

我国人工智能产业技术标准形成能力的空间非均衡及分布动态演进¹

周立军 瞿羽扬 刘思薇 虎陈霞

(中国计量大学, 杭州 310018)

【摘要】: 技术标准形成能力是确立技术话语权、引领人工智能产业高质量发展的核心问题。本文根据集体行动理论, 构建了我国人工智能产业技术标准形成能力评价体系; 运用熵权 - 综合评价法、“熵权”非线性规划法、TOWA - GA 混合算子模型对其进行测度; 运用 ArcGIS 空间技术、Dagum 基尼系数及其分解法、Kernel (核) 密度估计法对我国 30 个省级行政区 2015—2019 年人工智能产业技术标准形成能力展开空间非均衡及分布动态演进分析。结果表明: (1) 考察期内, 我国人工智能产业技术标准形成能力显著提升, 东部优势明显, 西部的年均增长率最高。(2) 我国人工智能产业技术标准形成能力整体地区差异呈波动下降趋势; 地区间差异是造成地区差异的主要来源。(3) 我国整体及东部地区均呈现多极化发展态势, 技术标准形成能力存在一定程度上的梯度发展。

【关键词】: 人工智能; 技术标准; 技术标准形成能力; 空间非均衡; 集体行动

【中图分类号】: G307 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1006 - 2912(2023)02 - 0081 - 15

人工智能产业是数字经济发展的基石, 已成为国家竞争的重点。根据信通院统计数据, 截至 2021 年, 全球已有 60 多个国家及地区部署了人工智能战略^[1]。其中, 人工智能技术标准作为技术共识, 可以消除认知分歧, 塑造产业技术底层架构和基础逻辑, 支持人工智能的安全性和鲁棒性, 进一步解释和减少算法决策中的偏差, 对人工智能系统的开发和产业部署产生深远影响^[2]。因此, 美国、德国、中国等主要国家都将人工智能技术标准发展纳入战略框架, 积极布局路线图, 并推动其国内标准成为国际标准^[2]。我国于 2017 年颁布的《新一代人工智能发展规划》明确指出, “初步建成人工智能技术标准”是我国人工智能发展战略规划“三步走”的第一步; 在 2021 年发布的《国家标准化发展纲要》中提出的“关键技术领域标准研究”目标, 人工智能也位于三大领域首位。提升技术标准形成能力, 是确立技术话语权、引领人工智能产业高质量发展的核心问题, 这一观点已经在决策层、产业界达成共识。然而在理论研究层面, 目前关于人工智能产业发展评价、技术创新等方面较为丰富, 尽管也有研究就人工智能产业技术标准治理^[2,3]、技术标准需求^[4,5]、技术标准合作网络演化^[6]等问题提出了一些观点, 但对人工智能技术标准能力的深入研究尚未展开。

技术标准形成也被称为技术标准制定/开发^[7,8]、标准建立^[9]等, 关于技术标准形成问题的研究, 一方面关注技术标准是在怎

¹ **【基金项目】**: 浙江省软科学重点项目“TOE 视角下人工智能产业技术标准化多元驱动机制研究”(2022C25005), 项目负责人: 周立军; 国家社会科学基金重点项目“新工业革命背景下市场主导制定标准的形成机制研究”(17AGL001), 项目负责人: 周立军; 国家社科基金一般项目“基于标准竞合战略的数字产业国际竞争力提升模式与路径研究”(21BGL004), 项目负责人: 郑素丽。

【作者简介】: 周立军, 女, 河北张家口人, 中国计量大学教授、博士生导师, 研究方向: 标准化战略、标准化治理; 瞿羽扬, 女, 浙江台州人, 中国计量大学硕士研究生, 研究方向: 标准化; 刘思薇, 女, 河南焦作人, 中国计量大学硕士研究生, 研究方向: 标准化; 虎陈霞, 女, 甘肃和政人, 中国计量大学副教授, 研究方向: 环境管理与标准实施效能评价。

