

# 互联网对中国城市内部就业分布的动态影响

吴思栩<sup>1,2,3,4</sup>, 孙斌栋<sup>1,2,3,4</sup>, 张婷麟<sup>1,2,3,4</sup>

(1. 华东师范大学中国行政区划研究中心, 上海 200241; 2. 崇明生态研究院, 上海 202162;  
3. 华东师范大学城市与区域科学学院, 上海 200241; 4. 华东师范大学未来城市实验室, 上海 200241)

**摘要:** 本文旨在揭示互联网影响城市内部就业分布的净效应及其动态变化。首先, 将互联网分散力与集聚力的相对变化纳入互联网动态影响的分析框架并提出相应理论假说; 其次, 利用中国2004年、2008年、2013年3次经济普查中289个地级市的2247万个企业的微观数据, 以“邮区”为基本空间单元构建了城市内部就业集聚指数; 最后, 构造工具变量以缓解内生性问题。结果显示, 平均而言, 互联网能显著促进城市内部的就业集聚, 但随互联网渗透率的提高, 其促进作用呈现“边际递减”趋势, 而城市就业的空间多中心性不断提升, 即就业向远离城市主中心的次中心集聚; 对于高发展水平的城市, 互联网渗透率的提高促进了就业先短暂分散, 而后“边际递增”式集聚。本文研究发现对于预判未来城市中经济活动的空间分布和指导空间规划具有重要意义。

**关键词:** 互联网; 分散; 集聚; 城市内部就业分布; 动态影响; 中国

DOI: 10.11821/dlxb202206010

## 1 引言

技术变革是重塑城市空间结构的重要因素。自20世纪80年代以来, 互联网技术的发展使信息的瞬时、远距离传输得以实现, 也因此改变了受地理区位或地理距离约束的经济活动, 成为影响城市空间结构的重要技术力量<sup>[1-3]</sup>。为此, 早期的未来主义学者提出“地理学会终结”“距离已死”, 认为地理实体空间会趋于分散<sup>[4-5]</sup>。尤其是在城市内部, 人口流动受地理、制度与文化等分割的限制较弱, 更容易受到互联网的影响。然而即使在万物互联的时代, 城市内部就业的集聚景观依旧无处不在, 如匹兹堡绿色科技产业集聚区、上海浦东集成电路产业集聚区等。那么互联网究竟如何影响城市内部就业的空间分布呢? 已有研究认为, 互联网技术会影响城市空间结构, 但其塑造方向是多样的<sup>[6]</sup>。首先, 线上交流可以部分替代面对面交流, 减少经济主体间集聚交流的需求, 产生分散力量。但与此同时, 由于信息技术对知识的传输能力有限, 信念、非正式技能等意会知识的传递至今仍依赖于面对面的直接经验<sup>[7]</sup>。因此, 频繁的线上交流也可能引发后续更多的面对面交流需求<sup>[8]</sup>, 产生集聚力量, 后文称“互补效应”。分散力和集聚力量之间的权衡决

收稿日期: 2021-03-03; 修订日期: 2022-01-06

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(17ZDA068); 国家自然科学基金项目(42001183, 41901184, 42071210); 中国博士后科学基金项目(2020M671044); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(YBNLTS2022-001) [Foundation: Major Program of National Social Science Foundation of China, No.17ZDA068; National Natural Science Foundation of China, No.42001183, No.41901184, No.42071210; China Postdoctoral Science Foundation, No.2020M671044; Fundamental Research Funds for the Central Universities, No.YBNLTS2022-001]

作者简介: 吴思栩(1996-), 女, 湖北黄冈人, 博士生, 研究方向为数字经济与城市发展。E-mail: wusixuecnu@163.com

通讯作者: 孙斌栋(1970-), 男, 河北阜平人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为城市地理与经济地理。

E-mail: bdsun@re.ecnu.edu.cn

定了互联网对城市内就业集聚影响的净效应。

尽管现有研究广泛讨论了互联网对城市内部空间结构的分散化和集聚化影响,但却尚未就互联网的净效应得出一致结论,而且忽视了两种力量的此消彼长会导致互联网的净效应发生动态变化,这可能是导致已有研究结论不一致的重要原因之一。而精准捕捉互联网影响的动态变化特征则有助于提高研究结论的可靠性,对于判断人类经济活动的未来空间区位乃至制定城市空间政策具有重要意义。这种动态变化主要体现在两个维度,第一个维度是随着渗透率的提升,互联网技术不仅会通过提升其对知识的编码能力而展示分散力量,也会通过推动服务型、知识密集型城市的发展而提升经济活动中意会知识的比重,进而增加经济主体对集聚交流的需求<sup>[9-10]</sup>。由于两种力量的增强程度可能不同,互联网的净效应可能会在渗透率不断提升的过程中,呈现出非线性的动态变化。具体而言,随着渗透率的提升,互联网的集聚力和分散力均在增强,如果相对增强更快的那种力量,与互联网在初始阶段的净效应是同方向的力量,那么互联网的初始净效应将进一步增强,而为相反方向的力量时,互联网的初始净效应将逐渐减弱,并在增强更快的力量绝对超过初始净效应时,发生方向上的变化,转为以增强更快的力量为净效应。第二个维度体现在城市发展水平是影响互联网分散力和集聚力动态变化的重要因素。因为相较于欠发达城市,高度发达的城市既承受着更高的集聚不经济,也拥有更强的知识溢出<sup>[10]</sup>。一方面,过高的集聚成本促使企业更倾向于使用现有技术来克服地理距离、时间和成本障碍,从而导致互联网产生更强的分散力。另一方面,发达城市分布着更密集的高技能工人与知识密集型企业<sup>①</sup>,更频繁的创新活动,其城市内部经济活动的开展更加依赖于意会知识的投入,紧密交流的价值得以提升,相同的线上交流也可能引发更多的面对面交流,进而增强互联网的集聚力量。伴随着后工业化时代的来临,发达城市内部高度意会知识的提升势必快于欠发达城市,这会导致互联网在发达城市的集聚力量增强更快。因此,互联网对城市内部就业分布的影响,不仅会随渗透率的提升而发生边际或方向上的变化,这一非线性影响特征还会随城市的发展而改变,进而不同发展水平的城市呈现出重要异质性,而已有研究对这一动态变化缺乏关注,导致所发现的分散化或集中化影响可能仅仅捕捉到了互联网在某个阶段的净效应。

鉴于此,本文将互联网分散力与集聚力的相对变化纳入分析框架,提出相应理论假说,利用2004年、2008年、2013年中国3次经济普查中289个地级及以上城市市域的2247万个企业的数据,构建面板数据模型对上述理论假说进行实证检验,构造工具变量以缓解内生性问题。本文的贡献在于揭示了互联网对城市就业空间结构的影响在其持续渗透过程中的变化特征,以及在不同发展水平城市的异质性表现,以严谨的分析范式从动态的视角为已有研究无法就互联网的多样化影响得出一致结论的现状提供新解释。研究发现为城市管理者 and 规划者借助互联网技术开展城市治理工作提供了重要决策依据。

## 2 文献综述与理论假说

城市空间结构是各种城市活动的空间分布模式,取决于各类集聚经济<sup>②</sup>和城市成本之

① 根据2019年各城市发布的统计年鉴数据计算发现,中国生产性服务业集中分布在大城市,尤其在北京市(44.3%)和上海市(26.7%)总就业中占比较高。

② 对集聚经济“黑箱”的探索,可以追溯到新古典经济学的三大外部性经济:劳动力共享、中间投入品和知识溢出。然而,尽管马歇尔较早地论述了产业地方化和外部性经济,新古典的传统模型却仍然假设边际收益递减。因此,后期许多学者基于新经济地理学中规模报酬递增的共享、匹配、学习机制以及运输成本进行分析。

