj \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (5)$$

参照 Krugman^[14] 的研究,中间消费品生产以垄断竞争和规模报酬递增为特征,在生产函数上表现为固定成本部分与可变成本部分之间的组合,即中间消费品厂商生产需雇佣的劳动力数量 $l_n(j)$ 由固定成本部分 F 和可变成本部分 $\frac{x_n(j)}{A_n}$ 共同构成:

$$l_n(j) = F + \frac{x_n(j)}{A_n} \quad (6)$$

式(6)中, $x_n(j)$ 表示中间消费品厂商 j 生产的中间消费品数量; A_n 表示城市 n 的技术水平。

通过企业利润最大化和垄断竞争厂商的零利润假设,能够获得中间消费品厂商的定价策略(7)、生产策略(8)、劳动力需求(9)以及各城市内生的产品种类数(10):

$$p_{ns}(j) = \frac{\sigma}{\sigma-1} \tau_{ns} \frac{w_s}{A_s} \quad (7)$$

$$x_n(j) = A_n (\sigma-1) F \quad (8)$$

$$l_n(j) = \sigma F \quad (9)$$

$$M_n = \frac{L_n}{\sigma F} \quad (10)$$

式中, τ_{ns} 表示从城市 n 运往城市 s 的冰山运输成本 ($\tau_{ns} > 1$)^②。

由于现有研究表明,城市间的技术扩散并非单向进行,而是经由城市之间复杂的协同创新网络发挥作用^[15],因此本文参考 Ahlfeldt 等^[11] 的研究,在地区技术水平表达式中引入互联网基础设施的交叉溢出:

$$A_n = a_n L_n^\kappa \Omega_n^\lambda, \Omega_n = \sum_{s=1}^N e^{-\delta d_{ns}} \theta_s \quad (11)$$

式(11)中, a_n 表示城市 n 外生的技术禀赋,用于捕捉与技术创新相关的地区异质性因素,如资源禀赋、政策环境等; Ω_n 表示城市 n 受到的互联网基础设施集聚外部性,由整个协同创新网络中城市的互联网基础设施密度 θ 复合而成; δ 用于表示外部性的空间衰减速率; d_{sn} 表示城市 s 、 n 之间的地理距离。

通过结合式(5)、式(7)和式(10)可以获得地区价格指数的表达:

$$P_n = \frac{\sigma}{\sigma-1} (\sigma F)^{\frac{1}{\sigma-1}} \left[\sum_{s=1}^N L_s \left(\tau_{ns} \frac{w_s}{A_s} \right)^{1-\sigma} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (12)$$

通过结合式(7)、式(8)和式(10)可以获得城市 n 与 s 贸易份额^③的表达:

$$\pi_{ns} = \frac{\int_0^{M_s} p_{ns}(j) c_{ns}(j) dj}{\sum_{r=1}^N \int_0^{M_r} p_{nr}(j) c_{nr}(j) dj} = \frac{L_s \left(\tau_{ns} \frac{w_s}{A_s} \right)^{1-\sigma}}{\sum_{r=1}^N L_r \left(\tau_{nr} \frac{w_r}{A_r} \right)^{1-\sigma}} \quad (13)$$

假定土地收入被分配给当地居民,因此居民收支平衡意味着:

$$\Theta_n L_n = w_n L_n + (1-\alpha) \Theta_n L_n \quad (14)$$

最后,区位均衡要求代表性居民在充分流动之后,代表性居民选择任何城市居住都将获得相同的效用 $\bar{U}$,由此获得期望效用表达式:

② 冰山运输成本理论假设跨城市运输的成本远高于本地运输,以致可以忽略本地运输成本,即 $\tau_{nn} = 1$, 其表示每单位产品从城市 n 运往城市 s 都将由于长途发生损失,只剩下 $\frac{1}{\tau_{ns}}$ 单位。

③ 即城市 n 从 s 处购买的贸易支出占城市 n 总贸易支出的份额。

$$\bar{U} = \frac{A_n^\alpha H_n^{1-\alpha} \pi_{nn}^{-\frac{\alpha}{\sigma-1}} L_n^{-\frac{\sigma(1-\alpha)-1}{\sigma-1}}}{\left(\frac{\sigma}{\sigma-1}\right)^\alpha (\sigma F)^{\frac{\alpha}{\sigma-1}} (1-\alpha)^{1-\alpha}} \quad (15)$$

