

# 数字冲击下异质性劳动力空间再配置与经济福利

徐邵军, 刘修岩, 周君婷

**[摘要]** 伴随着人口红利优势消失,劳动力迁移弹性对劳动力空间供给的作用持续减弱。如何发展数字经济,进而充分挖掘劳动力供给潜力、促进劳动力空间迁移,已成为强化劳动与创新要素互补、提升劳动力空间配置效率,并最终实现共同富裕亟须解决的问题。本文构建包含异质性劳动力与数字资本双层嵌套的量化空间均衡模型,从数字要素与劳动要素替代、互补的层面,揭示了劳动力空间再配置以及劳动技能结构空间分布的内在机理,并发现劳动力供给对数字冲击的反应存在空间异质性。进一步对因数字资本和异质性劳动力替代、互补关系改变带来的福利效应进行量化评估发现,数字资本与非技能型劳动力之间的替代程度增强,尽管能够提升技能型劳动力的均衡效用,但不利于提升非技能型劳动力的均衡效用,导致经济增长萎缩;对于城市如何因地制宜地发展数字产业,大城市应注重产业结构配置的相对完整,避免一味地替代简单劳动力,而中小城市应更加注重发展创新产业来提升数字资本密集度。此外,基于2005年、2015年全国1%人口抽样调查微观数据的实证检验发现,目前中国数字产业布局决定的要素配置特征对促进弱势群体就业的正向作用更为明显。本文认为,需要尊重城市特征,结合城市劳动力禀赋和技能结构,以促进要素互补为原则选择适宜的数字产业布局模式,因地制宜地发展新质生产力。

**[关键词]** 数字互补; 劳动力空间再配置; 技能空间分布; 量化空间均衡模型

**[中图分类号]** F124 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2024)11-0024-19

## 一、引言

党的二十届三中全会指出,要健全高质量充分就业促进机制,持续促进就业质的有效提升和量的合理增长。然而,伴随着外部环境的剧变和中国进入经济结构调整的阵痛期,经济增长和居民劳动收入份额提升正在面临全新的挑战,劳动力供给已失去无限供给弹性的人口红利优势,落入了劳动力资源“蓄水池”尚未干涸、就业压力持续增大的困境。劳动力空间流动的迁移弹性对提升总体

**[收稿日期]** 2024-05-06

**[基金项目]** 国家社会科学基金重大项目“新发展格局下长三角一体化大市场研究”(批准号22&ZD066);国家社会科学基金青年项目“共同富裕目标下异质性劳动力流动的机制与福利效应研究”(批准号23CJL027);中国博士后科学基金面上项目“异质性劳动力流动、要素空间配置与地区经济差距——基于动态量化空间均衡的研究”(批准号2023M740614)。

**[作者简介]** 徐邵军,东南大学经济管理学院博士后,经济学博士;刘修岩,东南大学经济管理学院教授,博士生导师,经济学博士;周君婷,东南大学经济管理学院博士研究生。通讯作者:刘修岩,电子邮箱:lxiuyan320@seu.edu.cn。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

劳动力供给规模所起的作用也开始下降(程杰和朱钰凤,2021),只能依靠增加劳动时间来维持劳动供给潜力(焦张义等,2020)。同时,在以数字经济为代表的新质生产力冲击下,创新要素究竟是对劳动力产生替代(柏培文和张云,2021),持续恶化劳动力供给规模和本地就业状况,还是与劳动力形成互补(刘甲楠和邢春冰,2024),改善劳动力空间供给弹性和结构,目前尚不得知。此外,现实中劳动力迁移对劳动力供给的作用还受到劳动力空间配置效率和城市特征的影响。这表明,即使创新要素与劳动力能够互补并提升劳动生产率,也存在着大量城市尽管试图通过发展创新要素来提升劳动力供给规模和生产效率,但最终受限于城市特征约束造成就业政策不理想的状态。由于经济增长依赖劳动生产率提升,因此,识别进入新时期以来技术冲击对劳动力空间配置结构的影响,以及充分理解制约劳动力空间配置效率的关键因素,成为充分挖掘劳动力空间供给潜力、发挥创新要素提升劳动生产率、促进经济高质量发展亟须解决的问题。

在劳动力供给弹性、迁移弹性下降双重叠加,劳动参与率和劳动时间潜在挖掘空间有限的背景下,发展以数字资本为代表的创新生产要素,通过提升创新水平来促进劳动力空间配置结构的优化成为劳动生产效率跃升、挖掘经济增长新动能的首要选择。但是,若想通过发展数字经济促进劳动力空间配置结构优化,需要厘清以下两个问题:一是数字经济的发展能否普遍提升劳动力供给规模和迁移弹性、优化技能的空间配置结构。该问题决定了提升生产效率和优化城市空间形态,是否有必要发展数字经济。二是即使识别出数字经济对劳动力供给规模的正向作用,仍需探究劳动力空间配置对数字冲击的反应是否存在空间异质性。该问题决定了究竟是应当充分尊重城市特征、因地制宜地发展数字经济,还是忽略城市禀赋的限制、秉持先下手为强的理念。

有关数字技术进步和劳动力空间配置的关系,学术界尚未形成统一的结论。数字经济发展能否扩张劳动力供给规模,取决于数字要素对劳动力的替代效应、生产率效应以及新任务创造效应(Begenau et al., 2018)的相对大小。从要素之间相互作用的角度看,多数研究认为,数字经济发展有利于提升高技能劳动者的供给弹性和规模(蔡跃洲和陈楠,2019;叶胥等,2021),而对中低技能劳动者供给的影响与区域发展程度(陈斌开和马燕来,2021)和产业结构有关(郭东杰等,2022)。数字技术的应用能推动生产方式向自动化、智能化进化,与简单劳动力之间天然存在替代性,同时会降低城市对低技能流动人口的吸纳意愿,推动其向灵活就业身份转换,加剧低技能劳动群体之间的竞争(尤济红和梁浚强,2023)。因此,数字经济发展会降低中低技能劳动力的迁移弹性,导致供给规模下降(Acemoglu and Pascual, 2022),增加中高技能劳动力供给规模,促进技能结构升级(戚聿东等,2020)。而从数字经济发展对就业匹配影响的角度看,一方面,数字经济降低了就业市场的信息不对称,提高了就业岗位的技能适配程度,进而提升了劳动力供给的稳定性(周慧碧,2024);另一方面,数字经济能够通过增加城市就业岗位、提升就业质量、破除就业信息流动阻碍,从而提升劳动力迁移弹性,优化“人才—岗位”匹配程度,有利于缓解就业市场“内卷”(刘渝琳和李晓梅,2023),充分释放城市的人才红利(冯烽和崔琳昊,2023),扩大劳动力供给规模。此外,数字经济对劳动力供给、迁移的规模和弹性的影响也受到具体区域的影响,区域一体化程度的提高和数字效率的外部溢出效应均会降低劳动力迁移摩擦,进而提升劳动力的空间迁移弹性。

通过对现有文献的梳理发现,关于数字经济发展对劳动力流动、空间配置结构影响的探索,已有研究普遍认为数字要素能够和技能型劳动力形成有机互补,提升城市技能型劳动力供给规模和流动弹性,但对非技能型劳动力的流动弹性和规模的影响,则取决于该地区生产性服务业和生活性服务业的发展水平。换言之,数字经济对技能型劳动力流动的促进作用主要通过数字—技能互补渠道发挥,而数字经济是否能够促进非技能型劳动力流动,则取决于具体的城市特征。但需要

注意的是,地区生产性服务业和生活性服务业的发展水平,本质上体现了当地数字资本和非技能型劳动力之间替代、互补的特征和程度。换言之,数字资本和异质性劳动力之间的替代、互补关系是决定异质性劳动力空间流动的关键。另外,若数字资本和劳动要素的互补同时引发不同劳动群体的同向流动,那么城市特征如何影响异质性劳动力的空间分布?不同劳动群体之间的交互作用如何内生影响特定劳动群体的流动规模和方向,目前鲜有文献涉及。同时,即使识别出数字资本对劳动力空间配置的影响,改变数字资本对异质性劳动力的替代、互补特征是否意味着能够提升数字技术对劳动力供给弹性的正向促进作用,以及劳动力在城市间充分流动是否能够带来福利的改善,尚无研究对此给出准确的回答。由于需要对数字要素和异质性劳动群体之间的替代、互补效应进行量化,同时需要对数字资本扩张带来的异质性劳动力空间分布形态进行甄别,并对异质性劳动力流动和区域福利水平变动之间的相互耦合机制进行深入阐释,本文尝试在统一的量化空间均衡模型框架下,通过在生产端引入数字资本,以及按照技能差异对劳动力群体进行异质性区分,量化异质性劳动力空间供给和流动规模,并对数字资本规模扩张,以及数字资本和异质性劳动力替代弹性变化带来的福利效应进行量化评估,从而为共同富裕和数字经济客观发展需求下的劳动力有序流动提供政策建议。

相较于以往的研究,本文潜在的边际贡献在于:①深化了数据要素和异质性劳动力空间分布关系的理论研究。在量化空间一般均衡框架下,通过对数字要素和异质性劳动力进行双层嵌套,刻画了数字资本对异质性劳动力的替代、互补特征,揭示了数字要素对异质性劳动力空间再配置的作用机制,克服了现有实证研究难以对要素流动、城市特征等诸多因素的内生互动关系进行全局层面识别的局限性。②对劳动力供给弹性的空间异质性给出了理论阐述。基于提出的理论框架,对不同城市的数字资本规模施加同质冲击,模拟了该冲击下异质性劳动力的空间再配置特征,从而识别出异质性劳动力空间配置结构对不同城市数字冲击的反应差异,揭示出城市特征是影响异质性劳动力空间流动效率和劳动力配置结构的内在因素。③检验了数字经济对异质性劳动力的影响渠道。本文采用反事实分析方法,量化评估了数字要素和异质性劳动力替代、互补程度的变化对劳动群体效用增进、经济产出和劳动力空间配置效率改善的具体作用,为探索政府对数字产业的空间布局、引导异质性劳动力流动进而改善空间配置效率的可行路径提供了理论指导。