间的权衡<sup>[11]</sup>。长期以来,知识溢出一直是城市的重要集聚力量<sup>[12]</sup>,生产者通过分配更多时间交换思想可以提高自身生产率<sup>[13]</sup>。由于知识溢出主要通过交流发生<sup>[14]</sup>,互联网可能通过方向相反的两个路径改变知识溢出的集聚力量,进而影响城市内部空间结构:①基于线上交流对面对面交流的替代效应,减弱空间集聚;②基于线上交流与面对面交流间的互补效应,增强空间集聚。

由于互联网技术能以近乎为零的成本实现知识的远距离传输,经济主体之间传统的面对面交流方式被逐渐替代,进而导致城市空间的分散化<sup>[15-16]</sup>。在实证方面,Nilles对加利福尼亚州的研究发现远程办公增加了人们在郊区居住而长途通勤去市中心工作的比例<sup>[17]</sup>。Tayyarani等的研究同样支持了这一结论<sup>[18]</sup>。此后,Rachmawati等对印度尼西亚Yogyakarta的研究表明ICT技术的使用推动了经济服务和居民区从城市中心转移到城市蔓延地区<sup>[19]</sup>。针对中国南京市的研究也发现互联网的使用导致了城市内部住宅空间的分散<sup>[20]</sup>。

但是,线上交流无法完全替代面对面交流,频繁的线上交流也可能会衍生出后续更多的面对面交流需求,进而增强城市的集聚力量<sup>[8]</sup>。知识可以分为显性知识和意会知识,其中显性知识可被编码并进行标准化传输,而意会知识则固化于地区的创新环境、人际网络与社会文化中<sup>[7]</sup>,难以脱离其原有空间。因此,距离越近,地理、文化等特征越相似,相互联系的可能性也越大<sup>[21]</sup>。而互联网技术本身不足以有效地进行意会知识的转移,所以即使是在互联网时代,“想法跨越走廊和街道也比跨越大陆和海洋容易”<sup>[22]</sup>,地理距离与地理区位因素仍然重要<sup>[23-26]</sup>。如果经济活动的实施涉及意会知识的传输,当信息技术降低了线上交流的成本,就会同时在当地引发更多的线上互动和面对面交流,进而促进空间集聚。因此,相较于单纯强调分散化影响的观点,许多学者更倾向于认为互联网技术同时存在分散作用和集聚作用<sup>[6]</sup>。在实证层面,Sinai等的研究支持了Gaspar等的观点,认为互联网是城市优势的补充而非替代,并最终体现为集中化影响<sup>[27]</sup>。Sohn等同样发现信息技术对芝加哥地区城市空间结构的影响是以集中效应为主导<sup>[28]</sup>。Panayides等则通过假设城市居民的线上互动比周边地区更多,发现ICT技术的发展将增加面对面的互动<sup>[29]</sup>。宋周莺等研究发现信息技术促进了企业生产活动的空间集聚<sup>[30]</sup>。在信息化时代,“时间成本”促使供应商对空间邻近产生了更高需求<sup>[30-31]</sup>。吴明宇等基于杭州市新增互联网企业的数据研究发现,地方内部的集聚要素依旧显著影响着互联网企业的区位选择<sup>[32]</sup>。

然而,互联网的分散力量和集聚力量并非是一成不变的,两种力量的相对变化会导致互联网的净效应发生动态变化。已有研究没有关注到互联网对城市空间结构影响的动态变化。但组织和知识管理以及城市研究领域研究却暗示了存在动态变化的可能性<sup>[7, 10, 33-34]</sup>。

互联网影响的动态变化主要体现在两个维度,第一个维度体现在,随着渗透率的提升,互联网对城市内部就业集聚的影响可能是非线性的。具体而言,一方面,随着互联网技术的普及,其对知识的传输能力在提升<sup>[33]</sup>,替代效应的增强会弱化集聚交流的需求,进而加强互联网的分散力量。但是,另一方面,信息化加速了知识密集型城市的复兴和城市内部服务业的就业增长<sup>[9-10]</sup>,使得经济主体不仅更加依赖于面对面交流,线上交流与面对面交流之间的互补效应也会更强,而且同时增强了对集聚成本的负担能力。其背后的逻辑在于,知识密集型城市的发展推动了经济发展方式从主要依靠要素投入和以市场拓展为动力的“斯密型”增长,转变为主要依靠知识要素投入和以创新为动力的“熊彼特型”增长<sup>[35]</sup>,而创新活动的开展依赖于意会知识的投入,比如企业家精神等,由于高度意会知识至今仍无法借助信息媒介实现跨越地理空间的传输<sup>[7]</sup>,经济活动中意会知识比重的提升会直接增加经济主体对面对面交流的需求,同时增强互联网的“互补效应”与集聚力量。不仅如此,以互联网为代表的信息技术正推动着服务体系的重构与升

级,服务业在中国宏观经济和城市就业中占据越来越重要的地位<sup>[36]</sup>。而服务业对土地等生产要素的需求较低,当互联网技术进一步提升服务业企业的劳动生产率后,服务型城市将能承受更高的集聚不经济。总之,互联网技术导致的空间分散和集聚两种效应的权衡决定了互联网对城市内部就业集聚的影响是动态变化的。随着渗透率的提升,如果互联网的初始净效应与相对增强更快的那种力量为同向力量,其初始净效应将进一步增强,而如果为反向力量,其初始净效应将逐渐减弱,并最终发生方向上的变化,转为以增强更快的那种力量为净效应。因此,本文提出假说一:

H1: 总体而言,随着渗透率的提升,互联网对中国城市内部就业集聚的影响是非线性的。

动态变化的另一个维度体现在,在不同发展水平的城市,互联网渗透率影响的非线性变化特征存在差异。对于发展水平较高的城市,其城市内部原本处于集聚成本较高的状态<sup>[10]</sup>。由于城市空间结构的演变具有较强的路径依赖性,互联网技术的冲击会释放其集聚不经济,并基于替代效应产生分散化力量。但是,作为各类创新要素和资源的集聚地,发达城市也具有更高比重的知识密集型行业<sup>[37]</sup>,更高的人力资本水平和更强的创新能力<sup>[38]</sup>,其城市内部经济活动中意会知识的比重相对也更高,而内化于工人技能和认知里的意会知识的增加会使得相同的线上交流可能引发更多的面对面交流,进而导致互联网产生更强的集聚力量。因此,在互联网技术的分散力量和集聚力量的动态权衡中,由于发达城市内部经济活动意会知识的密集度提升更快,互联网对发达城市内部就业的集聚力量的增强应快于欠发达城市,当集聚力量的增强超过分散力量的增强时,互联网技术最终将促进发达城市内部的就业集聚。因此,本文提出假说二:

H2: 互联网对城市内部就业集聚的影响受城市发展水平调节,在高发展水平的城市,互联网对城市内部就业的集聚力量强于低发展水平城市。

### 3 实证策略与数据说明

为了验证上述理论假说,本文在这一部分首先构建集聚指数来测度城市内部的就业空间结构,然后设定计量模型用于考察互联网影响的动态变化,最后,结合中国实际情况,构造互联网在中国城市的工具变量,以提升因果识别的准确性。

