

城市知识合作网络与企业人工智能发展

王双

南京审计大学, 江苏 南京 211815

摘要: 本文使用国家知识产权局 2009-2020 年全国 285 个城市的专利申请数据, 通过整理合作专利申请人的所属地, 构建城市间知识合作网络, 进而利用社会网络分析法计算出每个城市的知识合作网络指标, 分析城市在知识合作网络中的位置对当地企业人工智能发展水平的影响。研究发现: 城市知识合作网络能够显著促进企业的人工智能发展水平, 即处于网络位置越中心的城市, 其促进人工智能发展水平的效应就越显著。机制检验分析显示, 城市知识合作网络通过发挥技术外溢效应与规模经济效应对企业人工智能发展水平产生影响。进一步分析表明, 民营企业相比于国有企业, 知识合作网络对企业人工智能发展水平的促进作用更明显。本文的研究发现揭示了城市知识合作对企业人工智能发展的重要性, 对于中国如何发展人工智能、实现经济高质量发展具有启示意义。

关键词: 城市知识合作网络; 人工智能发展; 空间计量

DOI: 10.63887/fns.2025.1.4.9

引言

人工智能是引领新一轮科技革命和产业变革的战略性技术, 加快发展人工智能事关我国能否抓住新一轮科技革命和产业变革机遇的战略性问题, 是我们赢得全球科技竞争主动权的重要战略抓手, 是推动我国产业优化升级、生产力整体跃升的重要战略资源, 对实现经济高质量发展、完善现代化产业体系有着重要意义。

随着新技术的不断涌现, 尤其是人工智能技术的发展需要企业具备强大的技术学习能力和创新能力。知识是创新的关键。在知识经济时代, 创新活动的复杂性、创新的成本和创新风险与日俱增, 创新资源在组织、地域和产业间的流动越来越频繁, 知识交流和技术合作越来越紧密, “地方空间”向“流动空间”转变, 单一组织往往难以实行创新, 因此, 地区之间的知识交流显得越来越重要, 需要一种合作关系将不同城市间的企业、大学等组织联系起来, 形成一种具有空间溢出的网络结构。城市知识合作网络正是不同微观主体跨地域知识合作联系在宏观尺度的空间表现。在知识经济时代, 城市知识合作网络通过促进不同城市间的知识共享、技术交流和创新合作, 能够帮助企业更好地把握市场

动态, 为人工智能领域提供了丰富的数据资源、多元的视角和广泛的应用场景。它不仅能够加速人工智能技术的创新和应用, 还能促进经济结构的优化升级, 增强城市的竞争力。

当前学术界对于人工智能的研究主要集中在人工智能对经济增长、生产率与技术创新、市场结构与产业组织等诸多方面的影响, 而鲜有文献讨论如何促进人工智能的发展。在此背景下, 有必要从城市知识合作网络的视角出发, 来探讨其对人工智能发展的重要性的影响及内在机制, 进而为推动政策优化指明方向。

2 机制分析与研究假设

在城市知识合作网络中, 知识溢出作为资源配置的一项重要方式, 促进了知识的共享, 有效降低企业在运营过程中的风险和不确定性; 而规模经济所带来的成本降低有助于企业提高自身的盈利能力, 从而促进供应链的优化。因此本部分从规模经济效应和技术外溢效应两方面来考察城市知识合作网络对提升企业人工智能的发展水平的作用机制。

2.1 城市知识合作网络、规模经济效应与人工智能发展水平提升

城市知识合作网络的规模经济效应是指, 城市知

识合作网络有助于企业整合其带来的超大规模创新资源，从而能够降低自身平均研发成本，从而促进人工智能发展。首先，城市间的知识合作机制使企业能够汲取来自多元领域的前沿人工智能知识和技术，显著降低在搜寻人工智能相关知识和技术上的时间和金钱成本，因此能够将更多资源投入到人工智能技术的研发中，从而加速人工智能技术的创新与应用进程。其次，城市知识合作网络中的企业能够享受更低的协调成本，实现人工智能知识资源的优化配置，最终促进人工智能技术与其他产业的融合与创新，催生新的商业模式和产业形态，从而为企业带来新质生产力的飞跃。