## 二、数字资本影响异质性劳动力空间配置的理论机制

本部分构建量化空间一般均衡模型,重点分析数字资本作为生产要素与异质性劳动力替代、互补特征对劳动力空间布局的影响机制。立足于 Redding and Rossi-Hansberg(2017)、Fan(2019)等提出的量化空间均衡框架,本文引入双层嵌套的 CES 生产函数,对要素之间的互动关系重新表述。同时,通过引入数字资本,以及划分技能异质性的劳动群体,描述数字资本与不同劳动群体之间的替代、互补如何造成劳动力技能结构对数字经济冲击的空间异质性反应。

考虑一个存在两种不同劳动群体的封闭经济:技能型劳动力  $s$  和非技能劳动力  $n$ 。每个劳动力根据迁移成本、地区物价水平、收入水平、主观的居住舒适度和异质性偏好(Diamond, 2016),决定是否从原来的户籍地向未来潜在的工作居住地流动。异质性劳动力都受雇于当地唯一的厂商,其产品可跨地区贸易。经济体存在中央政府和地方政府。中央政府对各地区配置建设用地指标,地方政府得到中央划拨的建设用地指标后,根据特定的地方政府发展偏向确定最优的工业用地比例和住房用地比例。地区通过收缴的本地工业用地和住房用地的出让金,支付当地的公共支出。

### 1. 异质性劳动力偏好

假设每个地区  $j$  的技能型劳动力  $s$  (初始规模为  $S_j$ ) 和非技能劳动力  $n$  (初始规模为  $N_j$ ) 通过消费一般商品  $c_{ij}$  和购买住房服务  $h_{ij}$ , 以及享受当地的公共物品  $g_j$  来获得效用。效用函数的具体形式为:

$$U_{ij} = \varepsilon_{ij} \left( \frac{c_{ij}}{\varphi_j} \right)^{\varphi_i} \left( \frac{h_{ij}}{1 - \varphi_j} \right)^{1 - \varphi_i} \frac{g_j^\mu}{mc_{-j,i}} \quad (1)$$

其中,  $i$  代表异质性劳动力的群体, 即  $i \in (s, n)$ ;  $\varphi_i \in (0, 1)$ , 表明一般消费品在个体效用中的相对重要程度;  $\varepsilon_{ij}$  为个体  $i$  对地区  $j$  的选择偏好。假设  $\varepsilon_{ij}$  相互独立且服从 Fréchet 分布 (Eaton and Kortum, 2002)。由于异质性劳动力的工资议价能力和落户壁垒存在显著差异, 因此, 不同劳动群体对城市的选择偏好存在差异。设技能型劳动力的异质性偏好参数  $\varepsilon_s$  满足  $F_\varepsilon(x) = \exp(-x^{-1/\kappa_s})$ , 非技能型劳动力的异质性偏好参数  $\varepsilon_n$  满足  $F_\varepsilon(x) = \exp(-x^{-1/\kappa_n})$ , 且  $\kappa_s, \kappa_n \in (0, 1)$ ;  $mc_{-j,i}$  为异质性劳动者从其城市迁移到  $j$  城市所面临的迁移摩擦。该迁移摩擦包含了劳动力流动过程中的距离和时间成本, 以及流入  $j$  城市面临的落户成本 (刘修岩和李松林, 2017);  $g_j$  和参数  $\mu$  共同决定了地区舒适度,  $g_j$  受到地区公共服务水平  $G_j$  和地区人口规模带来的拥挤效应的影响。具体形式为:

$$g_j = \frac{M_{ij} G_j}{S_j + N_j} \quad (2)$$

其中,  $M_{ij}$  表示异质性劳动力  $i$  在城市  $j$  主观感受的舒适度参数。由于异质性劳动力落户壁垒、落户成本、可使用的公共物品规模和受到的拥挤效应存在显著差异 (方颖和白秀叶, 2022), 因此, 不同劳动群体对城市的主观舒适度感受不同, 即  $M_{sj} \neq M_{nj}$ ; 分母  $S_j + N_j$  表明了地区人口规模的拥挤效应。

每个劳动力  $i$  在工资收入  $w_{ij}$ 、所得税支出  $\tau$ 、住房服务支出、一般商品消费支出的收支约束下最大化其即期效用。假设每个个体均提供 1 单位劳动, 因此, 劳动力  $i$  的名义收入即为工资率  $w_{ij}$ 。相应地, 劳动力  $i$  在地区  $j$  的收支约束为:

$$\text{s.t. } p_j c_{ij} + Q_{hj} h_{ij} = (1 - \tau) w_{ij} \quad (3)$$

其中,  $p_j$  为  $j$  地区的一般商品价格;  $Q_{hj}$  为  $j$  地区住房服务价格;  $h_{ij}$  为劳动力的住房消费面积;  $\tau$  为地区收入所得税率。劳动力效用最大化预示着其关于一般商品  $c_{ij}$  和住房  $h_{ij}$  的最优需求为:

$$c_{ij} = \varphi_i (1 - \tau_j) w_{ij} \quad (4)$$

$$p_{hj} h_{ij} = (1 - \varphi_i) (1 - \tau_j) w_{ij} \quad (5)$$

出于求解简便, 设定一般商品价格  $p_j$  为价格基准, 地区  $j$  的住房相对价格为  $p_{hj} = Q_{hj} / p_j$ 。同时, 考虑到地方政府存在房价限制, 以及土地供需对住房价格的影响, 设定地区  $j$  的住房价格满足:

$$p_{hj} = q_j (S_j + N_j) / L_{hj} \quad (6)$$

其中,  $q_j$  表示  $j$  地区房价规制强度, 该参数取值越大, 表明政府对该地区住房出售行为的管控越严格, 房价越高; 人口规模  $(S_j + N_j)$  和住房用地配置规模  $L_{hj}$  表明, 地区劳动力数量越多、住宅用地面积越少, 地区的住房价格越高。

设定地区住宅用地总面积为  $L_{hj}$ , 则  $j$  地区单个劳动力的住房消费面积  $h_{ij}$  满足:

$$S_j h_{sj} + N_j h_{nj} = L_{shj} + L_{nhj} = L_{hj} \quad (7)$$

其中,  $L_{shj}$  为技能型劳动力居住用地总量;  $L_{nhj}$  为非技能型劳动力居住用地总量。由此, 劳动力  $i$  在地区  $j$  的间接效用  $V_{ij}$  可表示为劳动者异质性偏好  $\varepsilon_{ij}$ 、地区  $j$  的生活成本 (相对房价水平  $p_{hj}$ )、劳动收入  $w_{ij}$ 、地区居住舒适度  $M_{ij}$  和  $g_j$  以及房价管制  $q_j$  等因素的函数:

$$V_{ij} = \frac{\varepsilon_{ij}(1 - \tau_j)M_{ij}^\mu G_j^\mu q^{\varphi-1} L_h^{1-\varphi} (S_j + N_j)^{\varphi-1} w_{ij}}{mc_{-j,j}} \quad (8)$$

需要说明的是,  $mc_{-j,j}$  是当劳动力发生跨地区流动过程中产生的迁移成本。若劳动力并未在地区间流动, 即劳动力在户籍地生活和工作, 则此时迁移成本  $mc_{-j,j}=1$ 。

## 2. 异质性劳动力流动

劳动力选择工作和居住地是基于最大化效用, 即当劳动力  $i$  在  $k$  地区的间接效用  $V_{ik}$  大于其在  $j$  地区的间接效用  $V_{ij}$  时, 劳动力会从  $j$  地区向  $k$  地区流动 ( $j \neq k$ )。由此, 其他地区的劳动力  $i$  因地区间接效用的差异选择迁移到  $j$  地区的概率  $\text{Pr}_{-ij}$  为:

$$\text{Pr}_{-ij} = \frac{\left[ \varepsilon_{ij}(1 - \tau_j)M_{ij}^\mu G_j^\mu q^{\varphi-1} L_h^{1-\varphi} (S_j + N_j)^{\varphi-1} w_{ij} \right]^{1/\kappa_i} mc_{-j,j}^{-1/\kappa_i}}{\sum_{k=1}^Z \left[ \varepsilon_{ij}(1 - \tau_j)M_{ij}^\mu G_j^\mu q^{\varphi-1} L_h^{1-\varphi} (S_j + N_j)^{\varphi-1} w_{ij} \right]^{1/\kappa_i} mc_{-j,k}^{-1/\kappa_i}} \quad (9)$$

当异质性劳动力流动达到均衡状态时, 劳动力  $i$  在不同地区间的合意效用水平  $E(U_i)$  为:

$$E(U_i) = \Gamma(1 - \kappa_i) \left\{ \sum_{k=1}^Z \left[ \varepsilon_{ij}(1 - \tau_j)M_{ij}^\mu G_j^\mu q^{\varphi-1} L_h^{1-\varphi} (S_j + N_j)^{\varphi-1} w_{ij} \right]^{1/\kappa_i} mc_{-j,k}^{-1/\kappa_i} \right\}^{\kappa_i} = \bar{U}_i \quad (10)$$