样的机制下形成的,提出了政府主导模式、市场协调模式、联盟协调模式和委员会协调模式^[10,11]等四种主要的方式。另一方面关注哪些因素影响技术标准的形成,技术特性(如技术先进性/优越性、技术成熟度、技术兼容性^[12,13]等)、资源投入(如标准化专家和标准化费用投入^[14])、政府规制(如舆论引导、财政支持、制定政策^[15]等)、市场环境(如安装基础、消费者预期、互补产品^[12,13]等)的影响得到较多认同。关于技术标准形成能力的测度,多数研究使用制定国家标准、行业标准的数量来表征^[16,17];也有研究侧重于标准形成中技术创新的贡献,采用专利申请量来衡量^[18,19]。技术标准的形成过程中,具有不同动机、目的和利益的技术标准制定主体,围绕某一特定技术路线、质量要求等进行谈判、合作和互动,遵循一些既定的规则达成协议,最终形成技术标准^[20]。其本质上是一个整合技术、经济及专家资源,通过集体协商与选择,达成技术共识的过程。因此,如何考虑多主体参与行为,更精准的刻画标准形成动态过程、设计更科学的技术标准形成能力评价体系是一个值得突破的问题。

更进一步看,全国各省市自治区目前均出台了面向“十四五”甚至2030的人工智能产业发展规划,普遍把人工智能置于当地产业发展的关键领域。技术标准作为人工智能发展的核心支撑要素,各地发展差异较大。单纯从主导制定国家标准占比看,北京(43.18%)占据绝对优势,广东(14.39%)、上海(9.47%)、江苏(8.71%)、辽宁(5.68%)、浙江(4.92%)也较为领先,但是有17个地区占比不足1%。从全国布局看,各地在人工智能产业发展上各有优势,一些中西部地区如2011年以后,四川、陕西、湖北、重庆等快速发展,成为“追赶者”^[21],那么,各地在技术标准形成能力水平如何?不同维度上有哪些差异?这将是各地弥补技术标准化能力短板、实施差异化发展策略的决策支撑。

鉴于以上思考,本文引入集体行动理论,刻画多主体集体参与标准形成的过程,并基于此构建多维度技术标准形成能力指标体系,进而采用动态测度方法揭示技术标准形成能力的动态演进规律,探索其空间非均衡特征及分布动态演进,以研判人工智能产业技术标准形成的空间现状,为相关部门提供人工智能产业技术标准发展路径参考。

一、技术标准形成能力测度

(一)研究方法

1. 熵权-综合评价法。

熵权-综合评价法是通过各个数据所能提供的信息的大小,仅依赖于数据本身,根据指标的离散程度来判断其对综合评价的影响,从而得出一个与之相对应的综合评价值。若某一指标的熵值高,表明它所包含的信息量少、不确定度高、离散度低,则该指标对综合评估的影响小,则权重低。

首先,建立决策矩阵。假设本研究指标的集合为 $D=(D_1, D_2, D_3, \dots, D_n)$,且评价对象各省市的集合为 $M=(M_1, M_2, M_3, \dots, M_m)$, x_{ij} 为样本值。其中, $i=1, 2, 3, \dots, m$; $j=1, 2, 3, \dots, n$ 。

其次,由于每个指标的量纲都是不相同的,所以在进行正式的计算之前,本研究采用极差法对原始书进行标准化处理得到 x'_{ij} 。然后,计算指标信息熵 e_j :

$$X_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} (0 \leq X_{ij} \leq 1) \quad (1)$$

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m (X_{ij} \times \ln X_{ij}) \quad (2)$$

用 w 代表熵权，则第 j 个指标权重则可以通过公式 3 得到：

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (3)$$

最后，计算各个地区的评价值 G_{ij} ：

$$G_{ij} = \sum_{j=1}^n w_j \times x'_{ij} \quad (4)$$

2. “熵值”非线性规划法。

“熵值”非线性规划法既可以兼顾指标的重要性程度又可以区分不同时期的重要性程度，其原理是设置时间度 θ ，使时间权重 w_k 之间的差异最小，而该差异则是用“熵”来表示，如公式 5 所示：

$$\begin{aligned} & \max \left(- \sum_{k=1}^N w_k \cdot \ln w_k \right) \\ s. t. & \begin{cases} \theta = \sum_{k=1}^N \frac{N - K}{N - 1} \cdot w_k \\ \sum_{k=1}^N w_k = 1, w_k \in [0, 1] \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

根据卿青平^[22]的研究，基于“厚今薄古”的原则，选取时间度 $\theta = 0.3$ ，表示“较为重视近期数据”，使用 Matlab 软件求解出 2015—2019 年时间权重 w ，见表 1。

表 1 2015—2019 年时间权重

年份	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
时间权重	0.0706	0.1086	0.1672	0.2574	0.3962