根据期望效用的表达式(15)可获得各城市居民份额的表达式:

$$\lambda_n = \frac{L_n}{L} = \frac{[A_n^\alpha H_n^{1-\alpha} \pi_{nn}^{-\frac{\alpha}{\sigma-1}}]^{-\frac{\sigma-1}{\sigma(1-\alpha)-1}}}{\sum_{k=1}^N [A_k^\alpha H_k^{1-\alpha} \pi_{kk}^{-\frac{\alpha}{\sigma-1}}]^{-\frac{\sigma-1}{\sigma(1-\alpha)-1}}} \quad (16)$$

(二) 机制分析

结合式(12)、式(13)、式(14)和式(16),获得城市实际人均产出表达式:

$$RG_n = \frac{\Theta_n}{r_n^\alpha P_n^{1-\alpha}} \quad (17)$$

因此,借助变化代数运算的方法^[13],将任意变量 x 的变化量定义为 $\hat{x}$ ^④,可以获得所有城市互联网基础设施水平变化后,城市实际人均产出变化的表达并整理可得^{⑤⑥}:

$$\ln \widehat{RG}_n = \underbrace{\kappa_1 \frac{e^{-\delta} \theta_n}{\sum_{k=1}^N e^{-\delta d_{nk}} \theta_k}}_{\text{本地效应}} \ln \widehat{\theta}_n + \underbrace{\kappa_1 \sum_{r=1, r \neq n}^N \frac{e^{-\delta d_{nr}} \theta_r}{\sum_{k=1}^N e^{-\delta d_{nk}} \theta_k}}_{\text{创新溢出}} \ln \widehat{\theta}_r - \underbrace{\kappa_2 \ln \pi_{nn}}_{\text{市场一体化}} + \underbrace{\kappa_3 \ln \frac{w_n}{r_n}}_{\text{缓解空间错配}} \quad (18)$$

式(18)为分析互联网基础设施及其集聚效应提供了一个理论框架,模型同时考虑城市间人口流动、贸易网络、技术溢出,在一定程度上反映了城市间经济活动的密切联系。该式表明,在“中国互联网基础设施奇迹”的背景下,互联网基础设施的全面升级,通过以下 3 条机制作用于城市经济发展。

机制 1: 创新溢出。式(18)表明互联网基础设施的升级不但在本地发挥作用,同时互联网基础设施在全国层面的集聚也促进了各个城市的技术水平提高。这是由于城市之间的技术溢出并非是单向的,而是经由城市之间复杂的协同创新网络发挥作用^[15]。企业异地部门沟通、异地企业技术

合作、企业员工线上培训等均是城市间协同创新网络的一部分,而互联网基础设施的整体升级可以有效加强以上过程,进而加强技术溢出强度。

机制 2: 市场一体化。式(18)表明互联网基础设施集聚为城市贸易情况的改善提供了条件。互联网和数字化技术不但能够促进消费^[7],还能克服地理因素的制约,有效降低贸易成本^[1,9]。因此,互联网基础设施在空间中集聚为本地提供了一个更加发达的外部市场。这意味着,当城市拥有较为发达的市场经济和较为宽松的贸易条件时,便能享受到外部市场扩大带来的红利,进而刺激本地经济发展。

机制 3: 缓解空间错配。式(18)表明互联网基础设施的全面升级在一定程度上克服了空间错配带来的影响。Hsieh 等^[16]的研究指出,美国高生产力城市对住房供给采取严格的限制措施将导致城市间劳动力的空间错配,其原因是房价工资比通常在劳动力要素流动中承担着“分散力”的作用。劳动力空间错配这一现象在中国实行“偏向西部的土地供应政策”之后也有出现,不少文献指出在 2003 年之后土地空间配置发生了重大逆转,中西部相对东部有了更充裕的土地供给,这使得城市间劳动力产生空间错配^[17-18]。但互联网和数字技术能够在一定程度上摊平城市发展布局,从而克服劳动力空间错配带来的影响。

三、实证设计

(一) 样本选择与数据来源

1. 夜间灯光亮度

考察互联网基础设施建设空间外部性对城市经济发展的影响,首先需要刻画区域经济发展水平。对此,本文参照 Henderson 等^[19]的研究将夜间灯光亮度作为区域经济发展的代理指标。目前广泛使用的夜间灯光数据为以下两种:第一种被称为 DMSP/OLS 夜间灯光数据,这个数据来源于美国空军防御气象卫星计划(DMSP)的线性扫描