其中,  $Z$  表示其他城市数量;  $\bar{U}_i$  为均衡效用水平;  $\Gamma(\cdot)$  为伽马函数。

式(9)和式(10)表明, 劳动力  $i$  的迁移决策受到个体偏好 ( $\kappa_i$ )、城市房价规制程度 ( $q, L_h$  的配置规模)、地区不同用途的土地分配方案 ( $L_h$  和  $L_p$  的相对比例)、地区公共支出水平 ( $G_j$ )、在  $j$  地区可获得的劳动收入 ( $w_{ij}$ ) 以及城市拥挤效应 (异质性劳动力规模) 影响。结合劳动力迁移决策和间接效用函数, 可得异质性劳动力空间分布方程为:

$$S_j \left( \frac{\bar{U}_s}{\Gamma(1 - \kappa_s)} \right)^{1/\kappa_s} = \left[ (1 - \tau_j)M_{ij}^\mu G_j^\mu q^{\varphi-1} L_h^{1-\varphi} (S_j + N_j)^{\varphi-1} w_{ij} mc_{-j,j}^{-1} \right]^{1/\kappa_s} \bar{S} \quad (11)$$

$$N_j \left( \frac{\bar{U}_n}{\Gamma(1 - \kappa_n)} \right)^{1/\kappa_n} = \left[ (1 - \tau_j)M_{ij}^\mu G_j^\mu q^{\varphi-1} L_h^{1-\varphi} (S_j + N_j)^{\varphi-1} w_{ij} mc_{-j,j}^{-1} \right]^{1/\kappa_n} \bar{N} \quad (12)$$

## 3. 典型厂商生产行为

每个城市的典型生产厂商通过积累数字资本  $D$  和物质资本  $K$ , 雇佣异质性劳动力  $S$  和  $N$  以及租赁土地进行生产。本文设定厂商生产技术整体满足 C-D 函数形式, 同时借鉴 Klump and Grandville (2000)、Maliar and Tsener (2020) 建模思路, 采取双层嵌套的 CES 生产函数来刻画数字要素与异质性劳动之间的替代、互补关系。生产函数满足如下形式:

$$Y_j = A_j \left[ \pi \text{Dig}_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \pi) N_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}} L_{p,j}^\beta K_j^{1-\alpha-\beta} \quad (13)$$

其中,  $Y_j$  为地区  $j$  的总产出;  $A_j$  为  $j$  地区生产率;  $L_{p,j}$  和  $K_j$  分别为  $j$  地区投入生产的工业用地和物质资本存量;  $\alpha, \beta$  分别为相应生产要素的产出贡献份额;  $\text{Dig}_j$  为地区数字资本和技能型劳动力的组合, 形式上满足:

$$\text{Dig}_j = \left[ \lambda D_j^{\frac{\rho-1}{\rho}} + (1 - \lambda) S_j^{\frac{\rho-1}{\rho}} \right]^{\frac{\rho}{\rho-1}} \quad (14)$$

其中,  $\sigma$  为数字资本和技能型劳动力复合而成的“数字劳动力”与非技能型劳动力之间的替代弹性参数,  $\rho$  为数字资本和技能型劳动力之间的替代弹性参数, 且  $\sigma, \rho > 0$ 。当  $\rho < 1$  时, 表明数字资本与技能型劳动力之间存在绝对互补关系, 反之则表明数字资本和技能型劳动力之间存在替代关系; 当  $\sigma < 1$  时, 表明数字资本和技能型劳动力复合而成的“数字劳动力”  $\text{Dig}$  与非技能型劳动力之间存在绝对互补关系, 反之则表明二者之间存在替代关系; 若  $\rho < \sigma$ , 则表明技能型劳动力与数字资本之间

存在相对互补性。 $\lambda, \pi \in (0, 1)$ , 表示相应要素(组合)投入份额的标准化参数。

对上述生产函数关于技能型劳动力  $S_j$ 、非技能型劳动力  $N_j$  和物质资本  $K_j$  求偏导, 可得到技能型劳动力和非技能型劳动力的工资, 以及物质资本的回报率分别为:

$$w_{sj} = \alpha \lambda \pi A_j [\pi Dig_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \pi) N_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}} Dig_j^{\frac{\rho(\sigma-1)}{\sigma(\rho-1)}} L_{pj}^\beta K_j^{1-\alpha-\beta} S_j^{\frac{1}{\sigma}} \quad (15)$$

$$w_{nj} = \alpha (1 - \pi) A_j [\pi Dig_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \pi) N_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}} Dig_j^{\frac{\rho(\sigma-1)}{\sigma(\rho-1)}} L_{pj}^\beta K_j^{1-\alpha-\beta} N_j^{\frac{1}{\sigma}} \quad (16)$$

$$\bar{r}_{kj} = (1 - \alpha - \beta) A_j [\pi Dig_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \pi) N_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}} L_{pj}^\beta K_j^{-\alpha-\beta} \quad (17)$$

其中,  $w_{sj}$  表示技能型劳动力的工资;  $w_{nj}$  表示非技能型劳动力的工资;  $\bar{r}_{kj}$  表示资本收益率。

#### 4. 政府行为

中央政府对各地区建设用地指标  $L_j$  进行分配; 地方政府根据特定的发展目标决定不同用途的土地配置比例。对于地方政府而言, 其试图在经济发展和居民生活效用水平之间权衡。借鉴 Ottaviano and Ypersele (2004)、段巍等 (2020), 引入地方政府的效用函数:

$$\max_{C_j, L_j^s, L_j^h, L_j^i} (H_j \int_{\varepsilon_j} U_{ij} dF_\varepsilon)^{\theta_j} (N_j \int_{\varepsilon_j} U_{ij} dF_\varepsilon)^{\xi_j} (Y_j)^{1-\xi_j} \quad (18)$$

其中,  $\theta_j, \xi_j, (1-\theta_j-\xi_j) \in [0, 1]$  表明地方政府发展偏向,  $\theta_j$  越大, 地方政府越注重人才吸引;  $\xi_j$  越大, 地方政府越注重中等收入群体的民生效用;  $(1-\theta_j-\xi_j)$  越大, 地方政府越注重经济发展。因此, 技能型劳动力住房用地  $L_{sj}$ 、非技能型劳动力的住房用地  $L_{nj}$  和工业用地  $L_{pj}$  的出清条件满足:

$$\bar{L}_j = L_{pj} + L_{sj} + L_{nj} \quad (19)$$

地方政府的收入源于所得税收入(为了简便计算, 假设不存在上缴中央的部分)和地方政府土地使用权的出让收入(包括工业用地出让收入和住房用地出让收入); 地方政府的支出包括提供当地的公共物品支出。由此, 地方政府在如下收支约束下最大化其效用函数:

$$G_j = \tau_j (w_{sj} S_j + w_{nj} N_j) + p_{hj} (L_{sj} + L_{nj}) + r_{pj} L_{pj} \quad (20)$$

#### 5. 空间均衡分析

地方政府出让住房用地获得的收入和总产出之间的关系满足:

$$p_j^h (L_{sj}^h + L_{nj}^h) = \alpha (1 - \tau) [\pi (1 - \lambda) (1 - \varphi_s) + (1 - \pi) (1 - \varphi_n)] Y_j \quad (21)$$

进一步, 结合等式  $r_j^p L_{pj}^p = \beta Y_j$ , 可以得到地方政府支出和总产出的关系满足:

$$G_j = \alpha [\pi (1 - \lambda) (1 - \varphi_s + \tau \varphi_s) + (1 - \pi) (1 - \varphi_n + \tau \varphi_n)] Y_j = a_j Y_j \quad (22)$$

其中,  $a_j$  为  $j$  地区的公共支出占总产出的比率。将其代入式(18)求解地方政府最优目标函数, 可得到地方政府对不同用途的土地分配数量分别为:

$$L_{pj} = \frac{\beta [(\mu + 1)(\theta_j + \xi_j) + (1 - \theta_j - \xi_j)]}{\theta_j (1 - \varphi_s) + \xi_j (1 - \varphi_n) + \beta [(\mu + 1)(\theta_j + \xi_j) + (1 - \theta_j - \xi_j)]} \bar{L}_j \quad (23)$$

$$L_{hj} = \frac{\theta_j (1 - \varphi_s) + \xi_j (1 - \varphi_n)}{\theta_j (1 - \varphi_s) + \xi_j (1 - \varphi_n) + \beta [(\mu + 1)(\theta_j + \xi_j) + (1 - \theta_j - \xi_j)]} \bar{L}_j \quad (24)$$

$$\frac{L_{sj}}{L_{nj}} = \frac{\theta_j (1 - \varphi_s)}{\xi_j (1 - \varphi_n)} \quad (25)$$

其中,  $L_{pj}$  表示最优工业用地数量;  $L_{hj}$  表示最优住房用地数量;  $L_{sj}/L_{nj}$  表示均衡状态下技能型劳动力和非技能型劳动力的住房消费比例。上式表明,  $j$  地区的土地分配受到政府发展倾向、土地工业价值、居民住房偏好和公共服务水平的影响, 而与城市拥挤效应无关。

空间均衡下同质劳动力的效用水平相等。不考虑劳动力增长的情况,将不同用途土地份额代入异质性劳动力空间分布式(11)和式(12),可得均衡状态下异质性劳动力空间分布:

$$\begin{aligned} \ln S_j = & \frac{1}{sc} \ln BS_j + \frac{1+\mu}{sc(\alpha+\beta)} \ln A_j + \frac{\mu}{sc} \ln M_{sj} + \frac{\beta(1+\mu)}{sc(\alpha+\beta)} \ln L_{pj} + \frac{1-\varphi_s}{sc} (\ln L_{hj} - \ln q) \\ & + \left( \frac{\alpha\sigma(1+\mu)}{sc(\sigma-1)(\alpha+\beta)} - \frac{1}{sc} \right) \ln [\pi Dig_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\pi)N_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}] + \left( \frac{(\sigma-1)\rho}{sc(\rho-1)\sigma} - \frac{1}{sc} \right) \ln Dig_j \\ & + \frac{\varphi_s - \mu - 1}{sc} \ln(S_j + N_j) + \frac{1}{sc} (\kappa_s \ln \bar{S} + \ln \Gamma_s) - \frac{1}{sc} \ln mc_{-ij} - \frac{1}{sc} \ln \bar{U}_s \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \ln N_j = & \frac{1}{nc} \ln BN_j + \frac{1+\mu}{nc(\alpha+\beta)} \ln A_j + \frac{\mu}{nc} \ln M_{nj} + \frac{\beta(1+\mu)}{nc(\alpha+\beta)} \ln L_{pj} + \frac{1-\varphi_n}{nc} (\ln L_{hj} - \ln q) \\ & + \left( \frac{\alpha\sigma(1+\mu)}{nc(\sigma-1)(\alpha+\beta)} - \frac{1}{nc} \right) \ln [\pi Dig_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\pi)N_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}] \\ & + \frac{\varphi_n - \mu - 1}{nc} \ln(S_j + N_j) + \frac{1}{nc} (\kappa_n \ln \bar{N} + \ln \Gamma_n) - \frac{1}{nc} \ln mc_{-ij} - \frac{1}{nc} \ln \bar{U}_n \end{aligned} \quad (27)$$