3. TOWA-GA 混合算子模型。

TOWA-GA 模型结合了时序几何平均模型 (TOWGA) 算法以及时序加权平均模型 (TOWA) 算法，是一种组合使用的混合算子模型。时序加权平均算子 (TOWA) 对各个时期的评价结果具有较好的互补性；时序几何平均算子 (TOWGA) 则较强地突显了系统发展的均衡性。根据郭亚军 [23] 定义：

时序加权平均算子 (TOWA) : 令 $N = \{1, 2, \dots, n\}$, 称为 $\langle u_i, a_i \rangle$ ($i \in N$) 为时序加权平均对, 则 TOWA 为:

$$F(\langle u_1, a_1 \rangle, \dots, \langle u_n, a_n \rangle) = \sum_{j=1}^n w_j b_j \quad (6)$$

其中, w_j 为第 j 时期的时间权重, b_j 为第 j 时期的评价值, 称 F 为 n 维时序加权平均 (TOWA) 算子。

时序几何平均算子 (TOWGA) : 令 $N = \{1, 2, \dots, n\}$, 称为 $\langle u_i, a_i \rangle$ ($i \in N$) 为时序几何平均对, 则 TOWGA 为:

$$G(\langle u_1, a_1 \rangle, \dots, \langle u_n, a_n \rangle) = \prod_{j=1}^n b_j^{w_j} \quad (7)$$

其中, w_j 为第 j 时期的时间权重, b_j 为第 j 时期的评价值, 称 G 为 n 维时序几何平均 (TOWGA) 算子。

因此 TOWA-GA 混合算子计算公式为:

$$Y(\langle u_1, a_1 \rangle, \dots, \langle u_N, a_N \rangle) = a_1 F + a_2 G \quad (8)$$

评价对象在评价期内的最终评价值为:

$$Y_i = a_1 F_i + a_2 G_i \quad (9)$$

$$a_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_1 + \sigma_2} \quad a_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} \quad (10)$$

$$\sigma = \sum (x_i - \bar{x})^2 \quad (11)$$

其中， F_i 为评价对象在评价期内的时序加权平均(TOWA)算子， σ_1 为时序加权平均(TOWA)算子的离差平方和； G_i 为评价对象在评价期内的时序几何平均(TOWGA)算子， σ_2 为时序几何平均(TOWGA)算子的离差平方和。

4. Dagum 基尼系数及其分解法。

Dagum 认为可以将基尼系数进行分解，以计算区域差异来源和区域间的交互影响[24]。因此，我国人工智能产业技术标准形成能力的地区差异使用 Dagum 基尼系数及其分解法，依据公式 12 进行探析。

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{2\mu n^2} \quad (12)$$

式中， y_{ji} (y_{hr}) 代表 j (h) 区域内任意一省份的人工智能产业技术标准形成能力； μ 代表人工智能产业技术标准总体能力； n 代表省份总个数； k 代表划分区域的个数； n_j (n_h) 代表 j (h) 区域内省份个数。在计算时，首先根据公式 13 对区域内人工智能产业技术标准平均能力排序：

$$\bar{Y}_1 \leq \bar{Y}_h \leq \dots \leq \bar{Y}_j \leq \dots \leq \bar{Y}_k \quad (13)$$

基尼系数可以被分解为 3 个部分：①区域内差距贡献 G_w ，即各区域内部之间技术标准形成能力的分布差异，本文主要指东部地区所包含的各省份间、中部地区所包含的各省份间和西部地区所包含的各省份间的技术标准形成能力分布差异；②区域间差距贡献 G_{hb} ，即区域与区域之间技术标准形成能力的分布差异，本文主要指东部、中部和西部地区这三大区域间技术标准形成能力的分布差距；③超变密度贡献 G_t ，即东中西部之间技术标准形成能力重叠交叉，对结果造成一定影响的一种余数，且上述满足 $G=G_w+G_{hb}+G_t$ 。 G_{jj} 代表 j 区域的区域内基尼系数， G_{jh} 代表 j 、 h 区域之间的区域间基尼系数，计算公式为：

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_{jj} P_j s_j \quad (14)$$

$$G_{jj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{jr}|}{2\bar{Y}_j n_j^2} \quad (15)$$

$$G_{nb} = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (P_j s_h + P_h s_j) D_{jh} \quad (16)$$

$$G_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{jr}|}{n_j n_h (\bar{Y}_j + \bar{Y}_h)} \quad (17)$$

$$G_t = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (P_j s_h + P_h s_j) (1 - D_{jh}) \quad (18)$$