④ $\hat{x} = \frac{x'}{x}$, 其中, x' 表示变化后的值, x 表示变化前的值。

⑤ 其中, $\kappa_1 = 1 - \alpha$, $\kappa_2 = (1 - \alpha)(\sigma - 1)$, $\kappa_3 = \alpha - (1 - \alpha)(\sigma - 1)$ 。

⑥ 此处整理过程中,需要对技术变化量 $\ln \widehat{A}_n$ 进行一阶泰勒展开。

系统(OLS),时间跨度为1992—2013年;第二种被称为NPP/VIIRS夜间数据,这个数据来源于Suomi国家极地轨道伙伴关系(SNPP)卫星上的可见红外辐射套件(VVIIRS),数据跨度为2012年4月至今。

由于以上夜间灯光数据均不满足时间跨度的需求,本文所使用的夜间灯光数据基于仲晓雅等^[20]的研究。仲晓雅等^[20]对DMSP/OLS年度数据、NPP/VIIRS月度数据进行数据预处理、校正和数据融合获得了中国2000—2020年的夜间灯光数据。本文对仲晓雅等^[20]处理的2005—2019年的夜间灯光数据在城市层面平均处理,获得本文被解释变量2005—2019年的城市年灯光亮度均值。

2. 互联网基础设施集聚

为考察互联网基础设施集聚对城市经济发展的影响,还需要进一步刻画互联网基础设施在全国层面的集聚量。本文参考李培鑫等^[21]的研究,将互联网基础设施集聚量表示为其他城市互联网基础设施建设密度的规模加总,由于考虑到空间外部性随距离衰减的性质^[11],这种加总以城市间距离的倒数为权重,变量构造具体如式(19):

$$den_cluster_{i,t} = \sum_{j \neq i} \frac{density_{j,t}}{d_{ij}} \quad (19)$$

式(19)中, $den_cluster_{i,t}$ 表示 t 年作用于城市 i 的互联网基础设施集聚量; $density_{j,t}$ 表示 t 年城市 j 的互联网基础设施密度,参照张杰等^[2]的研究,将互联网基础设施密度标准化为城市宽带接入户数(万户)与城市年末家庭总户数(万户)的比值; d_{ij} 表示城市 i 与城市 j 之间的距离^⑦。本文从《中国城市统计年鉴》、CEIC数据库收集的2005—2019年中国大陆284个城市的年末宽带接入户数和年末家庭总户数,加以整理,最终构造出互联网基础设施集聚量($den_cluster$)的代理指标。

3. 其他数据来源

除去上文介绍的夜间灯光数据以及互联网基础设施集聚量相关数据,本文实证研究还涉及2005—2019年中国大陆242个城市的行政区面积、市内公路里程数、全市户籍人口数、全市大学

生数、全市第二产业增加值、地方政府财政支出总额以及外商直接投资,这些数据来源于历年《中国城市统计年鉴》,少量缺失数据采用插值法补齐,最终得到2005—2019年242个城市的平衡面板数据。

(二) 实证模型设定

为验证互联网基础设施集聚对城市经济发展水平的影响,本文构建如下实证模型:

$$light_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 den_cluster_{i,t} + \beta_2 density_{i,t} + \zeta X_{it} + v_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (20)$$

式(20)中, i 表示城市, t 表示年份;被解释变量使用 i 城市 t 年的平均夜间灯光亮度 $light_{i,t}$,以表示 t 年城市 i 的经济发展水平。解释变量方面,在控制了本地互联网基础设施密度 $density_{i,t}$ 的基础上,本文更加关注城市受到的互联网基础设施建设集聚量 $den_cluster_{i,t}$ 的影响。

$X_{i,t}$ 为其他影响经济发展水平的因素组成的控制变量,结合现有研究,本文具体选取了以下变量。第一,公路密度($road$),交通基础设施与城市贸易、城市创新等经济活动都息息相关^[22-24],因而需要加以控制,本文将公路密度,即城市每平方公里的公路里程数作为衡量交通基础设施的代理变量。第二,高等教育(edu),高等教育是影响城市发展的重要因素^[25],因此本文将每万人中在校大学生数量作为城市高等教育的代理指标加以控制。第三,人口密度(pop),人口是城市生产和消费的重要因素,本文将户籍人口与行政区面积之比作为人口密度的粗略度量,以缓解这方面的遗漏变量问题。第四,二产占比($second$),由于二产比重较高的城市处在更成熟的工业化阶段,经济发展水平更高,因此本文使用各城市第二产业增加值占GDP的比重作为二产占比的粗略度量。第五,财政支出(gov),财政支出是地方进行基础设施建设和公共投资的重要来源,也是政府引导地方经济能力的重要体现,因此本文使用地方政府财政支出占GDP的比重作为财政支出的粗略度量。此外, v_i 表示城市个体固定效应, μ_t 表示年份