其中,  $sc=\kappa_s+1/\rho$ 、 $nc=\kappa_n+1/\sigma$ ;  $BS_j$ 和  $BN_j$ 分别为厂商生产参数、公共支出比率  $a_j$ 以及要素投入份额构成的参数,具体形式为:

$$BS_j = (1-\tau) \left( \frac{1-\alpha-\beta}{\bar{r}_k} \right)^{\frac{(1+\mu)(1-\alpha-\beta)}{\alpha+\beta}} \frac{\lambda\pi\alpha}{\alpha+\beta} a_j^\mu \quad (28)$$

$$BN_j = (1-\tau) \left( \frac{1-\alpha-\beta}{\bar{r}_k} \right)^{\frac{(1+\mu)(1-\alpha-\beta)}{\alpha+\beta}} \frac{\alpha(1-\pi)}{\alpha+\beta} a_j^\mu \quad (29)$$

上述异质性劳动力流动的动态方程表明,地区公共承载能力、主观舒适度等因素决定的城市流动壁垒,政府部门决定的土地配置和房价规制程度,城市数字资本规模对异质性劳动力空间分布存在单调线性影响(取决于具体参数),而数字资本与异质性劳动力之间的替代、互补性对空间分布的作用则更为复杂。整体上,当数字资本与非技能型劳动力之间的替代性增强时,非技能型劳动力的均衡效用降低的程度要比技能型劳动力降低的程度更大。但由于均衡效用变化引发的非技能型劳动力城市间流动和空间重置又会在劳动力规模决定的排他性影响下对技能型劳动力的流动和集聚的路径依赖产生影响,因此,在数字资本规模扩张、数字技术冲击下,城市劳动力技能结构取决于数字要素和异质性劳动力之间的替代、互补关系,即特定的数字技术、数字产业布局决定了异质性劳动力的空间分布结构。若城市希望吸引更多技能型劳动力,以此优化城市劳动力技能结构,则有必要大力发展高端的数字研发、数字建设产业;而若城市希望在短期内发挥人口禀赋优势,则需要加强数字服务业的投入,强化城市数字平台建设,扩张共享经济规模。

### 三、模型参数校准与估计

对异质性劳动力空间分布及其均衡福利进行量化评估之前,需要对模型的参数  $\{\varphi_s, \varphi_n, \tau, \mu, \sigma, \rho, \lambda, \pi, \alpha, \beta, \bar{r}_k, \kappa_s, \kappa_n\}$ , 以及城市特征变量  $\{A_j, a_j, \theta_j, \xi_j, mc_{-ij}, M_{ij}\}$  进行估计,从而使理论模型更好地匹配现实数据。模型的相关参数取值及规则见表1。<sup>①</sup>

<sup>①</sup> 参数取值以及城市特征变量估计更为详细的说明参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

表1 模型相关参数取值及规则

参数性质	参数及取值	经济含义	数据来源与依据
劳动行为	$\varphi_s=0.210$	技能型劳动力每期对住房服务消费比重	2020年人口普查数据
	$\varphi_n=0.155$	非技能型劳动力每期对住房服务消费比重	《中国城市统计年鉴》(2020)
	$\kappa_s=0.343$	技能型劳动力异质性偏好分布均值	2020年家庭追踪调查数据库
	$\kappa_n=0.268$	非技能型劳动力异质性偏好分布均值	
	$U_s$	技能型劳动初始效用水平	2020年人口普查数据
	$U_n$	非技能型劳动初始效用水平	
政府行为	$\tau=0.150$	所得税率	《中国统计年鉴》(2020)
	$\mu=0.700$	公共支出外部性	赵扶扬等(2017)
生产参数	$(1-\alpha-\beta)=0.400$	资本产出份额	Hsieh and Moretti(2019)
	$\gamma=0.100$	土地产出份额	Tombe and Zhu(2019)
	$\lambda=0.460$	数字资本投入份额的标准化参数	Maliar and Tsener(2020)
	$\pi=0.600$		
	$\rho=0.600$	数字资本和技能型劳动力相对替代弹性	雷钦礼和王阳(2017)、段巍等(2023)
	$\sigma=1.600$	数字劳动和非技能型劳动力相对替代弹性	
	$r_k=0.2008$	资本收益率	Bai et al.(2006)、段巍等(2020)

对于劳动力技能的划分,本文按照学历水平对劳动力技能进行界定:设定高中及以下的劳动力为非技能型劳动力,本科及以上学历的劳动力为技能型劳动力。

对于数字资本规模的测度,考虑到数字化信息资本包括软件产品与数据库,而软件产品已被视为固定资产,并被纳入现有的GDP核算体系中,因此,本文借鉴田侃等(2016)、段巍等(2023)的测算方法,将软件业务收入作为数字化信息资本投资,数据来源于《中国电子信息产业统计年鉴》(2020)。考虑到《中国电子信息产业统计年鉴》(2020)公布的是省份层面数据,而软件业务收入与相关行业从业人员数量呈正向关系,因此,将各省份的软件业务收入,按照该省份各城市信息传输、计算机服务和软件业从业人员占比作为权重进行拆分,得到城市层面的数字资本规模。

对于城市特征变量的估计,就城市生产效率 $A_j$ 而言,由于设定资本跨地区自由流动,因此,借鉴Desmet and Rossi-Hansberg(2013)的做法,将外生的资本回报率 $\bar{r}_k$ 、产出 $Y_j$ 、异质性劳动力雇佣规模 $S_j$ 和 $N_j$ 代入式(13)和式(17),可反解出城市生产效率的解析式为:

$$A_j = \frac{Y_j^{\alpha+\beta} \bar{r}_k^{1-\alpha-\beta}}{(1-\alpha-\beta)^{1-\alpha-\beta} [\pi Dig_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\pi)N_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}} L_{pj}^{\beta}} \quad (30)$$

将2020年相应变量的值代入式(30),可得到城市生产效率 $A_j$ 。

就房价规制系数 $q_j$ 而言,将2020年各城市房价 $p_{hj}$ 、住房用地规模 $L_{hj}$ 以及各城市异质性劳动力规模 $S_j$ 、 $N_j$ ,代入式(6),可得到各城市相应的房价规制系数;就地方政府政策偏向性参数 $\theta_j$ 和 $\xi_j$ 而言,由于本文区分了异质性劳动力和地方政府对异质性劳动群体的政策偏向,因此,在校准该参数过程中,借鉴赵扶扬和陈斌开(2021)的做法,计算地方政府对当地产出 $Y_j$ 的政策偏向 $(1-\theta_j-\xi_j)$ ,由此得到 $(\theta_j+\xi_j)$ 的值。结合异质性劳动力消费偏好 $\varphi_s$ 和 $\varphi_n$ ,代入式(23)和式(24),可得到地方政府对异质性劳动力的政策偏向;就城市公共支出比率 $a_j$ 而言,根据2020年各城市统计年鉴公布的数据,城市政府公共支出和城市地区生产总值比值即为该城市的公共支出比率。

对于迁移摩擦 $mc_{-j,j}$ ,参考刘修岩和李松林(2017)的做法,根据2020年第七次人口普查数据可计算出迁移概率和基于流动人口的迁移摩擦。



对于异质性劳动力的主观舒适度参数  $M_i$ , 参考 Desmet and Rossi-Hansberg (2013), 结合设定的异质性劳动力初始均衡效用水平, 将 2020 年各城市异质性劳动力实际规模代入式 (26) 和式 (27), 可反解得到异质性劳动力对各个城市 2020 年的主观外生舒适度水平。

本文采用 2020 年城市层面数据对上述变量进行逐一处理。其中, 异质性劳动力规模以及相应的消费行为数据来源于《人口普查统计年鉴》(2020); 土地相关数据来源于《中国城市建设统计年鉴》(2020), 其中, 生产性用地数据为“工业用地”“仓储用地”和“对外交通用地”的面积加总; 地方政府相关数据源于《中国城市统计年鉴》(2020); 数字资本数据来源于《中国电子信息产业统计年鉴》(2020)。出于数据完整性的考虑, 对西藏和云南地区各城市的数据进行剔除。

#### 四、数字冲击与异质性劳动力空间再配置的反事实分析

完成参数校准与估计后, 本文对数字冲击下劳动力空间再配置进行量化分析。在具体量化计算过程中, 借鉴 Monte et al. (2018) 的思路, 按照以下步骤进行分析。首先, 本文对每个城市逐一施加 5% 的数字资本规模增长冲击。对每个城市数字资本规模扩张进行一次量化仿真, 这样便可以得到 76729 个观测样本。其次, 在模拟过程中, 本文对数字资本规模扩张带来的各个城市异质性劳动力空间再配置分别进行量化计算, 并针对异质性劳动力空间重置的结果进行核密度统计和空间堆叠。若空间堆叠的核密度图变化趋势平缓、形状相似, 则可认为不同城市数字资本规模扩张带来的劳动力流动特征并不存在空间异质性, 城市发展数字经济并不需要考虑城市特征或资源禀赋的约束。反之, 则说明数字资本规模扩张对劳动力流动的影响存在明显的空间异质性, 需要结合具体的城市特征因地制宜地发展数字经济。相关的计算结果见图 1、图 2。