#### 3.1 集聚指数构建

以往有关互联网对中国城市就业空间结构的影响研究,受数据可得性限制,往往使用城市企业数量占全部企业数量的比重来反映城市就业整体的集聚程度<sup>[39]</sup>,即使有少量关于城市内部空间结构的研究,也仅采用了单个城市的截面案例进行分析<sup>[20]</sup>,缺少研究采用精细且长期的面板数据对互联网的影响,尤其是这一影响的动态变化进行全国性样本分析。本文采用更精细、时间跨度更长的样本数据,能更精确、完整的捕捉互联网对城市内部就业集聚的动态影响。具体而言,本文利用2003年、2008年、2013年中国经济普查所统计的二三产业企业的就业人数,以邮区为颗粒计算了地级及以上城市市域层面就业分布的集聚指数,用以测度城市就业集聚的结构,而不仅是城市的整体就业规模,即测度城市就业在多大程度上集聚在少数几个区域还是分散在大多数区域,这与集中不同,后者是指就业向城市主中心集聚的程度。具体采用两种指标构建方法进行测度:

① 德尔塔指数<sup>[40-41]</sup>:

$$DELTA_{j,t} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_{i,t}}{E_{j,t}} - \frac{a_{i,t}}{A_{j,t}} \right| \quad (1)$$

式中： $j$ 为城市； $t$ 为年份； $i$ 为城市 $j$ 内部的邮区； $e_{i,t}/E_{j,t}$ 表示每个邮区就业占城市总就业比例； $a_{i,t}/A_{j,t}$ 表示每个邮区的面积占城市总面积的比例。德尔塔指数越大，说明相对单位面积上就业分布的差异越大，就业越集聚于1个或几个高密度的区域。

② 基尼指数<sup>[42-43]</sup>：

$$GINI_{j,t} = \sum_{i=1}^n E_{j,i,t} A_{j,i-1,t} - \sum_{i=1}^n E_{j,i-1,t} A_{j,i,t} \quad (2)$$

式中： $j$ 为城市； $t$ 为年份； $i$ 为城市 $j$ 内部的邮区； $A_{j,i,t}$ 为将邮区根据就业密度从小到大排列后，从邮区1到邮区 $i$ 的土地面积的累计占比； $E_{j,i,t}$ 为每个邮区就业份额的累计占比（该邮区加上比它密度更小的所有邮区的就业份额）。基尼指数越大，说明就业分布越集聚，即就业分布在1个或少数几个高密度区域。

### 3.2 基本计量模型设定

首先，由于随着渗透率的提升，互联网分散力和集聚力的相对变化可能会导致其净效应发生边际或方向上的变化，即互联网对城市内部就业分布的边际影响并非常数，而是随渗透率的变化而改变。为检验互联网与城市内部就业分布之间是否存在非线性关系，本文从线性模型出发进行Ramsey's RESET检验，结果显示在1%的显著性水平上拒绝“模型没有遗漏解释变量的非线性项”的原假设。为此，本文在回归模型中引入渗透率的二次项以在统一的实证框架下考察互联网的影响在边际和方向上的变化特征，这有助于避免人为设定临界点进行分样本估计所造成的估计偏差。鉴于二次项函数形式的模型设定存在无法捕捉具有多个转折点的复杂非线性关系的局限性，本文对样本数据进行了初步的散点图分析，发现渗透率和集聚指数之间存在规律性的二次项函数关系。综上，本文采用二次项函数形式检验互联网渗透率对城市内部就业分布的影响变化，构建了计量模型一：

$$\ln Y_{it} = \beta_1 \ln b_{it} + \beta_2 (\ln b_{it})^2 + \beta_3 \ln road_{it} + \beta_4 \ln L_{it} + \beta_5 \ln density_{it} + \beta_6 \ln pergd_{it} + \beta_7 \ln zrate_{it} + \beta_8 \ln wage_{it} + \beta_9 \ln gov_{it} + \gamma_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中： $Y_{it}$ 为 $i$ 城市内部、 $t$ 时期的就业集聚指数； $b_{it}$ 为互联网宽带接入渗透率（后文简称渗透率），即每百人互联网宽带接入用户数。鉴于样本期间也是中国经历快速城镇化的10年，为排除其他可能导致城市就业空间结构发生剧烈变革的多种因素的影响，本文控制了可能产生遗漏变量偏误的因素：① 考虑其他基础设施的影响，本文控制交通基础设施状况，用 $road_{it}$ 表示道路面积，为年末人均铺装道路面积。② 考虑与城市空间结构密切相关的人口因素，分别控制人口规模和人口密度。 $L_{it}$ 表示人口规模，为常住人口数量； $density_{it}$ 表示人口密度，为常住人口数量/行政区域面积。③ 考虑经济发展因素，分别控制人均GDP、产业结构和劳动力收入。 $pergd_{it}$ 表示人均实际GDP，为以2001年为基期计算的人均实际GDP； $zrate_{it}$ 表示制造业比重，为 $i$ 城市制造业年末单位从业人数在本地总就业人数中的占比； $wage_{it}$ 表示职工工资，为城镇职工平均工资。④ 考虑经济政策因素，控制政府干预程度，用 $gov_{it}$ 表示，为政府的非公共财政支出占比相对于全国均值的比例。 $\gamma_i$ 和 $\lambda_t$ 分别为城市固定效应和年份固定效应； $\varepsilon_{it}$ 为扰动项。由于以上变量原始数据均呈非正态分布，故对所有变量采用取对数处理。以下模型将除 $b_{it}$ 以外的变量统称为控制变量，且定义为 $\ln X_{it}$ 。

其次，根据理论假说H2，城市发展水平可能会影响互联网分散力和集聚力的相对变化。为了检验城市发展水平对渗透率非线性影响的调节效应，本文构建了计量模型二：

$$\ln Y_{it} = \beta'_1 \ln b_{it} + \beta'_2 (\ln b_{it})^2 + \beta_{10} \ln b_{it} \ln M_{it} + \beta_{11} (\ln b_{it})^2 \ln M_{it} + \beta_{12} \ln M_{it} + \beta \ln X_{it} + \gamma'_i + \lambda'_t + \varepsilon'_{it} \quad (4)$$

式中:  $M_{it}$ 表示城市发展水平的代理变量,为人均实际GDP,作为对互联网非线性影响的调节变量。由于调节互联网影响的因素主要源于高发展水平城市内更高的意会知识比重,为检验这一猜想,本文选择3个代理城市内部经济活动中知识密集度的具体变量作为调节变量:①作为知识密集型行业的生产性服务业比重,为*i*城市生产性服务业从业人数/全国生产性服务业从业人数;②人力资本水平,为平均受教育年限;③城市创新水平,为城市创新能力指数,该指数基于中国国家知识产权局的专利数据、国家工商局的企业注册资本数据这两部分微观大数据计算,能同时反映城市的创新和创业水平<sup>[44]</sup>。③。 $X_{it}$ 为控制变量; $\gamma_i'$ 和 $\lambda_t'$ 分别为城市固定效应和年份固定效应; $\varepsilon_{it}'$ 为扰动项。

### 3.3 工具变量构造

3.2节中计量模型估计结果的可靠性可能受到内生性问题的影响:①在人口越密集的城市内部,互联网普及也相对容易,由此导致反向因果关系;②城市政府对电信基础设施的投资,往往伴随着对交通以及其他影响空间结构的基础设施的投资,而这些遗漏变量很难完全控制,由此导致遗漏变量问题。因此,本文还采用中国相对外生的初始电话网络和Logistic曲线函数构造了工具变量,以缓解内生性问题带来的估计偏误。