式中, $p_j = n_j/n, s_j = n_j \bar{Y}_j / n \bar{Y}, j = 1, 2, 3, \dots, k$ 。 D_{jh} 代表 j(h) 区域间人工智能产业技术标准形成能力贡献率影响程度。其中, d_{jh} 为区域间人工智能产业技术标准形成能力的贡献率差值; p_{jh} 为超变一阶矩, 计算公式如下所示:

$$D_{jh} = \frac{d_{jh} - p_{jh}}{d_{jh} + p_{jh}} \quad (19)$$

$$d_{jh} = \int_0^{\infty} dF_j(y) \int_0^y (y-x) dF_h(x) \quad (20)$$

$$p_{jh} = \int_0^{\infty} dF_h(y) \int_0^y (y-x) dF_j(x) \quad (21)$$

5. Kernel (核) 密度估计。

Kernel (核) 密度估计方法无需事先设定模型结构, 稳定性较强, 且能够用连续密度曲线可视化的展现随机变量的分布态势。在研究空间非均衡问题中, Kernel (核) 密度估计已经成为一种较为普遍的方法。若随机变量 X_1, \dots, X_n 同分布, 而密度函数 $f(x)$ 未知, 则可通过经验分布函数得到密度函数 $f(x)$ 的核估计:

$$F_n(y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I(X_i \leq y) \quad (22)$$

式中，N为观测值数，z为条件关系式，I(z)为示性函数；若z为假时，I(z)=0；若z为真时，I(z)=1。Kernel(核)密度估计为：

$$\begin{aligned} f(x) &= [F_n(x+h) - F_n(x-h)] / 2h \\ &= \frac{1}{2h} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I(x-h \leq X_i \leq x+h) \right) \\ &= \frac{1}{h} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{2} I\left(-1 \leq \frac{x-X_i}{h} \leq 1\right) \right) \\ &= \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^N k\left(\frac{X_i-x}{h}\right) \end{aligned} \quad (23)$$

式中，h表示自定义表宽带，x表示均值，Xi表示独立同分布的观测值。K(·)代表核函数，需满足：

$$K(x) \geq 0, K(x) = K(-x), \int_{-\infty}^{+\infty} K(x) dx = 1, \sup K(x) < +\infty, \int_{-\infty}^{+\infty} K^2(x) dx < +\infty$$

在核密度估计时，宽带h及核密度函数K(x)的选择会在一定程度上影响计算结果。h是观测值N的函数，两者应满足公式24。

$$\lim_{N \rightarrow \infty} h(N) = 0, \lim_{N \rightarrow \infty} Nh(N) = N \rightarrow \infty \quad (24)$$

根据核函数表达形式的不同，通常包括三角核(Triangular)、四次核(Quartic)、伊番科尼可夫核(Epanechnikov)及高斯核(Gaussian)等。本文使用较为常用的高斯核函数(见公式25)对我国人工智能产业技术标准形成能力进行估计。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) \quad (25)$$

(二)技术标准形成能力指标体系构建

技术标准源于技术，科学技术创新是技术标准建立的前提。在技术研发成果的基础上形成技术标准，是技术标准的研制阶

段。协商一致标准形成过程的关键环节，既有各自拥有的经济和技术资源的合作与协商，也有基于不同动机的博弈，最后就某个技术标准的选择达成一致。达成协商一致的技术标准通过批准发布而完成标准的形成过程。技术标准形成的周期较长，且在过程中需消耗大量资源，技术标准的结果与各参与主体的利益密切相关，因此需要各方集中力量共同参与，以解决过程中出现的种种难题^[18]，这些特征符合集体行动理论的逻辑^[25]。集体行动理论侧重于实现单个伙伴无法实现的目标^[26]，也被用于研究组织如何合作开发信息系统标准^[27, 28, 29]。奥尔森提出了集团规模、集团成员异质性和制度设计是集体行动的核心影响因素^[30, 31, 32]，本文基于此识别了技术标准形成过程中参与主体规模、参与主体异质性及制度设计三个一级指标，以此形成理论模型(如图 1)。