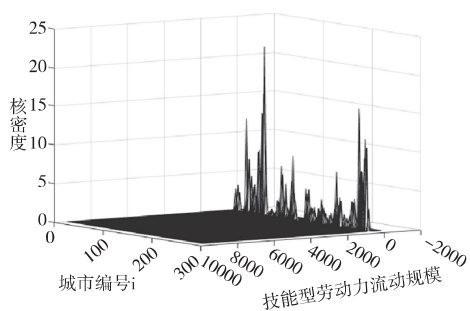


图1 技能型劳动力供给规模核密度

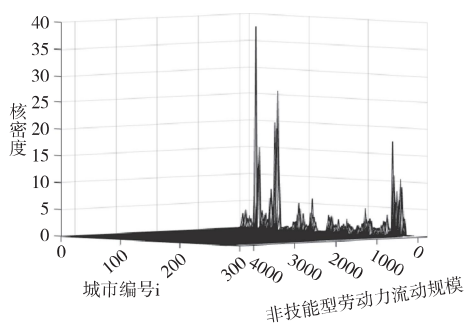


图2 非技能型劳动力供给规模核密度

图 1、图 2 分别描述了异质性劳动力的城市间配置在数字资本规模冲击下的空间重构核密度图。对于技能型劳动力而言, 京津地区周边城市数字资本规模冲击会使得技能型劳动力空间流动和城市供给呈现出多极化分布趋势。非技能型劳动力供给和空间流动的多极化分布趋势则更加明显。整体而言, 重庆、成都、贵阳等西部中心地区数字资本规模提升对劳动力供给空间重塑作用最大, 会引发其他地区劳动力大规模流出。长三角地区数字资本规模提升带来的劳动力供给空间重塑程度显著高于内陆地区。上述异质性劳动力配置的空间特征表明, 即使面对相同的外部冲击, 但劳动力空间流动效率和劳动力空间配置结构会因城市特征的不同而产生空间异质性。

进一步, 本文探讨当数字资本与异质性劳动力的替代、互补性发生变化时, 异质性劳动力空间

分布以及福利效应会怎样变化。本文设计4种反事实情形：①全国范围内数字资本对非技能型劳动力的替代性增强；②全国范围内数字资本对非技能型劳动力的相对互补程度提高(替代性减弱)；③大城市数字资本和非技能型劳动力的替代性增强；④中小城市数字资本和非技能型劳动力的替代性增强。对于情形1,本文设定数字资本和非技能型劳动力之间的相对替代弹性参数 $\sigma$ 为1.4;对于情形2,本文设定数字资本和非技能型劳动力之间的相对替代弹性参数 $\sigma$ 为1.8;对于情形3,本文设定一线城市、新一线城市和二线城市数字资本和非技能型劳动力之间的相对替代弹性参数 $\sigma$ 为1.4;情形4与情形3相对,本文除设定上述城市外,其他城市的数字资本和非技能型劳动力之间的相对替代弹性参数 $\sigma$ 为1.4。相关的反事实结果见表2和图3、图4。

表2 数字资本对劳动空间供给和福利效应的影响

要素替代弹性变化	GDP变动(%)	均衡效用		劳动重新分配比率(%)	
		技能劳动力	非技能劳动力	技能劳动力	非技能劳动力
与非技能劳动替代程度加强	-19.1191	5.1285	0.9635	16.5069	24.0938
与非技能劳动互补程度加强	16.2788	4.2569	3.0999	19.0075	14.8137
大城市替代性增强	-14.0731	5.1200	1.6911	17.6326	43.9191
中、小城市替代性增强	1.9685	5.0445	1.3256	18.9827	57.6982

注:异质性劳动力均衡效用为绝对值,并无单位。

表2的反事实结果表明,数字资本和非技能型劳动力之间替代弹性变化能够显著影响异质性劳动力的空间分布结构和均衡福利。当数字技术冲击强化了数字资本、技能型劳动力等创新要素对非技能型劳动力的替代时,创新要素对简单劳动力的大规模替代对经济增长的负向影响十分明显,GDP下降约20%。该结果表明,经济产出需要充分尊重产业相依性,尽管数字资本对简单劳动力大规模替代提升了数字密集程度,但失去实体生产要素支撑,仍然难以单纯地通过创新要素驱动经济增长。此外,由于数字资本替代了大部分非技能型劳动力,非技能型劳动力无论个体工资水平还是群体劳动报酬份额都会产生较大的萎缩,在新的均衡状态下非技能型劳动力的均衡效用会显著下降。与之相对的是,非技能型劳动力与数字资本的互补性相对加强,由此带来均衡效用的显著增长。

进一步,本文分析了当数字技术冲击削弱了数字资本、技能型劳动力等创新要素对非技能型劳动力的替代时(相对互补性加强)的福利效应。结果表明,数字要素和非技能型劳动力之间替代性降低(相对互补性加强)带来的经济效应十分明显,GDP增长约16.28%。同时,当数字资本和非技能型劳动力之间的替代性降低时,技能型劳动力的均衡效用会受损,而非技能型劳动力的均衡效用会提升。原因在于,数字资本与非技能型劳动力的替代降低,相当于二者之间相对互补程度提升,导致技能型劳动力和非技能型劳动力之间的相对替代增强。对于厂商而言,使用非技能型劳动力拥有成本和规模层面的优势,因此,数字资本与非技能型劳动力相对互补性增强会削弱技能型劳动力的福利水平。

图3描述了数字资本和非技能型劳动力的替代、互补特征变化后,异质性劳动力以及劳动技能结构的分布状态。其中,实线表示数字资本和非技能型劳动力替代程度( $\sigma=1.4$ )加强的反事实结果,虚线表示数字资本和非技能型劳动力互补程度加强的反事实结果( $\sigma=1.8$ )。结果表明,当数字资本和非技能型劳动力之间的替代性逐渐降低时,非技能型劳动力的空间分布形态呈扁平化趋势,而技能型劳动力的空间分布形态则表现出相对集中的趋势。其中的机制在于,技能型劳动力向大城市集聚能够为非技能型劳动力带来正向溢出,尤其是当数字资本对非技能型劳动力的替代性降低,大城市对非技能型劳动力的挤出效应也随之削弱,因此,非技能型劳动力的空间分布更加极

化,大城市的非技能型劳动力集聚规模有所上升。而对于技能型劳动力而言,大城市拥挤效应、异质性劳动力之间的挤出效应均会因非技能型劳动力的集聚而提升,因此,技能型劳动力的空间分布倾向于向中等城市集中。最终,异质性劳动力空间分布的相对均衡结果是,城市技能结构空间分布曲线相对外扩,即劳动力技能的空间配置结构得到优化,由此促进经济增长。

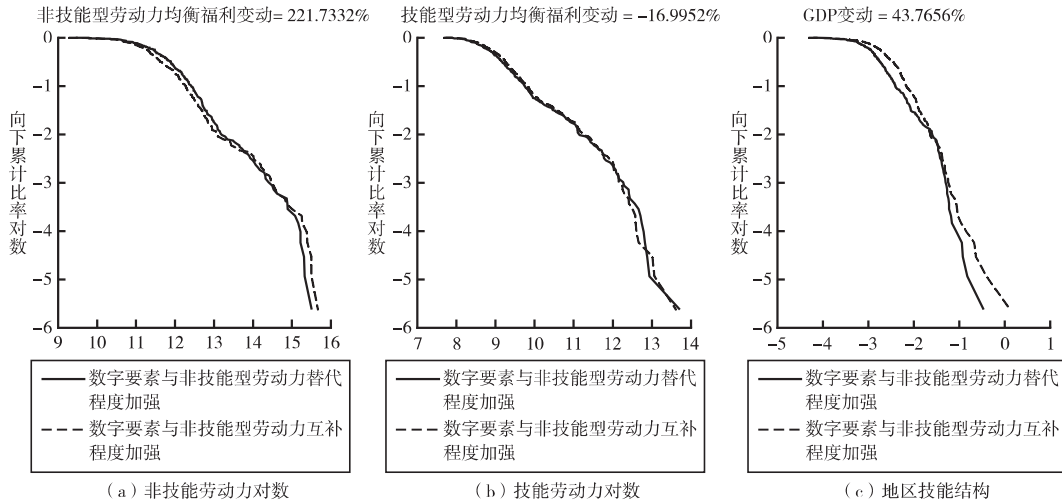


图3 数字要素与非技能型劳动力互补、替代性变化

对于“如何因地制宜地发展新质生产力”这一问题的回答,本文通过改变不同规模的城市数字资本和非技能型劳动力之间的替代弹性,对相关情形的福利效应进行量化评估。表2结果表明,当大城市更加专注于发展和非技能型劳动力替代性较强的数字产业时,数字资本密集程度加深不利于经济增长,大城市的生产效率优势反而会因为非技能型劳动力的流出而丧失,尽管大城市数字资本对非技能型劳动力的替代能够促进技能型劳动力均衡效用的提升,但不利于非技能型劳动力的福利改善。与之对应的是,当中小城市数字资本和非技能型劳动力之间的替代增强时,尽管数字资本对非技能型劳动力的替代极大地削弱了非技能型劳动力的均衡效用(新的均衡效用水平为1.3256),但能够带来技能型劳动力均衡效用的提升和经济产出的增加。