由此，本文提出假设 1：城市知识合作网络通过规模经济效应促进企业人工智能的发展。

2.2 城市知识合作网络、技术外溢效应与人工智能发展水平提升

技术外溢效应是指一个组织或企业在进行某项活动时，其知识、技术或经验会无意识地向其他组织或企业扩散。知识是提高竞争力和促进经济增长的关键要素。城市知识合作网络是指通过整合不同城市、行业及学术领域的知识资源，构建了一个基于社会网络的共享平台。这种网络能够有效地促进各种知识资源，特别是隐性知识的溢出，为企业的人工智能的发展提供了丰富的知识宝库。

一方面，从知识的供给端来看，城市知识合作网络通过整合不同城市、行业及学术领域的知识资源，为 AI 技术的发展提供了丰富的知识宝库，还特别有助于隐性知识的溢出。在城市知识合作网络中，位于网络中心的城市和企业能够接收到更广泛、更深入的知识资源，从而加速 AI 技术的研发与创新。另一方面，从知识的需求端来看，城市知识合作网络中的企业通过不断提升自身的知识吸收能力，能够更好地识别、消化并应用外部溢出的 AI 知识资源。

由此，本文提出假设 2：城市知识合作网络通过技术外溢效应促进企业人工智能的发展。

3 空间计量模型设定、变量测度与数据说明

3.1 空间计量模型设定

由于城市知识合作网络本身具有空间范围特征，其溢出效应作用范围也不仅仅局限于初始溢出地，因此本文使用基于面板固定效应的 SLX 模型进行估计。除城市知识合作网络外，本文还将在计量模型中计入城市层面和企业层面的控制变量，以减少遗漏变量对模型估计的影响，由此，空间计量模型可设定为：

$$AI_{it} = \lambda_1 KN_{it} + \lambda_2 WKN_{it} + \lambda^c \theta_{it}^c + \lambda^j \theta_{it}^j + \mu + \eta_k + \xi_{it}$$

其中， i 、 j 、 t 分别表示企业、地区和年份， AI_{it} 表示企业人工智能发展水平， KN_{it} 表示城市知识合作网络， WKN_{it} 表示城市知识合作网络的空间滞后项； θ_{it}^c 、 θ_{it}^j 分别表示城市层面的控制变量与企业层面的控制变量的向量集。 λ_2 是本文关注的知识合作网络外溢效应的参数估计值。

3.2 变量测度

3.2.1 企业人工智能发展水平 (AI)

首先参考 Chen 等 (2020) 提供的人工智能词表，本文选取 52 个种子词语基于文本挖掘的人工智能词频方法来测算企业的人工智能发展水平。接着借鉴姚加权等 (2024) 的方法，获取 73 个词典文本，再利用 python 统计上市公司年报中关于人工智能词语的数量，最后将词频加 1 取对数来测算企业人工智能发展水平。

3.2.2 城市知识合作网络 (KN)

本文借鉴曹湛 (2023) 的合作网络构建方法，得到每个城市的度中心性指标并取对数作为城市知识合作网络指标，来衡量每个城市在城市知识合作网络中的重要性和影响力，测算方法如下。

度中心性是指在一个社会网络中，某个城市节点与其他节点直接相连的数量或程度，用于衡量节点在网络中的地位和作用。

$$KN(v) = \sum_{u=1}^n x_{vu} \quad (v \neq u)$$

其中， $KN(v)$ 表示城市节点 v 的度中心性， n 表示网络中的节点总数， x_{vu} 表示节点 v 与节点 u 之间是否存在直接联系（存在为 1，不存在为 0）。