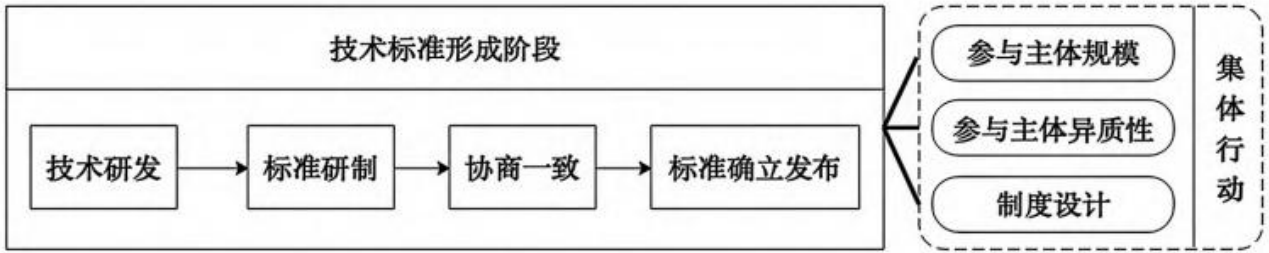


图 1 理论模型图

《国家标准化发展纲要》指出，到 2025 年实现政府型标准和市场型标准并重发展，优化标准二元结构。在标准化发展过程中，政府型标准保障基本人生安全和生态环境安全。而以团体标准为代表的市场型标准，则是为了满足产业创新需求和发展需要，激发市场活力。根据前期数据统计，在我国人工智能产业标准中，团体标准占比 49.82%，发挥着不容小觑的作用。此外，在实际技术标准形成过程中，标准制定单位分为主导制定和参与制定，这两种形式的影响力也不同^[33]。凌艳平认为主导制定标准的参与主体在标准形成过程中具有一定的话语权和主导作用，意味着能够获得更多优势，也表明其技术标准形成能力更强^[34]。参与制定技术标准的行为主体虽然不能发挥主导作用，但是 Blind 认为他们可以在标准形成过程中获得相关知识，以此增强自身竞争优势^[35]。

奥尔森认为参与主体规模是集体行动实现程度的关键变量，规模的大小决定了是否更有倾向产生集体行动。Esteban 提出较大规模的群体更能有效地组织集体行为^[36]。Oliver 主张如果成本随群体规模变化不大，那么较大的群体应该比较小的群体表现出更多的集体行动^[37]。因此，在参与主体规模层面，在考虑标准参与主体的数量之外，设定平均参与主体数量，表示参与单位越多，其协商一致的程度越高。

集体成员的差异性对集体供给也有较大的影响，在集体中成员之间的差异性越大，集体物品越容易产生；即集团之间的非对称性越强，更容易形成集体行动。Sandler 认为异质群体更倾向于达成某种集体行动^[38]。de Reuver 指出不同行动者之间资源、时间等的差异会使他们相互依赖而引发集体行动^[26]。技术标准参与主体主要包括了企业、科研院所、技术机构、高等院校、社会团体、政府部门等。在标准制定过程中，不同主体的协调能力不同，其发挥的作用也就不同。其中，企业往往是技术标准形成阶段参与数量最多、最为活跃的一类主体^[39]。《国家标准化发展纲要》也指出，企业是关键主体，要形成企业为主的标准化工作新格局。因此，在参与主体异质性层面，除了主导制定平均参与主体类别数外，还考虑企业占比。

在制度设计的选择性激励影响因素中，强制性组织成了不可或缺的制度条件。技术标准的形成不仅是技术性竞争过程，更是政治化过程^[40]。因此在标准形成过程中，政府承担了这一组织角色。而产业竞争力可以帮助我国人工智能产业在国内甚至国际市场上获得竞争优势，以有效获取产业的经济利润^[41]，因此产业竞争力的大小往往也会影响制度设计。基于上述理论分析，构建我国人工智能产业技术标准形成能力指标体系，其中包含了 3 个一级指标和 11 个二级指标，具体如表 2 所示。

表 2 人工智能产业技术标准形成能力指标体系

目标层	一级指标	二级指标
人工智能产业技术标准形成能力	参与主体规模	主导制定政府型标准的平均参与主体数量
		主导制定市场型标准的平均参与主体数量
		政府型标准参与主体总数
		市场型标准参与主体总数
	参与主体异质性	主导制定政府型标准的平均参与主体类别数
		主导制定市场型标准的平均参与主体类别数
		政府型标准参与主体中区域企业类别占比
		市场型标准参与主体中区域企业类别占比
	制度设计	人工智能发展政策数量
		政府奖励力度
		人工智能产业竞争力