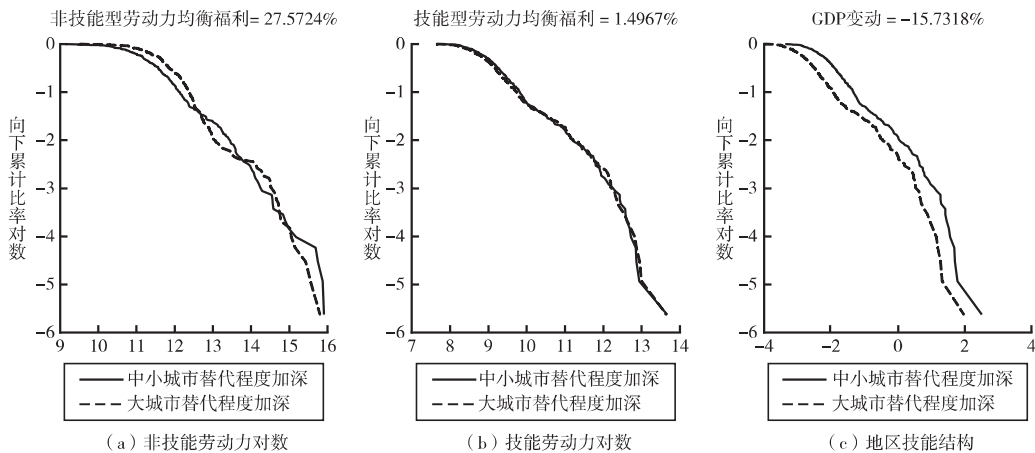


图4 不同城市数字要素与非技能型劳动力替代性变化

图4描述了不同规模的城市发生数字—劳动替代后,异质性劳动力以及劳动力技能结构的  
空间分布状态。其中,虚线表示大城市数字资本和非技能型劳动力替代程度( $\sigma=1.4$ )加强的反事实结  
果,实线表示中小城市数字资本和非技能型劳动力替代程度加强的反事实结果( $\sigma=1.8$ )。结果表  
明,大城市数字资本和非技能型劳动力之间的替代性增强,会使得非技能型劳动力空间分布的集中  
化和技能型劳动力空间分布的扁平化。其中的机制在于,非技能型劳动力因大城市替代弹性增强  
而开始向中小城市流动,非技能型劳动力的空间分布形态变得更加均匀,而大城市也因此丧失了劳  
动力供给规模的优势。最终,城市技能结构的形态曲线会在异质性劳动力流动的共同作用下  
向内移动,进而造成经济产出的萎缩。换言之,大城市在发展数字经济过程中应当更加注重产业结  
构的相对完整,中小城市应更加注重发展创新产业来提升数字资本密集度。

上述反事实分析对数字替代、数字互补影响异质性劳动力空间供给结构进行了探讨。目前大  
量研究认为,数字经济的发展能够促进劳动力供给的增加。从反事实分析结果可以看到,数字基础  
设施的建设、数字资本规模的扩张未必会普遍增加城市劳动供给规模。提升城市劳动力供给规模  
依赖技术进步带来的创新要素与传统劳动力替代、互补结构,城市间必要的产业结构差异是决定数  
字资本促进劳动力流动、均衡效用增长和经济发展的关键,过度追求数字投资、提升数字密集程度  
未必有利于创新要素和劳动力之间的有机结合。此外,劳动力供给的提升也未必预示着福利效应  
的普遍改善和资源分配的合理化。只有合理的城市间数字产业布局,及其引致的数字资本和劳动  
力之间合理的替代、互补关系,才能带来恰当的劳动力空间供给和技能空间分布形态,在发挥要素  
互补的同时扩大数字共享和技术溢出效应,减缓对简单劳动力的替代,促进异质性劳动群体福利改  
善、劳动力供给和技能结构优化以及经济增长三个目标之间的和谐统一。

## 五、数字经济与异质性劳动力空间再配置的实证检验

理论模型的一个重要结论在于,数字经济带来的劳动力城市间流动和空间再配置与城市产业  
结构决定的要素互补、替代密切相关,且异质性劳动力流动对数字经济的反映也存在显著区别。对  
此,本部分利用长差分模型对异质性劳动力空间流动和数字效率之间的机制进行实证检验。

### 1. 实证设计

具体而言,本文分别针对城市间劳动力流动总规模(不区分技能异质性)、城市间技能型劳动力  
流动规模和城市间非技能型劳动力流动规模,构建如下三组长差分模型:

$$\Delta mig_c = \sigma + \theta \Delta digital_c + \gamma_i \Delta X' + \varepsilon_i \quad (31)$$

$$\Delta mig\_skill_c = \sigma + \theta \Delta digital_c + \gamma_i \Delta X' + \varepsilon_i \quad (32)$$

$$\Delta mig\_unskill_c = \sigma + \theta \Delta digital_c + \gamma_i \Delta X' + \varepsilon_i \quad (33)$$

其中, $c$ 为城市, $\Delta mig$ 为城市劳动力流动总规模变化; $\Delta mig\_skill$ 为城市技能型劳动力流动规模  
变化; $\Delta mig\_unskill$ 为城市非技能型劳动力流动规模变化; $\Delta digital$ 为城市数字效率水平变化; $\Delta X'$ 为  
一系列控制变量的差分,具体包括人口密度、市场潜能、职工平均工资、产业结构和地区经济发展水  
平; $\sigma$ 为常数项; $\theta$ 和 $\gamma_i$ 为相关变量的待估参数; $\varepsilon_i$ 为区域固定效应。

### 2. 变量构造及数据选取

本部分以城市劳动力流动规模作为被解释变量。前文理论模型着重强调数字资本规模的变化  
对异质性劳动空间供给的影响,而劳动力的城市间流动是决定劳动空间供给、城市规模的关键,因  
此,本部分设定被解释变量为城市劳动力流动规模,并针对劳动力技能异质性,进一步划分为城市

技能型劳动力流动规模和城市非技能型劳动力流动规模。需要说明的是,本部分对流动劳动力内涵的界定是:离开户籍登记地半年以上,且在新的常住城市具有工作的人口。进一步地,本文还对基于1%抽样调查数据计算的劳动力流动规模进行了加权,权重分别为2005年和2015年抽样调查样本数量占当年全国人口的比例。

本部分以城市数字效率水平作为核心解释变量。具体对数字普惠金融指数,每百人国际互联网用户数,信息传输、计算机服务和软件业从业人员占比,人均电信业务总量以及每百人移动电话用户数利用熵权法进行复合,得到各个城市的数字经济水平。

有关控制变量的选取,本部分选取人口密度作为观测城市拥挤效应的辅助变量;选取职工平均工资作为衡量城市间收入差距的变量;选取产业结构作为衡量地区数字效率和流动人口之间适配程度的变量;选取城市地区生产总值作为衡量城市发展和福利的变量;构造市场潜能指标,以此作为衡量城市潜在市场规模的变量(Zheng et al., 2022)。

本部分关于异质性劳动力流动规模的数据,由2005年和2015年全国1%人口抽样调查数据处理所得;衡量城市特征的数据来源于相关城市的统计年鉴。由于本部分采用长差分模型,因此,各变量为相应相邻年份指标绝对水平的差分(因此存在负数情况)。

### 3. 实证结果分析

本部分首先对劳动力流动、技能型劳动力流动和非技能型劳动力流动规模与数字效率之间的关系进行实证检验,相应的基准回归结果见表3。第(1)列为不包含控制变量情况下劳动力流动总规模和数字效率之间的关系;第(3)列为不包含控制变量情况下技能型劳动力流动规模和数字效率之间的关系;第(5)列为不包含控制变量情况下非技能型劳动力流动规模和数字效率之间的关系。第(2)、(4)、(6)列为增加了城市层面控制变量后,相应的劳动力流动规模和数字效率之间的因果关系。

表3 基准回归结果

	(1)		(2)		(3)	
	$\Delta mig$		$\Delta mig\_skill$		$\Delta mig\_unskill$	
$\Delta digital$	2.4774*** (0.8921)	2.1932* (1.1254)	1.0907* (0.6496)	1.0020 (0.8249)	1.3867*** (0.3869)	1.1911*** (0.4310)
控制变量	否	是	否	是	否	是
区域固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	264	264	264	264	264	264
R <sup>2</sup>	0.3470	0.3754	0.3216	0.3650	0.2687	0.2927

注:括号里为聚类至城市层面的稳健标准误,\*、\*\*、\*\*\*分别表示10%、5%、1%的显著性水平。以下各表同。

表3基准回归结果表明,整体而言,在不区分劳动力技能异质性条件下,数字效率和劳动力流动规模之间的正向关系在1%置信水平上显著,表明数字经济的发展能够显著促进劳动力空间流动效率,城市数字效率的提升会引致劳动力的流入。在控制城市特征后,数字效率对劳动力流动的促进作用依然在10%置信水平上显著;对于技能型劳动力空间流动行为而言,在控制了城市变量之后,数字效率对技能型劳动力流动的促进作用的显著性消失,表示技能型劳动力流入和城市数字效率提升之间并没有显著的因果关系;与之相反的是非技能型劳动力,无论是否控制城市特征变量,数字效率的提升均能够显著促进非技能型劳动力的流入。

#### 4. 内生性检验

由于技能型劳动力流动的集聚效应和技术溢出也会促进数字经济的发展,为了消除数字经济发展水平和城市劳动力流入规模之间可能存在的互为因果关系,以及数字经济和劳动力流动规模均为宏观层面变量,很可能受到产业结构、市场规模等共同因素的影响,存在遗漏变量偏差。因此,本文运用工具变量法克服模型中可能存在的内生性问题。

本文采用杨刚强等(2023)构建工具变量的方式,基于2004年、2014年所有开通官方微博公司的数据进行地理信息编码,最终计算出各城市开通微博的企业总数。在相关性方面,微博作为获取信息的重要途径,能够敏锐地反映城市经济发展与互联网融合的程度。因此,上一年各城市内部开通微博的企业数量不仅反映了该城市社交媒体的普及度和信息流通的便捷性,还表征了城市数字化环境的成熟度。微博企业数量的增加提升了信息传播的广度和效率,为城市中的各类经济主体提供了更为迅捷的信息获取渠道,进而推动了城市数字经济的整体发展。因此,上一年城市内部微博企业的数量能够有效刻画数字化进程,符合工具变量的相关性假设。