为反映城市知识合作网络的空间影响，本文在式 (3) 基础上构建了城市知识合作网络的空间滞后项 ($W \times KN$)，用于衡量本地知识合作影响力的空间外溢程度，计算公式如下：

$$WKN_{it} = \sum_{jk} \omega_{jk} KN_{jt}$$

其中，N 为城市数量， ω_{ik} 为空间权重矩阵。

3.2.3 控制变量

城市层面的控制变量主要包括：人均国民生产总值 (PGDP)，政府干预程度 (Gov)，科学技术支出 (Sci)。企业层面的控制变量包括：总资产增长率 (Tagr)，总资产净利润率 (Roe)，总负债率 (Tl) 等。

3.3 数据说明

本样本为 2009-2020 年各城市上市企业数据和全国 285 个地级及以上城市面板数据的匹配数据，人工智能发展水平指标原始数据来自业界研究报告以及人工智能词表，地级市数据来自全国各市统计年鉴。城市知识合作网络指标专利数据来自国家知识产权局网站和谷歌专利，其他企业层面的微观数据来源于 Wind 数据库和 CSMAR 数据库。在数据处理的过程中，通过具有唯一标识的行政区划代码对企业、专利合作网络以及城市数据库进行匹配，最终得到 2009~2020 年 44197 个企业和城市的面板数据。

4 空间计量估计、基准回归结果与机制检验

4.1 空间权重矩阵

本文的研究对象是企业人工智能发展水平，一般而言，构建企业层面空间权重矩阵是最优选择，但目前建立企业层面的空间权重矩阵十分困难，故本文将替代性使用城市空间权重矩阵，以城市关联性近似刻画微观企业的空间关联特征。本文借鉴曾艺的方法，构建经济-地理距离嵌套矩阵作为空间计量模型的权重矩阵，计算方法如下。

1. 地理距离矩阵 (W_d)

$$W_d = \frac{1}{d_{ij}}, i \neq j$$

其中 d_{ij} 是城市 i 与城市 j 的球面距离。

2. 经济距离矩阵 (W_e)

$$W_e = \frac{1}{\sqrt{Q_i}}, i \neq j$$

其中， Q_i 是城市 i 在 2009~2020 年人均 GDP 的均值

3. 经济-地理距离嵌套矩阵 (W_{d-e})

$$W_{d-e} = \varphi W_d + (1-\varphi) W_e$$

其中， W_d 、 W_e 分别是地理距离矩阵、经济距离矩阵， φ 表示地理距离在表征空间关系时的相对重要程度，本文将 φ 取值为 0.5。

4.2 基准回归结果

本文使用基于面板固定效应的 SLX 模型，在控制了企业和年份固定效应后，在模型中引入城市知识合作网络的空间滞后项，探究城市知识合作网络对企业人工智能水平的直接效应与空间外溢效应，基准回归结果如图所示。

第 (1) 列结果表明，在仅控制固定效应的情况下，城市知识合作网络的直接效应显著为正，在 1% 的显著性水平上显著。第 (2) 列显示，在控制了城市空间滞后变量后，城市知识合作网络的直接效应和间接效应均显著为正。第 (3) 列同时控制了企业层面的控制变量，估计结果与前两列基本一致，说明城市知识合作网络提高了本地区企业的人工智能发展水平，并且对周边地区企业的人工智能发展水平的提升也产生了促进作用。

变量	lnAI	lnAI	lnAI
KN	0.6036*** (5.00)	0.8495*** (6.81)	0.8483*** (6.79)
W×KN	0.9704* (1.75)	2.9291*** (5.50)	2.9343*** (5.51)
企业固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是

4.3 机制检验

本部分借鉴江艇（2022）的机制检验方法，通过构建企业平均成本（cost）和知识外溢（Tspill）中介变量来考察城市知识合作网络影响企业人工智能发展水平的影响机制。基于空间滞后解释变量模型（SLX）来进行机制检验，检验结果如图所示。

当机制变量为企业平均成本时，城市知识合作网

机制检验

变量	cost	Tspill
KN	-0.0533** (-2.10)	4.4218*** (18.55)
W×KN	0.1163 (1.34)	3.1129*** (5.53)
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是