⑦ 任意两城市之间的距离用两城市中心经纬点之间的球面距离表示。

固定效用, $\varepsilon_{i,t}$ 表示模型的随机扰动项。

四、实证结果及分析

(一) 基准回归结果

本节以城市平均夜间灯光亮度为被解释变量,考察了互联网基础设施外部性对城市经济发展水平的影响。表 1 汇报了基准回归的结果。

首先,本文基于式(20)的计量模型,采用 OLS 回归,得到表 1 第(1)列的结果。从表 1 可以看出,互联网基础设施不仅对本地城市经济发展水平有显著的促进作用,同时互联网基础设施在全国层面的集聚也促进了各城市的经济发展,这一结果验证了本文的主要观点。考虑到使用本地宽带接入密度作为本地互联网基础设施水平的代理变量可能面临的内生性问题,本文参考郭峰等^[1]的研究,将本地基础设施建设密度滞后一期加入基准回归,得到表 1 第(2)列的结果。其结果显示,加入基础设施建设密度滞后项后,互联网基础设施密度和互联网基础设施集聚量的系数仍然在 5% 与 1% 的水平上保持显著为正。这意味着,全面铺开的互联网基础设施建设不是通过疏解本地经济活动的方式,促进周边地区发展,而是促进了本地—周边地区协同发展。

表 1 基准回归结果

变量	被解释变量:夜间灯光亮度			
	(1) OLS	(2) OLS	(3) IV	(4) IV
<i>den_cluster</i>	31.870 ***	29.084 ***	30.265 ***	53.295 ***
<i>density</i>	3.276 **	1.835 **	2.936 ***	2.571 ***
<i>L. density</i>	—	1.578	—	—
控制变量	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	3 630	3 388	3 388	3 630
<i>Kleibergen-Paap rk LM statistic</i>	—	—	634.980 ***	538.064 ***
<i>Kleibergen-Paap rk Wald F statistic</i>	—	—	3.7e + 04	2 312.005

然而,现有“探究数字经济发展对经济社会影响”的相关文献^[1,3]经验表明,使用普通最小二乘法识别互联网基础设施集聚对城市经济发展水平的影响,会面临一定的内生性挑战。就以上基准回归而言,可能会存在以下内生性问题:第一,双向因果,城市经济发展也能溢出效应带动周围城市经济发展,进而反向影响互联网基础设施的集聚水平。第二,遗漏变量,影响城市经济发展水平

的因素很多,在这些因素中,不可避免地存在一部分与互联网基础设施集聚量存在相关性。第三,测量偏误,被解释变量夜间灯光亮度与核心解释变量互联网基础设施集聚量的测度并非易事,无法拒绝本文采用的代理指标存在测量偏误的可能。

如上文所述,在考察互联网基础设施集聚对城市经济发展的影响时,基准回归可能由于双向因果、遗漏变量、测量偏误等原因,存在内生性问题的困扰。因此,本文参照城市群人口空间外部性相关文献^[21]的研究思路以规模变量的滞后期作为工具变量进行检验,即使用滞后一期的互联网基础设施集聚量作为工具变量进行两阶段最小二乘法(2SLS)估计,第(3)列即为相应的两阶段最小二乘法估计的结果。

此外,为了保证最小二乘法估计结果的稳健性,本文同时参考数字经济^[2,26]相关文献的研究思路利用各城市到杭州的球面距离作为互联网基础设施集聚的工具变量。使用各城市到杭州的球面距离作为工具变量的合理性在于,杭州作为中国电商规模最大的城市,对其他城市数字经济发展的带动作用明显,到杭州的距离在一定程度上与互联网基础设施外部性相关;各城市到杭州球面距离作为外生地理因素,保证了工具变量的外生性。考虑到此两项指标均不随时间变化,本文参考 Nunn 等^[27]的思路,收集全国层面 2005—2019 年的互联网上网人数。通过将当期全国层面的上网人数数据与各城市到杭州的球面距离交乘,得到最小二乘法回归中使用的工具变量,回归结果如表 1 第(4)列所示。