有效的工具变量首先需要满足相关性假定。在中国改革开放后,原中华人民共和国邮电部在全国进行统一部署,于2000年完成了中国“八横八纵”光缆干线网的建设。根据中华人民共和国信息产业部综合规划司《中国信息产业“十五”发展规划(通信卷)》的资料显示,在“十五”期间,只需要进行扩容改造(或在原路由新建光缆)而不新增路由,后续各城市支线网络均从该干线接出。这意味着该网络构成了中国信息网络的基本框架,也就是说,中国的宽带网络的线路铺设很大程度上是在传统电话网络基础上发展起来的,满足相关性假设条件<sup>④</sup>。

进一步的,由于一项新技术的扩散会遵从Logistic曲线的形式:在前期,新技术的扩散会比较慢,而有一定规模的使用者后,技术的扩散将会加速;进入成熟期后,扩散速度将再次减缓<sup>[45-49]</sup>。本文采用Logistic曲线的函数形式来拟合互联网宽带的外生渗透过程,并假设互联网宽带的最大覆盖范围受已存在的语音电话网络基础设施的限制满足相关性要求。由于缺乏电视的接入数据,本文选用2000年固定电话作为顶值,得到每百人电话数 $\gamma_i''$ :

$$\gamma_i'' = \beta_1'' \text{telephone}_{i0} \quad (5)$$

式中:*i*表示城市; $\text{telephone}_{i0}$ 表示初始年份固定电话数,为2000年每百常住人口固定电话数。用于估计互联网渗透率的Logistic曲线函数如下所示:

$$b_{it} = \frac{\gamma_i''}{1 + \exp[-\alpha \times (t - \beta_2'')]} + \varepsilon_{it}'' \quad (6)$$

式中: $\alpha$ 代表扩散速度; $\beta_2''$ 为拐点,由于样本期间渗透率尚未到达Logistic曲线拐点,所以本文设定样本的最后一期2013年为拐点,即 $\beta_2''=2013$ 。

③ 该数据的特点:(1)创新产出,而非创新投入;(2)微观大数据,而非宏观数据;(3)专利价值,而非专利数量;(4)创新加创业,而非仅限于创新,在计算城市创新力指数时,还使用各城市新成立企业注册资本总额来衡量作为其他形式的创新产出。

④ 中国互联网宽带接入主要有ADSL、CABLE MODEM、LAN等几种方式,其中,基于xDSL接入技术的ADSL与HDSL/SHDSL宽带传输介质是普通电话线,这使ADSL宽带的传输质量很大程度上要受到传统电话线路的制约;CABLE MODEM是广播电视系统的常用接入方法,由于原来铺设的有线电视网光缆是个天然高速宽带网,所以仅对入户线路进行改造,就能提供高速网络;LAN宽带接入方式则需要重新布线,用户的实际速率受制于城域网或与互联网相连的专线速率,实际开通率很低。

其次,有效的工具变量还需要满足外生性假定。本文采用初始电话网络进行 Logistic 曲线外生拟合的方法来构造工具变量,其外生性来源于函数设定形式外生,不包含除城市初始电话数据之外的任何城市特征指标,而初始电话数据本身也是相对外生的,这是因为,首先,本文将样本期间的城市内部就业集聚指数对 2000 年的初始电话数进行回归,发现两者之间不存在显著的相关性,在统计意义上排除了二者之间的直接关联。其次,中国早期的电信基础设施主要是由中央主导,《中国统计年鉴》数据显示,截至 2000 年底中国共有 2.56 亿部电话,其中,中央国有 1.26 亿部、地方国有 0.45 亿部,两者约占电话总数的 67%。在 2000 年这个时间节点上,中国电信基础设施已较为成熟,具有很强的公共设施属性,而与城市的发展阶段及就业集聚结构等特征无关;最后,两个数据都作为 2000 年的初始数据,是滞后的历史变量,可以认为该初始数据对本文样本内 2004 年、2008 年、2013 年的城市空间结构不构成直接影响。

### 3.4 描述性统计

本文涵盖了中国 289 个城市 2004 年、2008 年、2013 年的面板数据。其中,计算集聚指数所使用的就业数据来源于中国 2004 年、2008 年、2013 年 3 次经济普查的微观数据库。3 次经济普查主要普查对象为境内从事第二、三产业活动的法人单位、产业活动单位和个体户。相关数据涉及单位邮政编码、从业人数等信息。由于全国城市具体情况不同,邮区面积差异也较大,但是全体样本中邮区面积出现的最高频率范围为 59~88 km<sup>2</sup>,次高频率范围为 28~59 km<sup>2</sup>,这为本文构造以邮区为单位的空间集聚指数提供了高精度的基础数据。其他数据则来源于历年《中国城市统计年鉴》《中国统计年鉴》和《中国城市和产业创新力报告 2017》,主要变量的描述性统计如表 1 所示。

表 1 主要变量统计描述

Tab. 1 Descriptive statistics of main variables

变量	含义	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
邮区面积	邮区面积(km <sup>2</sup> )	91668	154.231	152.881	0.740	1431.892
德尔塔指数	城市内部就业集聚程度	842	0.668	0.104	0.332	0.971
基尼指数	城市内部就业集聚程度	839	0.801	0.094	0.337	0.996
渗透率	每百人互联网宽带接入用户数	826	9.198	10.172	0.089	92.067
道路面积	年末人均铺装道路面积(m <sup>2</sup> )	832	10.139	16.617	0.790	442.950
人口规模	常住人口数量(10 <sup>4</sup> 人)	834	426.087	295.882	0.006	3358.010
人口密度	常住人口数量/行政区域面积(10 <sup>4</sup> 人/km <sup>2</sup> )	833	0.043	0.038	0.001	0.445
人均实际 GDP	城市人均实际 GDP(元)	766	23914.5	23892.7	674.034	294592
制造业比重	本地制造业人数/本地总从业人数(%)	842	25.221	13.746	1.476	81.296
职工工资	城镇职工平均工资(元)	768	21344	10350	1208	68530
政府干预程度	政府非公共财政支出/全国均值(%)	834	0.999	0.829	0.076	17.983
生产性服务业占比	城市生产性服务业从业人数/全国生产性服务业从业人数(%)	835	0.352	0.866	0.011	12.877
人力资本	平均受教育年限(年)	834	8.857	0.822	7.135	12.734
城市创新水平	城市创新能力指数	842	4.813	27.579	0	543.080
初始年份固定电话	2000 年每百人固定电话数(部/百人)	842	12.466	6.420	2.915	48.110

## 4 实证结果分析

### 4.1 互联网影响的动态变化:渗透率维度的非线性影响

为了检验理论假说 H1,本文基于计量模型一,分别以德尔塔指数、基尼指数作为集

聚指数,采用双向固定效应最小二乘法考察了互联网渗透率对城市内部就业集聚的非线性影响,结果如表2显示,仅放入渗透率的一次项时,系数不显著,而加入二次项后,渗透率的二次项系数显著且为负,表明平均而言,相较于线性影响,互联网渗透率对城市内部就业集聚存在更为显著的倒“U”型影响,对称轴位于渗透率6.4处。这意味着随着渗透率的提高,互联网的净效应由集聚力量转为分散力量。但是,由于互联网与城市就业空间结构之间可能存在内生性问题,估计结果往往是有偏且不一致的。

表2 互联网渗透率对城市内部就业集聚的非线性影响:OLS结果

Tab. 2 The non-linear impact of the Internet penetration rate on urban employment agglomeration: OLS results