络的系数显著为负，这说明城市知识合作网络能够显著降低本地企业的平均成本，从而发挥城市知识网络的规模经济效应；而当机制变量为城市的知识外溢时，城市知识合作网络的系数显著为正，这说明城市之间的研发合作显著促进了知识的外溢和扩散，从而提升企业的知识资源获取能力，加速企业对人工智能的研发。

5 异质性分析

本部分基于企业所有制的异质性分析，将所有企业分为国企和民营企业，回归结果如图所示。由回归结果可以看出，城市知识合作网络对民营企业的人工智能提升效应显著大于国有企业，此外，外资企业在

人工智能发展上可能更依赖于跨国的知识合作和技术转移，而不仅仅是局限于城市间的知识合作网络。相比之下，民营企业和国有企业可能更依赖于本土城市间的知识合作网络来获取技术和创新资源，因此城市知识合作网络对它们的影响更为显著。

异质性分析

变量	外资	民营	国企
KN	0.0409 (0.10)	0.9205*** (5.13)	0.5878*** (3.59)
W×KN	0.8206 (0.38)	3.7557*** (4.79)	2.5009*** (3.26)
企业固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是

6 结论与政策建议

本文使用国家知识产权局 2009-2020 年全国 285

个城市的专利申请数据构建城市间知识合作网络，分析城市在知识合作网络中的位置对当地企业人工智能发展水平的影响。研究发现：城市知识合作网络能够

显著促进企业的人工智能发展水平，即处于网络位置越中心的城市，其促进人工智能发展水平的效应就越显著。机制检验分析显示，城市知识合作网络通过发挥技术外溢效应与规模经济效应对企业人工智能发展水平产生影响。进一步分析表明，民营企业相比于国有企业，知识合作网络对企业人工智能发展水平的促进作用更明显。由此，本文提出以下几点政策建议：

首先，政府应积极推动不同城市间在知识、技术和创新方面的交流合作，通过构建更加紧密的城市知识合作网络，促进企业间的资源共享和技术外溢。可以通过搭建合作平台、提供政策支持和资金扶持等手段，鼓励企业、高校和研究机构等主体加强跨地域合作，共同推进人工智能等前沿技术的研发与应用。这样不仅能够提升本地企业的人工智能发展水平，还能对周边城市产生积极的辐射和带动作用。

其次，为充分发挥城市知识合作网络的规模经济效应，政府应优化创新资源的配置，降低企业研发成

本。可以通过设立创新基金、提供税收减免等优惠政策，支持企业开展联合研发和技术创新活动。同时，加强知识产权保护，确保企业在合作中的合法权益得到充分保障，从而激发企业的创新活力和合作意愿。此外，还应加强创新人才的培养和引进，为人工智能等高新技术产业的发展提供有力的人才支撑。

最后，针对不同类型的所有制企业，政府应采取差异化的政策措施，以促进城市知识合作网络对不同企业的普惠性影响。对于民营企业，应进一步放宽市场准入，简化审批流程，降低企业合作门槛，鼓励其积极参与城市知识合作网络的建设和运营。对于国有企业，可以引导其利用自身优势资源，加强与国际先进企业和研发机构的交流合作，提升其在全球价值链中的地位和竞争力。同时，加强对外资企业的合作引导，鼓励其将先进的技术和管理经验引入中国，促进国内外企业的互利共赢和共同发展。

参考文献

- [1]陈彦斌,林晨,陈小亮.人工智能、老龄化与经济增长[J].经济研究,2019,54(07):47-63.
- [2]周灿,曾刚,曹贤忠.中国城市创新网络结构与创新能力研究[J].地理研究,2017,36(07):1297-1308.
- [3]龙小宁,刘灵子,张靖.企业合作研发模式对创新质量的影响——基于中国专利数据的实证研究[J].中国工业经济,2023,(10):174-192.
- [4]曾艺,韩峰.生产性服务业集聚与制造业出口产品质量升级[J].南开经济研究,2022,(07):23-41.
- [5]江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022,(05):100-120.

作者简介：王双（1999-）女，江苏省宿迁市，南京审计大学，硕士在读，研究方向区域经济学。