表 1 第(4)列、第(5)列的回归结果显示,在使用工具变量的情况下,互联网基础设施集聚量的系数均在 1% 的水平上显著为正,进一步验证了互联网基础设施外部性对城市经济发展的促进作用。从工具变量的有效性来看,对于工具变量无法识别检验,Kleibergen-Paap rk 的 LM 统计量 p 值均为 0.000,显著拒绝了“工具变量无法识别”的原假设;在弱工具变量的检验中,Kleibergen-Paap rk 的 Wald F 统计量大于 Stock-Yogo 弱识别检验 10% 水

平上的临界值,这说明并不存在弱工具变量的问题。

(二)稳健性检验

指标解释能力的稳健性对本文实证结论可信程度至关重要。因此,本文设置了一系列方法验证基准回归结果的稳健性。

首先,城市经济发展水平度量的稳健性。在基准回归中,本文利用仲晓雅等^[20]矫正的夜间灯光亮度作为城市经济发展水平的代理指标,而在稳健性分析中,本文将采用各城市人均 GDP 和 GDP 增速作为城市经济发展水平的代理指标,以检验本文结论对于关键被解释变量是否稳健。回归结果如表 2 所示。其中,第(1)列、第(3)列是普通最小二乘法的结果;第(2)列、第(4)列是以“各城市到杭州的距离与全国层面互联网上网人数的交乘项”为工具变量的两阶段最小二乘法结果。从表 2 可以看出,互联网基础设施集聚量的系数仍然显著为正。

表 2 城市经济发展水平度量的稳健性

变量	被解释变量:人均 GDP		被解释变量:GDP 增速	
	(1) OLS	(2) IV	(3) OLS	(4) IV
<i>den_cluster</i>	0.657 ***	1.102 ***	0.218 ***	0.227 ***
<i>density</i>	0.088 ***	0.077 ***	0.003	0.003
控制变量	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	2 979	2 963	3 388	3 388
<i>Kleibergen-Paap rk LM statistic</i>	—	369.044 ***	—	477.222 ***
<i>Kleibergen-Paap rk Wald F statistic</i>	—	2 038.812	—	2 010.467

其次,互联网基础设施集聚量度量的稳健性。在基准回归中,本文将其他城市互联网基础设施密度的规模加总作为互联网基础设施集聚

量的代理指标。而在稳健性分析中,为检验结论对于核心解释变量是否稳健,本文构建其他 4 个互联网基础设施集聚量的代理指标。第一,样本城市 1 000 km 以内的其他城市互联网基础设施密度的规模加总;与基准回归中构造方式一致,以城市间距离的倒数为权重加总其他城市的互联网基础设施密度,只不过此处将“其他城市”的范围选定为距样本城市 1 000 km 以内的城市,具体构造方式如式(21):

$$den_cluster_{i,t} = \sum_{j \neq i, d_{ij} < 1000} \frac{density_{j,t}}{d_{ij}} \quad (21)$$

第二,样本城市 500 km 以内的其他城市互联网基础设施密度的规模加总;此处构造方式与前文一致,只不过将“其他城市”的范围选定为距样本城市 500 km 以内的城市。

第三,相邻城市的互联网基础设施密度均值;此处参照标准线性平均(linear-in-means, LIM)模型估计溢出效应的相关文献^[28]将相邻城市的互联网基础设施密度均值作为互联网基础设施集聚量的代理指标。以上 3 个稳健代理指标的回归结果分列在表 3。其中,第(1)列、第(3)列、第(5)列是普通最小二乘法的结果,第(2)列、第(4)列、第(6)列是以“各城市到杭州的距离与全国层面互联网上网人数的交乘项”为两阶段最小二乘法结果。在所有工具变量回归结果中,互联网基础设施空间外部性的系数均显著为正,这与基准回归中的结果一致^⑧。综上所述,本文的研究结论在采用不同识别方法以及关键变量度量方法后,仍然保持高度稳健。

表 3 互联网基础设施集聚量的稳健性

变量	1 000 km 内		500 km 内		相邻城市	
	(1) OLS	(2) IV	(3) OLS	(4) IV	(5) OLS	(6) IV
<i>den_cluster</i>	25.106 ***	44.862 ***	38.696 ***	66.307 ***	6.489 *	39.663 ***
<i>density</i>	3.413 **	2.696 ***	3.040 **	2.124 ***	2.529	-8.037 ***
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	3 630	3 630	3 630	3 630	3 540	3 540
<i>Kleibergen-Paap rk LM statistic</i>	—	633.351 ***	—	619.234 ***	—	171.119 ***
<i>Kleibergen-Paap rk Wald F statistic</i>	—	1 764.960	—	1 429.776	—	175.789