变量	德尔塔指数		基尼指数	
	(1)	(2)	(3)	(4)
渗透率(ln)	0.023 <sup>*</sup> (0.012)	0.044 <sup>**</sup> (0.017)	0.012 (0.009)	0.026 <sup>**</sup> (0.011)
渗透率二次项(ln)		-0.012 <sup>***</sup> (0.004)		-0.007 <sup>***</sup> (0.003)
道路面积(ln)	0.008 (0.018)	0.002 (0.019)	0.005 (0.014)	0.002 (0.014)
人口规模(ln)	-0.247 <sup>***</sup> (0.071)	-0.303 <sup>***</sup> (0.080)	-0.150 <sup>***</sup> (0.057)	-0.184 <sup>***</sup> (0.064)
人口密度(ln)	-0.057 <sup>***</sup> (0.019)	-0.062 <sup>***</sup> (0.020)	-0.043 <sup>***</sup> (0.015)	-0.047 <sup>***</sup> (0.016)
人均实际GDP(ln)	-0.222 <sup>***</sup> (0.060)	-0.242 <sup>***</sup> (0.063)	-0.152 <sup>***</sup> (0.046)	-0.164 <sup>***</sup> (0.047)
制造业比重(ln)	0.052 <sup>***</sup> (0.019)	0.045 <sup>**</sup> (0.019)	0.045 <sup>**</sup> (0.019)	0.040 <sup>**</sup> (0.018)
职工工资(ln)	-0.035 (0.050)	-0.052 (0.050)	-0.010 (0.035)	-0.021 (0.036)
政府干预程度(ln)	-0.003 (0.018)	-0.013 (0.018)	-0.010 (0.018)	-0.016 (0.018)
观测值	759	759	756	756
R <sup>2</sup>	0.211	0.227	0.181	0.191

注:括号内均为稳健标准误差;\*\*\*、\*\*、\*分别表示1%、5%、10%的显著性水平,常数项未报告。回归模型中均已控制城市固定效应与年份固定效应。

为缓解内生性问题,本文采用工具变量对以上结果进行更为准确的估计(表3)。表3中一阶段回归结果显示,拟合系数均显著,R<sup>2</sup>为0.77,F值为2514,表明经由Logistic曲线和初始电话网络构造的工具变量拟合效果较好,不存在弱工具变量问题,因而满足工具变量相关性的要求。表3中二阶段回归结果同样显示,互联网存在显著的倒“U”型影响,但是根据回归结果计算的对称轴均在大约渗透率等于220处,这是现实中几乎不可能达到的渗透率水平。因此,互联网对城市内部就业集聚的影响仅体现在倒“U”型曲线的左侧,即互联网会促进城市内部的就业集聚。具体如图1所示,这也可能是第(1)、(3)列渗透率回归系数显著为正的原因。表2中采用OLS方法估计得到的对称轴数值较小,表明在未处理内生性问题时,互联网的分散力量较早的超过了集聚力量。可能的原因是,由于遗漏了与渗透率正相关且会促进城市内部就业分散的不可观测变量,故导致该遗漏变量对城市就业集聚的负向影响也被纳入互联网的影响,从而低估了互联网对城市就业集聚的正向影响,而工具变量较好地缓解了由此导致的估计偏误。

表3 互联网渗透率对城市内部就业集聚的非线性影响:工具变量结果

Tab. 3 The non-linear impact of Internet penetration rate on urban employment agglomeration: IV results

变量	德尔塔指数		基尼指数		多中心指数	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
A: 2SLS						
渗透率(ln)	0.217*** (0.067)	0.445*** (0.071)	0.143*** (0.050)	0.292*** (0.060)	0.808** (0.318)	0.677** (0.284)
渗透率二次项(ln)		-0.041*** (0.008)		-0.027*** (0.007)		0.024 (0.028)
B: 第一阶段回归						
初始年份固定电话( $\beta_2$ )	3.721*** (0.121)	3.721*** (0.121)	3.721*** (0.121)	3.721*** (0.121)	3.721*** (0.121)	3.721*** (0.121)
扩散速度( $\alpha$ )	0.181*** (0.007)	0.181*** (0.007)	0.181*** (0.007)	0.181*** (0.007)	0.181*** (0.007)	0.181*** (0.007)
$R^2$	0.773	0.773	0.773	0.773	0.773	0.773
F值	2514	2514	2514	2514	2514	2514
观测值	747	747	744	744	740	740
$R^2$	0.208	0.253	0.180	0.213	0.114	0.115

注: 括号内为稳健标准误差,\*\*\*、\*\*、\*分别表示1%、5%、10%的显著性水平,常数项未报告。回归模型中均已控制城市固定效应与年份固定效应。其他控制变量:道路面积(ln)、人口规模(ln)、人口密度(ln)、人均实际GDP(ln)、制造业比重(ln)、职工工资(ln)、政府干预程度(ln)。

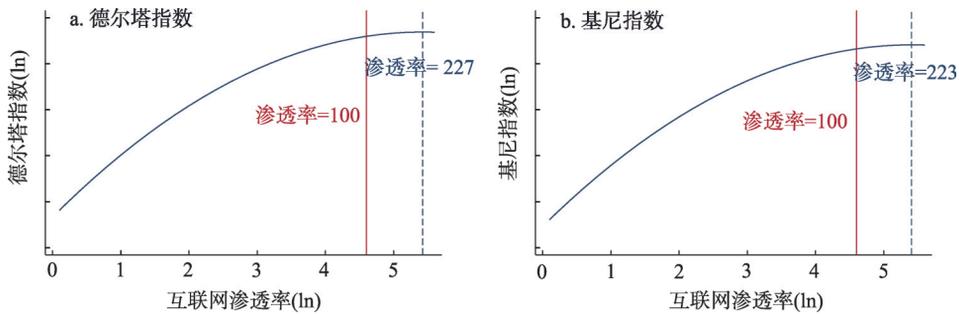


图1 互联网影响的动态变化

Fig. 1 The dynamic impact of the Internet

但是随着渗透率的提升,互联网的影响呈现为“边际递减”的变化趋势,证实了本文的假说H1。这表明互联网对中国城市内部就业的影响是以集聚力量为主导,并在分散力量的增强作用下逐渐减弱。鉴于当前传统的城市中心结构已发生变化,并朝着多中心结构发展,而多中心的形成正是单中心城市分散化的集中表现,所以本文所发现的,在以集聚效应为主导的背景下,分散力量的增强则可能印证了信息化时代,城市就业空间结构不断由单中心向多中心发展演变的趋势。为验证互联网是否推动了城市就业的空间多中心性,本文在德尔塔集聚指数的构建基础上加入了各邮区到城市主中心的距离作为权重,以构造多中心指数,该指数越大表明城市多中心程度更高<sup>⑤</sup>。将多中心指数替代集

⑤ 多中心指数的构建方法:  $S_{j,t} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_{i,t}}{E_{j,t}} - \frac{a_{i,t}}{A_{j,t}} \right| \times \frac{DCBD_{i,t}}{DCBD^*}$ , 式中j为城市;t为年份;i为城市j内部的邮区;  $e_{i,t}/E_{j,t}$  与  $a_{i,t}/A_{j,t}$  的含义与德尔塔指数相同;  $DCBD_{i,t}$  表示各邮区到主中心的距离;  $DCBD^*$  为  $DCBD_{i,t}$  的最大值;  $DCBD_{i,t}/DCBD^*$  实则相当于一个标准化过程,以去除城市范围大小的影响。该指数越大,表明城市的集聚程度越高且各邮区到主中心的距离越远,也即多中心程度越高。