在排他性方面,上一年微博企业的数量不会直接影响劳动力流动,而是通过城市数字经济的发展产生间接影响。尽管上一年城市内部开通微博的企业数量能够反映该地区的数字化环境和信息化程度,但其本身并不会对劳动力流动产生直接影响。一方面,微博企业数量主要影响的是区域内信息传播和获取的效率,而劳动力流动主要受经济机会、收入水平和生活成本等因素驱动。即使微博企业数量能够反映地区互联网普及的程度,这种变化对劳动力选择迁移的直接激励作用也非常有限。另一方面,开通微博企业数量的增长更多反映出区域在信息传递和社交网络方面的优势,而这些信息扩散的优势并不直接影响劳动力的就业决策,因此满足排他性条件。

表4 内生性检验

	(1)	(2)	(3)
	$\Delta mig$	$\Delta mig_{skill}$	$\Delta mig_{unskill}$
$\Delta digital$	24.2366** (11.5275)	10.1576* (6.1179)	14.0790** (6.1910)
识别不足检验	4.759 [0.0292]	4.759 [0.0292]	4.759 [0.0292]
弱IV检验	14.933 {8.96}	14.933 {8.96}	14.933 {8.96}
区域固定效应	是	是	是
样本量	258	258	258

本文采用两阶段最小二乘法(2SLS)对数字效率水平与劳动力流动之间的因果关系进行重新识别。相应的检验结果(见表4)表明,在克服潜在的内生性问题后,数字经济发展水平的系数仍然为正且显著,这表明在采用工具变量缓解内生性问题后,数字效率提升能够促进劳动力流动的结论并未发生系统性改变。

为进一步排除可能由变量定义范畴而引起的潜在混杂因素影响,本文分别对被解释变量和核心解释变量替换进行稳健性检验。就被解释变量而言,利用城市就业率和城市就业规模作为被解释变量的替代指标,从而验证数字经济的发展是否能够带来劳动力的流动和城市就业的变化。针对解释变量,利用更为直观的数字企业盈利增加值和数字资本规模衡量城市数字效率和数字经济

发展水平。稳健性检验结果表明,无论是针对城市就业率、就业规模考察,还是从数字经济不同微观层面考察其对劳动力空间流动的作用,均发现城市数字效率提升能够显著促进劳动力流入。

### 5. 异质性分析

以上基准回归结果回答了数字效率提升能否促进异质性劳动力流动的问题。本部分进一步针对“数字要素和劳动力之间替代、互补关系是决定劳动力空间流动特征的关键”这一观点进行异质性分析。本文分别从城市创新水平和产业结构两个层面进行异质性分析。

就城市创新水平异质性而言,城市创新水平越高,越容易产生和发展以数字效率为代表的新质生产力,数字技术和高技能劳动力的结合(互补)将更加紧密。这类城市对技能型劳动力的需求也更加强烈,新兴产业的路径依赖也使得技能型劳动力的集聚更容易。对此,本文利用寇宗来和刘学悦(2017)构建的城市创新水平指标,检验城市创新水平的差异是否会影响数字效率对异质性劳动力流动的促进作用。

表5汇报了城市创新水平影响数字效率促进劳动力流动的实证结果。对不区分劳动力技能异质性检验的结果表明,在高城市创新水平的城市,数字效率提升会显著促进劳动力流动,而在创新水平较低的城市,数字效率的提升反而会阻滞劳动力空间流动,尽管这种阻滞效应并不显著。在对劳动力技能进行异质性区分后发现,技能型劳动力流动对数字效率提升的反应并不受城市创新水平的影响(尽管估计系数不显著,但创新水平低的城市系数为负,创新水平高的城市系数为正),而城市创新水平会显著影响数字效率对非技能型劳动力流动的促进作用,这与前文反事实分析的结果相契合。这也表明,中国数字经济的发展仍然以数字平台的建设和数字共享经济的发展为主,与技能型劳动力之间尚未较好地有机结合,但对非技能型劳动力就业的促进作用较为明显。

表5 城市创新水平对异质性劳动力流动的影响

	(1)	(2)	(3)
	$\Delta mig$	$\Delta mig_{skill}$	$\Delta mig_{unskill}$
$\Delta digital \times cre_{low}$	-3.3721 (2.3829)	-1.8659 (2.0624)	-1.5062** (0.5813)
$\Delta digital \times cre_{high}$	2.5629* (1.3215)	1.1926 (0.9275)	1.3703*** (0.5098)
控制变量	是	是	是
区域固定效应	是	是	是
样本量	264	264	264
R <sup>2</sup>	0.3870	0.3691	0.3297

考虑到在上述异质性检验中并未对产业结构进行进一步细分,可能不同产业之间的差异被整体回归掩盖。对此,本文对产业结构进行进一步细分,分别对制造业、生产性服务业和生活性服务业进行异质性分析<sup>①</sup>。

表6汇报了行业异质性影响数字效率促进劳动力流动的实证结果。对不区分劳动力技能异质性进行检验的结果表明,数字效率提升对生活性服务业的劳动力流动存在显著的促进效应,但对制造业和生产性服务业的劳动力流动并没有显著的正向影响。在对劳动力进行技能异质性区分的实

<sup>①</sup> 异质性分析的回归结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

证结果中,生活性服务业的技能型劳动力流动对数字效率提升的反映更加显著,而对于非技能型劳动力而言,无论是制造业、生产性服务业还是生活性服务业,数字效率提升均能促进非技能型劳动力的流动。由此表明,目前中国数字效率和实体经济之间的联系和互动优势尚未体现,使得研发创新人才等技能型劳动与数字效率尚未形成紧密的要素互补,在一定程度上存在人力资本空间配置冗余、效率低下的情况。而在数字经济和劳动力结合较为紧密的(生活性)服务业,数字经济的发展、数字要素和非技能型劳动力之间的互补性则充分发挥了稳就业的功能,尤其是解决了弱势群体就业问题。

表6 行业异质性对异质性劳动力流动的影响

	制造业		生产性服务业		生活性服务业	
	$\Delta skill$	$\Delta unskill$	$\Delta skill$	$\Delta unskill$	$\Delta skill$	$\Delta unskill$
$\Delta digital$	0.3403 (0.2753)	0.1429** (0.0649)	-0.1454 (0.1837)	0.2593*** (0.0761)	0.6309* (0.3458)	0.5659** (0.2212)
控制变量	是	是	是	是	是	是
区域固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	262	201	264	246	263	257
R <sup>2</sup>	0.2995	0.2933	0.2640	0.3002	0.3269	0.2546

## 六、结论与启示

既有研究较多关注数字经济发展对劳动力供给的积极影响,但对数字经济带来的劳动力城市间流动、劳动力空间再配置结构,及其均衡福利则鲜有涉及。囿于地方政府目标不一致,以及企业对市场信号的误判,容易造成各城市在发展创新要素过程中产生“投资潮涌”的现象。城市是否有必要通过发展数字经济来提升劳动力供给和迁移弹性、优化劳动力空间配置效率和技能空间配置结构,以及劳动力供给对当地数字冲击的反应是否存在空间异质性,已成为发挥创新要素提升劳动生产效率、充分挖掘劳动力空间供给潜力和空间配置效率亟须解决的问题。对此,本文构建包含数字要素的量化空间一般均衡模型,对异质性劳动力空间流动及其福利效应进行量化评估,并对理论模型进行相关的实证检验。研究发现:①劳动力流动对城市数字冲击的反应存在空间异质性,这种空间异质性是由数字互补、数字替代、异质性劳动群体共同作用的结果。②数字资本规模扩张带来非技能型劳动力供给弹性变化要高于技能型劳动力空间供给弹性,表明目前数字经济发展的趋势和模式较为固定,技能型劳动力流向单一,数字经济发展尚未与高端制造业等创新型产业有机结合,但对稳定弱势群体就业起着积极作用。③城市间必要的产业结构差异是决定数字资本促进劳动力流动、均衡效用增长和经济发展的关键,过度追求数字投资、提升数字密集程度未必有利于创新要素和劳动力之间的有机结合。结合相关结论,本文的研究对数字经济与实体经济融合发展的政策启示在于:

(1)从挖掘劳动力供给弹性和劳动力迁移角度看,一方面,需要制定更具针对性的人才吸引政策,进一步提升技能和岗位之间的适配程度,并且强化数字经济基础设施建设,充分释放技能型劳动力的供给弹性。另一方面,需要避免陷入过度挖掘劳动时间的困境。在数字技术逐渐普及和广泛应用的时代背景下,低质要素被替代不可避免,问题的关键在于如何避免被替代的简单劳动力陷入传统服务业而进行恶性内卷。更恰当的做法应加强数字技能的培训,不仅需要加强劳动力技能



水平的提升,也要确保劳动力能够适应新兴产业的要求,将人口红利有效转变为技能红利。同时,有必要建立和优化数字化劳动力就业市场,促进远程工作和弹性就业,发挥新质生产力和数字经济的岗位创造效应。

(2)从优化劳动力空间配置结构的角度看,需要在充分尊重市场规律的同时,对异质性劳动力空间流动做好必要的分流和疏导。本文反事实结果揭示了只有合理的城市间数字产业布局结构,及其引致的数字资本和劳动力之间合理的替代、互补关系,才能带来恰当的劳动力空间供给结构和技能空间分布形态。因此,需要充分发挥有为政府的作用,对于劳动力技能禀赋高的城市,在减轻劳动力流动壁垒的同时,完善社会保障和福利制度,注重城市公共资源的普惠性。对于劳动力规模禀赋高的城市,在发挥城市生活成本优势的同时,稳步发展融合基础设施,在做好数字产业承接的前提下,适度超前布局创新基础设施,从而在发挥要素互补的同时扩大数字共享和技术溢出效应,减缓对简单劳动力的替代,发挥城市规模经济和比较优势。