⑧ 第(5)列中使用普通最小二乘法的回归结果显著程度下降,可能是因为相邻城市之间经济活动的相关性更强,从而存在较严重的内生性问题。

(三) 机制检验

上文的基准回归结果及稳健性分析,证明了互联网基础设施集聚确实对城市经济发展水平具有促进作用,而本小节则将进一步探究其中的逻辑机制。对于互联网具有的这种空间外部经济效益,本文从技术溢出效应、外部市场效应两项可能的作用机制进行阐释,同时本文也拟通过相关的实证对此进行检验,以更好呼应前文的理论分析。

1. 创新溢出

互联网基础设施外部性与城市创新所面临的环境因素息息相关,受到强互联网基础设施外部性的城市,能够拥有更为便捷的企业异地部门交流和异地企业合作,从而有效降低创新的信息成本。因此,本文借鉴 Zheng 等^[24]的思路,使用各城市的发明专利授权数(万个)作为城市创新水平的代理指标,以检验互联网基础设施空间外部性对城市创新的影响。回归结果如表 4 所示。其中,第(1)列为普通最小二乘法回归结果,第(2)列为两阶段最小二乘法结果^⑨。回归结果表明外部的互联网基础设施集聚显著地提高了受到的创新溢出。而 Romer^[29]及之后的研究均表明,城市创新活动是长时期中经济发展的重要因素。因此,结合表 4 的实证结果与创新活动推动经济发展的相关文献,本节指出外部的互联网基础设施集聚通过提高本地收到的创新溢出进而促进本地经济发展的逻辑链条,这一逻辑链条也验证了前文中互联网基础设施集聚的创新溢出机制。

表 4 创新溢出机制的检验

变量	被解释变量:夜间灯光亮度	
	(1) OLS	(2) IV
<i>den_cluster</i>	4.946 ***	5.206 ***
<i>density</i>	0.406	0.398 ***
控制变量	控制	控制
城市固定效应	控制	控制
时间固定效应	控制	控制
样本量	3 630	3 630
<i>Kleibergen-Paap rk LM statistic</i>	—	538.064 ***
<i>Kleibergen-Paap rk Wald F statistic</i>	—	2 312.005

2. 市场一体化

市场一体化效应也是互联网基础设施集聚促

进经济发展的重要机制。前文的理论分析表明,互联网基础设施集聚不仅提升了外部市场的消费能力,即互联网基础设施集聚带来了更大的外部市场,而且克服了地理因素的制约,有效降低了贸易成本,即互联网基础设施集聚加强了与外部市场的联系。这意味着,当本地拥有更加发达的市场经济时,便能更多地从互联网基础设施集聚中获益。因此,本节通过分组回归,探究更开放的本地市场是否有助于提升互联网基础设施集聚对经济发展的刺激作用,以便检验互联网基础设施集聚的市场一体化机制。

本文参考郭峰等^[1]的研究,利用行政边界地区的道路密度,作为城市与外部市场联系强弱的指标。具体来说,本文基于 2020 年中国各种类型的道路矢量数据,提取构造了城市行政边界线内外各延伸 1 km 形成的环带地区内的道路密度。然后按照所有城市的中位值,将城市划分为行政边界线附近道路密度低和道路密度高的城市。采用同样的方法,本文提取构造了城市行政边界线内外各延伸 1 km 形成的环带地区内的平均地势起伏度。下面是选取这两项指标作为市场分割代理指标的原因。

政治竞争是导致市场分割的原因之一,有研究表明,相邻地方政府竞争的激烈程度与行政边界地区交通基础设施和其他资源投放量呈反比^[30],因此边界线附近道路密度在一定程度上反映了政治竞争带来的市场分割。除此之外,天然的地理因素也是市场分割的原因之一,地势起伏度大的地区,通常修建铁路、公路等基础设施的难度更大,这意味着行政边界线附近地势起伏大的城市,与外部市场贸易的难度往往更高。并且行政边界地区是市际经济往来的窗口,采用行政边界附近的数据能够充分表征经济往来的外部条件,在一定程度上规避城市内部市场的影响,结果更具稳健性。

普通最小二乘法回归结果^⑩表明,行政边界线

⑨ 此处,工具变量选取与上文一致。

⑩ 采用工具变量回归,此处机制检验的结果依然稳健。

附近拥有较高道路密度和较低地势起伏度的城市,互联网基础设施集聚有更强的正向作用。以上对行政边界线附近道路密度和地势起伏度的分组回归结果,支持了上文讨论的逻辑——更开放的本地市场确实有助于提升互联网基础设施集聚对经济发展的刺激作用。这表明互联网基础设施集聚通过提供便捷的外部市场,提高了城市经济发展水平。