聚指数进入回归,如表3第(5)~(6)列结果所示,互联网显著地促进了城市就业的多中心化,并且不存在二阶非线性关系。

#### 4.2 互联网影响的动态变化:城市发展水平的调节效应

根据假说H2,本文基于计量方程二检验了城市发展水平即人均实际GDP对互联网渗透率非线性影响的调节效应。由于城市发展水平对互联网影响的调节作用主要源于高发展水平城市内更高的知识密集度,为检验这一机制,本文分别考察了3个知识密集度的代理变量的作用,其中,生产性服务业表示本地生产性服务业就业人数在全国生产性服务业就业人数中的占比,人力资本表示平均受教育年限,创新水平表示城市创新能力指数。为了节省篇幅,直接展示工具变量法的估计结果(表4),需要说明的是OLS估计结果与工具变量法的估计结果基本一致。

从表4中结果来看,城市发展水平对互联网的影响具有调节作用,证实了本文的假说H2。具体而言,渗透率的二次项系数为负,而渗透率二次项与人均实际GDP的交乘项系数为正,表明随着城市人均实际GDP的提升,互联网的倒“U”型曲线会变得平坦,并在人均实际GDP超过73000元(30个城市)的城市样本中,互联网对就业集聚的影响将由倒“U”转为正“U”即互联网的影响是先促进就业分散,而后“边际递增”式集聚的<sup>⑥</sup>。依据表中德尔塔指数的回归结果,本文绘制具体演变过程如图2所示。

表4中知识密集度代理变量的回归结果显示,城市创新能力、生产性服务业比重与城市发展水平具有相同的调节作用,间接证明城市发展水平对互联网影响的调节作用来源于城市内部知识密集度的提升。在城市创新能力指数超过11.7(41个城市,基本为省会城市),或本地生产性服务业在全国的占比超过1.84%(8个城市:上海、北京、南京、杭州、广州、深圳、重庆、西安)时,互联网对就业集聚的影响由倒“U”转为正

表4 城市发展水平对互联网渗透率非线性影响的调节效应:工具变量结果

Tab. 4 The moderating effect of urban development level on the nonlinear impact of Internet penetration rate: IV results

变量	德尔塔指数				基尼指数			
	经济发展水平	生产性服务业	人力资本	创新水平	经济发展水平	生产性服务业	人力资本	创新水平
渗透率(ln)	1.449*** (0.360)	0.280** (0.116)	1.515* (0.841)	0.315*** (0.112)	0.844*** (0.276)	0.185** (0.091)	1.033* (0.614)	0.231** (0.092)
渗透率二次项(ln)	-0.325*** (0.086)	-0.011 (0.019)	-0.142 (0.197)	-0.032* (0.018)	-0.196*** (0.060)	-0.008 (0.014)	-0.121 (0.149)	-0.029** (0.014)
渗透率(ln)×调节变量(ln)	-0.110** (0.044)	-0.085** (0.043)	-0.546 (0.401)	-0.056** (0.025)	-0.062*** (0.013)	-0.053* (0.031)	-0.370 (0.296)	-0.031* (0.018)
渗透率二次项(ln)×调节变量(ln)	0.029*** (0.009)	0.018** (0.009)	0.058 (0.091)	0.013*** (0.004)	0.012*** (0.002)	0.014** (0.006)	0.050 (0.069)	0.008** (0.003)
调节变量(ln)	-0.132 (0.097)	0.118* (0.062)	0.751 (0.514)	0.066* (0.036)	-0.049 (0.049)	0.061 (0.048)	0.397 (0.394)	0.034 (0.027)
观测值	747	744	747	744	746	744	747	743
R <sup>2</sup>	0.280	0.239	0.279	0.230	0.269	0.233	0.267	0.223

注:括号内均为稳健标准误差;\*\*\*、\*\*、\*分别表示1%、5%、10%的显著性水平,常数项未报告。回归模型中均已控制城市固定效应与年份固定效应。其他控制变量:道路面积(ln)、人口规模(ln)、人口密度(ln)、人均实际GDP(ln)、制造业比重(ln)、职工工资(ln)、政府干预程度(ln)。

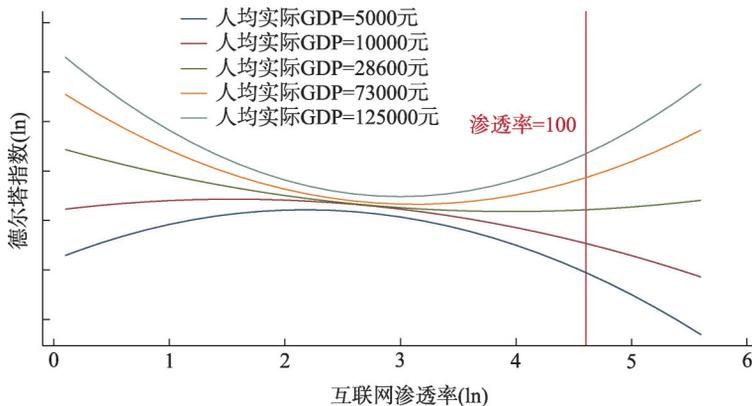


图2 城市发展水平对互联网动态影响的调节效应

Fig. 2 The moderating effect of urban economic development level on the dynamic impact of the Internet

“U”。而人力资本水平的调节效应不显著可能是因为以在校学生数计算的平均受教育年限并不能很好代表城市的人力资本水平。

以上结果表明,随着渗透率的提升,互联网对城市内部就业集聚存在动态影响,并且这一影响受城市发展水平调节。但与假说H2中“在高发展水平的城市,互联网对城市内部就业的集聚力量强于低发展水平城市”的猜想略有不同,互联网在渗透初期对高发展水平城市产生了短暂的分散化力量。可能的解释是,由于高发展水平城市原本处于集聚成本较高的状态,在互联网引入的初期,技术冲击会短暂释放其集聚不经济,空间接近的需求减弱。但是,随着互联网的持续渗透,发达城市内部经济活动的知识密集度提升会更快,对面对面交流互动的依赖更深,互联网的集聚力量也会相应更强,并最终超过分散力量成为主导效应,产生“边际递增”式的集聚力量。由于经济发达和创新能力较强的城市,往往也是互联网的渗透率较高城市,这些城市大多已进入互联网的集聚化影响阶段。而对于欠发达城市,由于其城市内部就业仍处于有待集聚的状态,互联网则更可能被使用作为交流互动的补充而不是替代,进而导致互联网的影响以集聚效应为主。在这种意义上,互联网只是加快了城市空间结构在原有路径上的演变速度。

## 5 结论

为深入探索互联网对城市内部就业集聚影响的净效应尤其是其动态变化,本文将互联网对就业分布产生的正反两个方向的影响及其相对变化纳入分析框架,利用289个地级市2004年、2008年、2013年中国3次经济普查的微观数据进行实证检验。研究发现:①平均而言,互联网对城市内就业空间结构存在显著集聚作用,但随着互联网渗透率的提高,其集聚作用呈现“边际递减”趋势,而城市就业的空间多中心性不断提升,即就业向远离城市主中心的次中心集聚。这表明随着渗透率的提升,互联网分散力和集聚力的相对变化会导致其影响的净效应在平均水平上呈现为集聚化影响,并在持续增强的分散力的作用下呈现为边际递减的趋势。而这一趋势可能源于互联网推动了城市的单中心结构向多中心演变。②在经济发展水平较高、创新能力较强、生产性服务业比重较高的城市,互联网的持续渗透促进了就业先短暂分散而后“边际递增”式集聚。前期分散是由于这些发达城市存在较高的集聚不经济,互联网的应用释放了其城市内部的集聚不经济,而后期集聚则表明在知识密集度较高的城市,随着互联网的渗透,互联网的集聚力