(3)从区域差异化发展角度看,需要充分尊重城市特征、因地制宜发展以数字经济为代表的新质生产力。由于不同城市的自然禀赋、产业结构存在差异,因此,盲目进行城市数字基础设施的建设、扩张数字资本规模未必适应城市承载规模和现有的发展体系。由于城市长远的发展依赖技术进步带来的创新要素与传统劳动力替代、互补结构,因此,要围绕城市产业集群分布和劳动力技能结构来有序、优序、因地制宜地发展新质生产力。对于技能集聚、存在生产力优势的都市圈,应合理布局数字产业,在都市圈内部形成产业互补、知识创新充分交流的多中心城市发展体系;对于劳动力持续流出的都市圈,需要“集中资源办大事”,形成有效的数字产业集聚并引导劳动力的空间分布,进而逐步向周边城市蔓延。避免对新兴产业造成投资潮涌而陷入资源错配、效率低下的困境。

在本文研究基础上,可进一步对劳动力空间配置效率和城市体系的选择进行探索。由数字资本等创新要素的大规模使用引发的异质性劳动力空间再配置,能否改善劳动要素的空间配置效率,以及在异质性要素互补、替代的作用下,如何选择更加适宜的城市发展体系,对于区域协调发展具有重大意义。

#### 〔参考文献〕

- [1]柏培文,张云.数字经济、人口红利下降与中低技能劳动者权益[J].经济研究,2021,(5):91-108.
- [2]蔡跃洲,陈楠.新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业[J].数量经济技术经济研究,2019,(5):3-22.
- [3]陈斌开,马燕来.数字经济对发展中国家与发达国家劳动力市场的不同影响——技能替代视角的分析[J].北京交通大学学报(社会科学版),2021,(2):1-12.
- [4]程杰,朱钰凤.劳动供给弹性估计:理解新时期中国劳动力市场转变[J].世界经济,2021,(8):28-54.
- [5]段巍,舒欣,吴福象,刘彤彤.无形资本、资本——技能互补与技能溢价[J].经济研究,2023,(3):116-134.
- [6]段巍,吴福象,王明.政策偏向、省会首位度与城市规模分布[J].中国工业经济,2020,(4):42-60.
- [7]方颖,白秀叶.城市空间形态、公共服务空间均等化与居民满意度[J].经济学(季刊),2022,(4):1405-1424.
- [8]冯烽,崔琳昊.新发展格局下数字经济发展如何释放人才红利——基于城市人力资本配置效率的分析[J].经济问题探索,2023,(10):48-58.
- [9]郭东杰,周立宏,陈林.数字经济对产业升级与就业调整的影响[J].中国人口科学,2022,(3):99-110+128.
- [10]焦张义,钟若愚,董继红.中国城市居民劳动供给行为特征[J].人口与经济,2020,(2):63-73.
- [11]寇宗来,刘学悦.中国城市和产业创新力报告[R].上海:复旦大学产业发展研究中心,2017.
- [12]雷钦礼,王阳.中国技能溢价、要素替代与效率水平变化的估计与分析[J].统计研究,2017,(10):29-41.
- [13]刘甲楠,邢春冰.人工智能、劳动力需求与人力资本投资[J].人口研究,2024,(1):68-84.

- [14]刘修岩,李松林.房价、迁移摩擦与中国城市的规模分布——理论模型与结构式估计[J].经济研究,2017,(7):65-78.
- [15]刘渝琳,李晓梅.数字经济带来低效内卷还是公平竞争:对同龄群体收入收敛趋势的观察[J].南方经济,2023,(11):38-61.
- [16]戚聿东,刘翠花,丁述磊.数字经济发展、就业结构优化与就业质量提升[J].经济学动态,2020,(11):17-35.
- [17]田侃,倪红福,李罗伟.中国无形资产测算及其作用分析[J].中国工业经济,2016,(3):5-19.
- [18]杨刚强,王海森,范恒山,岳子洋.数字经济的碳减排效应:理论分析与经验证据[J].中国工业经济,2023,(5):80-98.
- [19]叶胥,杜云晗,何文军.数字经济发展的就业结构效应[J].财贸研究,2021,(4):1-13.
- [20]尤济红,梁浚强.数字产业发展如何影响流动人口收入[J].产业经济研究,2023,(5):87-100.
- [21]赵扶扬,陈斌开.土地的区域间配置与新发展格局——基于量化空间均衡的研究[J].中国工业经济,2021,(8):94-113.
- [22]赵扶扬,王仟,龚六堂.土地财政与中国经济波动[J].经济研究,2017,(12):46-61.
- [23]周慧珺.数字经济的发展提高了就业稳定性吗[J].当代经济管理,2024,(2):76-86.
- [24]Acemoglu, D., and R. Pascual. Demographics and Automation[J]. *Review of Economic Studies*, 2022, 89(1): 1-44.
- [25]Bai, C., C. Hsieh, and Y. Qian. The Return to Capital in China[J]. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2006, 74(2): 61-102.
- [26]Begenau, J., M. Farboodi, and L. Veldkamp. Big Data in Finance and the Growth of Large Firms [J]. *Journal of Monetary Economics*, 2018, 97: 71-87.
- [27]Desmet, K., and E. Rossi-Hansberg. Urban Accounting and Welfare[J]. *American Economic Review*, 2013, 103(6): 2296-2327.
- [28]Diamond, R. The Determinants and Welfare Implications of US Workers' Diverging Location Choices by Skill: 1980-2000[J]. *American Economic Review*, 2016, 106(3): 479-524.
- [29]Eaton, J., and S. Kortum. Technology, Geography and Trade[J]. *Econometrica*, 2002, 70(5): 1741-1779.
- [30]Fan, J. Internal Geography, Labor Mobility, and the Distributional Impacts of Trade[J]. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2019, 11(3): 252-288.
- [31]Hsieh, C., and E. Moretti. Housing Constraints and Spatial Misallocation [J]. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2019, 11(2): 1-39.
- [32]Klump, R., and O. D. L. Grandville. Economic Growth and the Elasticity of Substitution: Two Theorems and Some Suggestions[J]. *American Economic Review*, 2000, 90(1): 282-291.
- [33]Maliar, S., and I. Tsener. Capital-skill Complementarity and Inequality: Twenty Years After [R]. CEPR Working Paper, 2020.
- [34]Monte, F., S. J. Redding, and E. Rossi-Hansberg. Commuting, Migration, and Local Employment Elasticities [J]. *American Economic Review*, 2018, 108(12): 3855-3890.
- [35]Ottaviano, G., and T. Ypersele. Market Size and Tax Competition[J]. *Journal of International Economics*, 2004, 67(1): 25-46.
- [36]Redding, S., and E. Rossi-Hansberg. Quantitative Spatial Economics[J]. *Annual Review of Economics*, 2017, 9(1): 21-58.
- [37]Tombe, T., and X. Zhu. Trade, Migration, and Productivity: A Quantitative Analysis of China[J]. *American Economic Review*, 2019, 109(5): 1843-1872.
- [38]Zheng, L., Z. Chang, and A. G. Martinez. High-speed Rail, Market Access, and the Rise of Consumer Cities: Evidence from China[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2022, 165: 454-470.

## **Heterogeneous Labor Spatial Reallocation and Economic Welfare under the Shock of Digital Capital**

XU Shao-jun, LIU Xiu-yan, ZHOU Jun-ting

(School of Economics and Management, Southeast University)

**Abstract:** With the disappearance of the demographic dividend advantage of infinite labor supply elasticity and the continuous decline of the impact of labor migration elasticity on labor spatial supply, how to develop new quality productive forces represented by the digital economy, fully tap into the potential of labor supply, promote labor spatial migration, has become an urgent issue to strengthen the complementarity of labor and innovation factors, improve labor spatial allocation efficiency, and ultimately achieve common prosperity. This paper constructs a quantitative spatial equilibrium model and reveals the mechanisms of labor spatial reconfiguration from the perspective of digital capital and labor factor substitution and complementarity.

This paper finds that spatial heterogeneity exists in the response of labor supply to local digital shocks. Further quantitative analysis reveals that as substitution between digital capital and unskilled labor enhances, although it can improve the equilibrium utility of skilled labor, it is not conducive to improving that of unskilled labor and will restrain economic growth. Regarding how cities develop digital industries according to local conditions, big cities should pay attention to the relatively complete industrial structure configuration and avoid blindly replacing simple labor. In contrast, small and medium-sized cities should pay more attention to developing innovative industries to enhance digital capital intensity. Besides, the empirical test shows that the improvement in digital efficiency in China can effectively enhance the efficiency of labor spatial migration, especially has a significantly positive impact on stabilizing the employment of vulnerable groups.

This paper has the following contributions. First of all, it deepens theoretical research on the relationship between digital capital and the spatial distribution of urban population. This paper reveals the mechanism of digital factors influencing the spatial reconfiguration of heterogeneous labor and provides corresponding quantitative answers to questions such as “how the development of innovative factors determine the labor skill structure and urban spatial system” and “how to improve the substitution and complementary relationship between factors to promote labor migrating efficiency and economic growth”. In addition, this paper presents the idea that cities should develop new quality productive forces according to local conditions to avoid the dilemma of resource mismatch and low efficiency caused by investment surges in emerging industries. After simulating the theoretical model, it finds that the effect of digital shocks on labor migration behavior has spatial heterogeneity, indicating that the spatial layout of innovative industries needs to be orderly developed according to urban characteristics.

**Keywords:** digital complementarity; labor spatial reallocation; spatial skill distribution; spatial quantitative equilibrium model

**JEL Classification:** J61 R13 O18

[责任编辑:李鹏]