表5 市场一体化的机制检验

变量	被解释变量:夜间灯光亮度			
	(1) 高路网密度	(2) 低路网密度	(3) 高地势起伏度	(4) 低地势起伏度
<i>den_cluster</i>	22.462 ***	6.543 ***	4.474 *	23.214 ***
<i>density</i>	3.203	1.680 **	2.225 **	3.463
控制变量	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	1 815	1 815	3 388	3 388

3. 缓解空间错配

根据前文的机制分析,本节采用房价工资比这一典型“分散力”指标考察互联网基础设施集聚是否有助于减弱“分散力”,进而促进人力资本进一步流动。同时本文将各城市常住人口与户籍人口之比作为被解释变量,以检验互联网基础设施集聚能否促进人口的充分流动。

表6的两阶段最小二乘回归结果^①表明,本地的互联网基础设施建设倾向于放大以房价工资比为代表的“分散力”,阻碍劳动力向高生产力城市移动,而互联网基础设施集聚则有利于降低“分散力”,促进人口的充分流动,充分发挥人力资本的集聚作用,缓解劳动力在空间中的错配现象。

表6 缓解空间错配的机制检验

变量	被解释变量: 房价工资比		被解释变量: 常住人口—户籍人口比	
	(1) OLS	(2) IV	(3) OLS	(4) IV
<i>den_cluster</i>	0.066 ***	-0.281 ***	-10.551	20.552 **
<i>density</i>	-0.002	0.038 ***	0.411	-3.178 **
控制变量	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	3 630	3 630	2 979	2 963
<i>Kleibergen-Paap rk LM statistic</i>	—	38.784 ***	—	61.026 ***
<i>Kleibergen-Paap rk Wald F statistic</i>	—	39.899	—	64.306

五、结论与政策建议

以“3G建设”“宽带中国”“互联网+”为代表的数字经济导向型发展战略,正逐步填平中国互联网基础设施建设的区域不平等差距。在互联网基础设施建设成为下一项“基础设施建设奇迹”之际,非常有必要研究互联网基础设施在空间中的集聚对城市发展的作用及其机制。本文基于夜间灯光数据和其他经济、地理数据,考察了互联网基础设施在空间中集聚对城市经济发展的影响,并通过理论分析和实证检验研究了互联网基础设施集聚促进城市发展的作用机制。主要结论如下:第一,互联网基础设施不但具有本地效应,而且互联网基础设施在空间中的集聚提升了城市的经济发展水平,促进了城市间协同发展;第二,互联网基础设施集聚促进城市间的创新溢出效应是互联网基础设施集聚促进城市发展的重要机制;第三,互联网基础设施集聚的影响可以通过贸易链传导,当地区间的行政分割和地理分割带来的市场分割相对较弱时,市场会更趋向于一体化,此时互联网基础设施的集聚优势也会更加明显,带来更高的经济发展水平提升;第四,互联网基础设施集聚能够有效降低房价工资比带来的“分散力”作用,促进劳动力要素充分流动,缓解劳动力的空间错配。

根据以上结论,本文提出以下几点政策建议:第一,在评估互联网基础设施建设项目时,应全局考量互联网基础设施建设的本地效应和空间集聚效应,利用互联网基础设施的集聚效应推动城市间创新合作和市场整合,促进区域协同发展;第二,利用互联网基础设施建设推动城市间协同创新共同体建设,充分利用互联网基础设施集聚的资源整合能力,推动欠发达地区的创新能力提升;第三,推动建立统一大市场,降低区域市场分割程度,积极为产品流动、资源流动、要素流动搭建平台,充分激发互联网基础设施集聚的空间外部性;第四,利用互联网基础设施集聚缓解劳动力空间错配的作用,打通城市群、都市圈内劳动力流动的

① 在表6中,普通最小二乘回归与工具变量两阶段最小二乘回归结果差异较大,此处应该存在较为严重的内生性问题。

关键堵点,促进城市群、都市圈内劳动力充分流动。

参考文献:

- [1]郭峰,熊云军,石庆玲,等.数字经济与行政边界地区经济发展再考察:来自卫星灯光数据的证据[J].管理世界,2023,39(4):16-33.
- [2]张杰,白铠瑞,毕钰.互联网基础设施、创新驱动与中国区域不平衡:从宏观到微观的证据链[J].数量经济技术经济研究,2023,40(1):46-65.
- [3]赵涛,张智,梁上坤.数字经济、创业活跃度与高质量发展:来自中国城市的经验证据[J].管理世界,2020,36(10):65-76.
- [4]黄阳华,张佳佳,蔡宇涵,等.居民数字化水平的增收与分配效应:来自中国家庭数字经济调查数据库的证据[J].中国工业经济,2023(10):23-41.
- [5]GLAVAS C, MATHEWS S. How international entrepreneurship characteristics influence Internet capabilities for the international business processes of the firm[J]. International business review, 2014, 23(1): 228-245.
- [6]ARTHUR W B. The structure of invention[J]. Research policy, 2007, 36(2): 274-287.
- [7]易行健,周利.数字普惠金融发展是否显著影响了居民消费:来自中国家庭的微观证据[J].金融研究,2018(11):47-67.
- [8]种照辉,高志红,覃成林.网络基础设施建设与城市间合作创新:“宽带中国”试点及其推广的证据[J].财经研究,2022,48(3):79-93.
- [9]王奇,牛耕,赵国昌.电子商务发展与乡村振兴:中国经验[J].世界经济,2021,44(12):55-75.
- [10]安同良,杨晨.互联网重塑中国经济地理格局:微观机制与宏观效应[J].经济研究,2020,55(2):4-19.
- [11]AHLFELDT G M, REDDING S J, STURM D M, et al. The economics of density: evidence from the Berlin Wall[J]. Econometrica, 2015, 83(6): 2127-2189.
- [12]ALLEN T, ARKOLAKIS C. Trade and the topography of the spatial economy[J]. The quarterly journal of economics, 2014, 129(3): 1085-1140.
- [13]REDDING S J, ROSSI-HANSBERG E. Quantitative spatial economics [J]. Annual review of economics, 2017(9): 21-58.
- [14]KRUGMAN P. Increasing returns and economic geography [J]. Journal of political economy, 1991, 99(3): 483-499.
- [15]BOIX R, TRULLÉN J. Knowledge, networks of cities and growth in regional urban systems[J]. Papers in regional science, 2007, 86(4): 551-574.
- [16]HSIEH C T, MORETTI E. Housing constraints and spatial misallocation[J]. American economic journal, 2019, 11(2): 1-39.
- [17]陆铭,张航,梁文泉.偏向中西部的土地供应如何推升了东部的工资[J].中国社会科学,2015(5):59-83, 204-205.
- [18]张文武,梁琦,张为付.房价、户籍制度与城市生产率[J].经济学(季刊),2021,21(4):1233-1252.
- [19]HENDERSON J V, STOREYGARD A, WEIL D N. Measuring economic growth from outer space [J]. American economic review, 2012, 102(2): 994-1028.
- [20]仲晓雅,闫庆武,李桂娥.中国长时间序列夜间灯光数据集的研发(2000—2020)[J].全球变化数据学报(中英文),2022,6(3):416-424,593-601.
- [21]李培鑫,张学良.城市群集聚空间外部性与劳动力工资溢价[J].管理世界,2021,37(11):121-136,183.
- [22]马鑫,黄涛.交通基础设施建设与区域间市场整合:以高速公路为例[J].数量经济技术经济研究,2023,40(12):111-132.
- [23]FABER B. Trade integration, market size, and industrialization: evidence from China's National Trunk Highway System[J]. Review of economic studies, 2014, 81(3): 1046-1070.
- [24]ZHENG S, LI Z. Pilot governance and the rise of China's innovation[J]. China economic review, 2020(63): 101521.
- [25]WANG Y, TANG W. Universities and the formation of edge cities: evidence from China's government-led university town construction[J]. Papers in regional science, 2020, 99(1): 245-266.
- [26]张勋,杨桐,汪晨,等.数字金融发展与居民消费增长:理论与中国实践[J].管理世界,2020,36(11):48-63.
- [27]NUNN N, QIAN N. US food aid and civil conflict[J]. American economic review, 2014, 104(6): 1630-1666.
- [28]PATAACCHINI E, ZENOU Y. Ethnic networks and employment outcomes [J]. Regional science and urban economics, 2012, 42(6): 938-949.
- [29]ROMER P M. Capital, labor, and productivity [J]. Brookings papers on economic activity, 1990, 21: 337-367.
- [30]尹恒,徐琰超.地市级地区间基本建设公共支出的相互影响[J].经济研究,2011(7):55-64.

(本文责编:润 泽)