量会超过分散力量。总体而言,伴随着互联网的持续渗透与城市发展,互联网将强化城市作为生产和交流中心的优势,成为城市就业集聚的助力者,同时推动城市就业向多中心结构演变。

鉴于历史上历次技术革命对于城市空间结构影响的深远性,以及当前互联网对社会影响的无所不在和正显示出的巨大威力,本文相关研究结论对于未来城市的空间规划和战略部署具有重要的政策含义。

(1) 相对于人们普遍认知的互联网会产生分散力量,本文研究发现互联网促进了城市内部的就业集聚,并且随着渗透率的提高与城市发展,这一集聚趋势在未来仍将持续。因而,在城市规划或城市空间战略中,政府不能盲目的以城市区域的蔓延扩张为基础来安排土地、功能和基础设施,更应该以科学的城市空间结构预测为基础,未雨绸缪,尤其是为特大和超大城市集聚可能带来的拥挤、污染等城市病问题做准备,积极通过供给侧的结构性改革包括提升城市公共服务能力、提高城市轨道交通网密度等措施来提升城市的集聚承载力,以顺应客观经济规律,满足城市发展需要。

(2) 因地制宜,因城施策。对于渗透率已经跨过正“U”型曲线对称轴的发达城市,应借助互联网带来的集聚优势,为其打造知识创造与信息交流中心的城市功能定位营造更为适宜的环境,积极布局建设区域性创新高地,完善科技创新支持体制,并以信息化、数字化进一步推进产业基础高级化、城市治理现代化,提升城市的集聚质量与经济效益。对于欠发达城市,互联网设施的投资同样可以为集聚企业、发展经济提供新动力、新机遇。但集聚企业只是第一步,有别于发达城市,由于欠发达城市自身产业基础薄弱,地方政府应致力于完善区内公共服务和产业配套设施,为其城市内部企业集聚发展的良性循环提供支撑。

本文回应了长久以来信息化对城市空间形态的影响争议,指出互联网总体而言增加了城市内部的集聚力量。与已有静态研究不同,本文从动态视角,考察了互联网对城市内部就业集聚的影响会如何随互联网和城市的发展而发生变化,不仅深入分析了互联网动态影响的内在机制,也采用更精细且长期的数据进行了实证检验,提升了研究结论的科学性。本文的不足在于,受数据可得性限制,实证研究所涉及的样本数据仅涵盖了2004年、2008年、2013年,若后续能获得2018年中国经济普查微观数据,作者将进一步验证本文相关结论。

致谢:感谢匿名审稿专家提出的建设性意见。

## 参考文献(References)

- [1] Liu Weidong. Development of the Internet in China: Spatial characteristics and implications. *Geographical Research*, 2002, 21(3): 347-356. [刘卫东. 论我国互联网的发展及其潜在空间影响. *地理研究*, 2002, 21(3): 347-356.]
- [2] Liu Weidong, Zhen Feng. Spatial implications of new information and communication technologies. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(S1): 67-76. [刘卫东, 甄峰. 信息化对社会经济空间组织的影响研究. *地理学报*, 2004, 59(S1): 67-76.]
- [3] Zhen Feng, Zhai Qing, Chen Gang, et al. Mobile social theory construction and urban geographic research in the information era. *Geographical Research*, 2012, 31(2): 197-206. [甄峰, 翟青, 陈刚, 等. 信息时代移动社会理论构建与城市地理研究. *地理研究*, 2012, 31(2): 197-206.]
- [4] O'Brien R. *Global Financial Integration: The End of Geography*. New York: Council on Foreign Relationship Press, 1992.
- [5] Cairncross F. *The Death of Distance: How the Communications Revolution is Changing Our Lives*. Boston, M A: Harvard Business School Press, 2001.
- [6] Dadashpoor H, Yousefi Z. Centralization or decentralization? A review on the effects of information and communication

- technology on urban spatial structure. *Cities*, 2018, 78: 194-205.
- [7] Panahi S, Watson J, Partridge H. Towards tacit knowledge sharing over social web tools. *Journal of Knowledge Management*, 2013, 17(3): 379-397.
- [8] Gaspar J, Glaeser E L. Information technology and the future of cities. *Journal of Urban Economics*, 1998, 43(1): 136-156.
- [9] Kolko J. Can I get some service here? information technology, service industries, and the future of cities. *SSRN Electronic Journal*, 1999. DOI: 10.2139/ssrn.985712.
- [10] Glaeser E L. Urbanization and its discontents. *Eastern Economic Journal*, 2020, 46(2): 191-218.
- [11] Fujita M, Thisse J F. *Economics of Agglomeration: Cities, Industrial Location, and Globalization*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [12] Marshall A. *Principles of Economics*. London: Macmillan, 1920.
- [13] Davis D R, Dingel J I. A spatial knowledge economy. *American Economic Review*, 2019, 109(1): 153-170.
- [14] Duranton G, Puga D. Micro- foundations of urban agglomeration economies. *Handbook of Regional and Urban Economics*, 2004, 4: 2063-2117.
- [15] Czamanski D, Broitman D. Information and communication technology and the spatial evolution of mature cities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2017, 58: 30-38.
- [16] Shen Q. Transportation, telecommunications, and the changing geography of opportunity. *Urban Geography*, 1999, 20(4): 334-355.
- [17] Nilles J M. Telecommuting and urban sprawl: Mitigator or inciter? *Transportation*, 1991, 18(4): 411-432.
- [18] Tayyaran M R, Khan A M. The effects of telecommuting and intelligent transportation systems on urban development. *Journal of Urban Technology*, 2003, 10(2): 87-100.
- [19] Rachmawati R, Rijanta R, Djunaedi A. Location decentralization due to the use of information and communication technology: Empirical evidence from Yogyakarta, Indonesia. *Human Geographies: Journal of Studies and Research in Human Geography*, 2015, 9(1): 5-15.
- [20] Qin X, Zhen F, Zhu S J. Centralisation or decentralisation? Impacts of information channels on residential mobility in the information era. *Habitat International*, 2016, 53: 360-368.
- [21] Liu Yu. Revisiting several basic geographical concepts: A social sensing perspective. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(4): 564-575. [刘瑜. 社会感知视角下的若干人文地理学基本问题再思考. *地理学报*, 2016, 71(4): 564-575.]
- [22] Glaeser E L. *Triumph of the City*. London: Macmillan, 2011.
- [23] Huang Xinnan, Sun Bindong, Zhang Tinglin. The influence of geographical distance on the dissemination of internet information in the internet society. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(4): 722-735. [黄鑫楠, 孙斌栋, 张婷麟. 地理距离对互联网社会中网络信息传播的影响. *地理学报*, 2020, 75(4): 722-735.]
- [24] Wang Bo, Zhen Feng, Xi Guangliang, et al. A study of cybergeography based on micro-blog users relationship: With a case of Sina micro-blog. *Geographical Research*, 2013, 32(2): 380-391. [王波, 甄峰, 席广亮, 等. 基于微博用户关系的网络信息地理研究: 以新浪微博为例. *地理研究*, 2013, 32(2): 380-391.]
- [25] Wang Bo, Zhen Feng. The role of distance in online social networks: A case study of Sina micro-blog. *Progress in Geography*, 2016, 35(8): 983-989. [王波, 甄峰. 网络社区交流中距离的作用: 以新浪微博为例. *地理科学进展*, 2016, 35(8): 983-989.]
- [26] Yang Xiaoyan, Zhang Qiuluan, Lu Zi, et al. Description of distance decay patterns of tourism websites information flow and calculation of its concentration. *Geography and Geo-information Science*, 2010, 26(6): 88-91. [杨小彦, 张秋雯, 路紫, 等. 旅游网站信息流距离衰减形态描述与集中度计算. *地理与地理信息科学*, 2010, 26(6): 88-91.]
- [27] Sinai T, Waldfogel J. Geography and the Internet: Is the Internet a substitute or a complement for cities? *Journal of Urban Economics*, 2004, 56(1): 1-24.
- [28] Sohn J, Kim T J, Hewings G J D. Information technology impacts on urban spatial structure in the Chicago region. *Geographical Analysis*, 2002, 34(4): 313-329.
- [29] Panayides A, Kern C R. Information technology and the future of cities: An alternative analysis. *Urban Studies*, 2005, 42(1): 163-167.
- [30] Song Zhouying, Ding Jianghui, Liu Weidong, et al. Spatial implication of new information and communication technologies on small and medium-sized enterprises: A case study of clothing industry. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(4): 435-444. [宋周莺, 丁疆辉, 刘卫东, 等. 信息技术对中国服装企业空间组织的影响. *地理学报*, 2009, 64(4): 435-444.]

- [31] Song Zhouying, Liu Weidong. The challenge of wide application of new information and communication technologies to traditional location theory. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(4): 479-489. [宋周莺, 刘卫东. 信息时代的企业区位研究. *地理学报*, 2012, 67(4): 479-489.]
- [32] Wu Mingyu, Wang Mingfeng, Zhou Wei, et al. The spatial impact of fame: The giant enterprise and top university for the location choices of Internet start-ups in Hangzhou. *Urban Development Studies*, 2020, 27(3): 117-123, 140. [吴明宇, 汪明峰, 周巍, 等. 明星的空间效应: 名企名校与杭州互联网创业的区位选择. *城市发展研究*, 2020, 27(3): 117-123, 140.]
- [33] Tranos E. Social network sites and knowledge transfer: An urban perspective. *Journal of Planning Literature*, 2020, 35(4): 408-422.
- [34] Maeng D M, Nedovic-Budic Z. Urban form and planning in the information age: Lessons from literature. *Spatium*, 2008 (17-18): 1-12. DOI: 10.2298/SPAT0818001M.
- [35] Aghion P, Howitt P. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 1992, 60(2): 323-351.
- [36] Jiang Xiaojuan. Growth of service industries: True meaning, multiple influences and trend. *Economic Research Journal*, 2011, 46(4): 4-14, 79. [江小涓. 服务业增长: 真实含义、多重影响和发展趋势. *经济研究*, 2011, 46(4): 4-14, 79.]
- [37] Greenfield H I. *Manpower and the Growth of Producer Services*. New York: Columbia University Press, 1966.
- [38] Hong I, Frank M R, Rahwan I, et al. The universal pathway to innovative urban economies. *Science Advances*, 2020, 6(34): eaba4934. DOI: 10.1126/sciadv.aba4934.
- [39] An Tongliang, Yang Chen. How the Internet is reshaping China's economic geography: Micro mechanism and macro effects. *Economic Research Journal*, 2020, 55(2): 4-19. [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. *经济研究*, 2020, 55(2): 4-19.]
- [40] Massey D S, Denton N A. Suburbanization and segregation in United-States metropolitan areas. *American Journal of Sociology*, 1988, 94(3): 592-626.
- [41] Galster G. On the nature of neighbourhood. *Urban Studies*, 2001, 38(12): 2111-2124.
- [42] Gordon P, Richardson H W, Wong H L. The distribution of population and employment in a polycentric city: The case of Los Angeles. *Environment & Planning A*, 1986, 18(2): 161-173.
- [43] Small K A, Song S. Population and employment densities: Structure and change. *Journal of Urban Economics*, 1994, 36(3): 292-313.
- [44] Kou Zonglai, Liu Xueyue. FIND report on city and industrial innovation in China (2017). Research Center of Industrial Development, Fudan University, 2017. [寇宗来, 刘学悦. 中国城市和产业创新力报告2017. 复旦大学产业发展研究中心, 2017.]
- [45] Czernich N, Falck O, Kretschmer T, et al. Broadband infrastructure and economic growth. *The Economic Journal*, 2011, 121(552): 505-532.
- [46] Li Jiawei, Wu Sixu. Internet, population scale and China's economic growth: From the city perspective. *Contemporary Finance & Economics*, 2020(1): 3-16. [李杰伟, 吴思栩. 互联网、人口规模与中国经济增长: 来自城市的视角. *当代财经*, 2020(1): 3-16.]
- [47] Wu S X, Wang P P, Sun B D. Can the Internet narrow regional economic disparities?. *Regional Studies*, 2022, 56(2): 324-337.
- [48] Wang Y, Sun B D, Wu S X, et al. Can the internet reshape the national city size distribution? Cross-country evidence. *Papers in Regional Science*, 2021, 100(5): 1254-1272.
- [49] Zhang T L, Sun B D, Li W, et al. Information communication technology and manufacturing decentralisation in China. *Papers in Regional Science*, 2022. DOI: 10.1111/pirs.12660.

## The dynamic impact of the Internet on intra-urban employment distribution in Chinese cities

WU Sixu<sup>1,2,3,4</sup>, SUN Bindong<sup>1,2,3,4</sup>, ZHANG Tinglin<sup>1,2,3,4</sup>

(1. Research Center for China Administrative Division, East China Normal University, Shanghai 200241, China;

2. Institute of Eco-Chongming, Shanghai 202162, China; 3. School of Urban and Regional Science,

East China Normal University, Shanghai 200241, China; 4. Future City Lab,

East China Normal University, Shanghai 200241, China)

**Abstract:** This paper aims to reveal the net effect and its dynamic changes of the Internet on intra-urban employment distribution. Firstly, we incorporate the relative changes of the Internet's dispersion and agglomeration force into the analytical framework of the dynamic impact of the Internet on intra-urban employment distribution, and propose corresponding theoretical hypothesis. Secondly, we use the micro-data of 22.47 million enterprises in 289 prefecture-level cities in China's Economic Census in 2004, 2008 and 2013, and take postal districts as the basic spatial unit to construct the employment agglomeration index. To alleviate endogeneity, we construct instrumental variables with the "8-horizontal and 8-longitudinal" optical cable trunk network and the functional form of the exogenous logistic curve, and re-estimate the results. The results show that, on average, the Internet can significantly promote intra-urban employment agglomeration, but with the increase of Internet penetration rate, its promotion effect is characterized as "marginal diminishing", while the spatial multi-centricity of urban employment continues to increase. For cities with a high economic development level, the increase in Internet penetration rate promotes temporary dispersion of intra-urban employment and then "marginal increasing" agglomeration. Thus, this paper concludes that along with the continuous penetration of the Internet and the development of cities, the increase of the agglomeration force of the Internet will exceed the increase of the dispersion force, thereby reinforcing the city's strengths as a center of production and exchange to be a facilitator of urban employment agglomeration, while driving the evolution of urban employment towards a polycentric structure. This paper contributes to the existing literature by revealing, for the first time, the changing characteristics of the Internet's impact on the spatial structure of urban employment with the continuous penetration of the Internet, as well as the heterogeneity of its manifestations in cities at different levels of development, and offers a new explanation for the inability of existing studies to reach consistent conclusions on the diversified impact of the Internet with a rigorous analytical paradigm and a dynamic perspective. The findings of this paper are of great significance for predicting the spatial distribution of economic activities in future cities and guiding spatial planning.

**Keywords:** Internet; dispersion; agglomeration; intra-urban employment distribution; dynamic impact; China