(三)数据来源及处理

考虑数据的可获得性和完整性等因素,本文研究区域为我国大陆 30 个省市自治区,暂未将西藏、香港、澳门和台湾地区纳入研究范围;并参照《中国统计年鉴》,划分为东部地区、中部地区及西部地区。根据表 2 构建的指标体系,选取 2015—2019 年连续时间序列数据。

1. 技术标准相关数据的来源及处理。

根据国标委 2021 年发布《人工智能标准化白皮书(2021 版)》中的“人工智能标准体系框架”、“人工智能标准明细表”和《2019 人工智能安全标准化白皮书》中关于人工智能关键技术的界定,选取“人工智能、机器学习、云计算、语音识别、生物特征、智能制造”等 49 个关键词。以上述关键词为检索词,在全国标准信息公共服务平台进行人工智能领域技术标准检索;并辅以工标网、杭州质量服务网、标准图书馆等进行有关起草单位的查找和补充。其中,由于不少技术标准的牵头单位是落户于北京的国家级研究院、协会等单位,因此本文将主导制定标准中国字头的研究机构和协会按照第二起草单位处理。

2. 产业竞争力数据来源及处理。

借鉴李旭辉^[42]和吕荣杰^[21]的做法,人工智能产业经济效益相关数据从《中国信息产业年鉴》及我国 30 个省市自治区的地方统计年鉴中选取软件与信息技术服务业、计算机、通信及其它电子设备制造、仪器仪表制造业、电气机械及器材制造及专用设备制造业五大产业加总获得。

3. 人工智能发展政策数据来源及处理。

数据来源于北大法宝网,针对收集时部分原始数据缺失的问题,采取插值法对其进行补充处理。

(四) 测度结果分析

根据公式 3 获得的每年指标权重, 并通过公式 4 得到 2015—2019 年我国各省份人工智能产业技术标准形成能力的评价值。采用 TOWA-GA 混合算子模型, 结合时间权重 w 对评价结果进行时间权重加权, 得到最终评价值和排名, 如表 3 所示。

表 3 2015—2019 年人工智能产业技术标准形成能力评价结果

区域	地区	2015	2016	2017	2018	2019	最终评价值	最终排名
东部	北京	0.8629	0.2767	0.8589	0.8272	0.7654	0.7353	1
	广东	0.2214	0.3885	0.4496	0.5784	0.5575	0.4961	2
	上海	0.2350	0.1685	0.2389	0.4682	0.4300	0.3556	3
	浙江	0.0975	0.1400	0.2268	0.4229	0.4322	0.3242	4
	山东	0.0632	0.0990	0.2417	0.4525	0.4027	0.3101	5
	江苏	0.2268	0.1173	0.2599	0.2862	0.4048	0.2976	6
	辽宁	0.2545	0.1120	0.1394	0.0943	0.1851	0.1475	11
	天津	0.0236	0.0783	0.0393	0.0552	0.3115	0.1286	12
	福建	0.0125	0.0672	0.1734	0.2652	0.0614	0.1134	15
	海南	0.0094	0.0068	0.0055	0.0083	0.3188	0.0831	17
河北	0.1271	0.0092	0.0495	0.0961	0.0641	0.0633	19	
中部	湖北	0.0347	0.6031	0.5616	0.3483	0.0849	0.2412	7
	安徽	0.3592	0.0137	0.1450	0.1543	0.3345	0.1972	8
		0.1111	0.0384	0.0762	0.1370	0.1740	0.1233	13

	吉林							
	河南	0.0084	0.0378	0.1353	0.2821	0.0837	0.1155	14
	江西	0.0093	0.0038	0.0455	0.1793	0.1324	0.0880	16
	山西	0.0043	0.0028	0.0403	0.0620	0.1206	0.0582	20
	湖南	0.0111	0.0983	0.0258	0.1090	0.0357	0.0523	22
	黑龙江	0.1175	0.0018	0.0175	0.0555	0.0259	0.0305	24

续表 3

区域	地区	2015	2016	2017	2018	2019	最终评价值	最终排名
西部	四川	0.0119	0.0307	0.1905	0.1173	0.4088	0.1920	9
	陕西	0.0106	0.0535	0.0976	0.2264	0.2203	0.1518	10
	重庆	0.0064	0.0085	0.0211	0.3246	0.0555	0.0822	18
	云南	0.0028	0.0048	0.1080	0.0738	0.0756	0.0576	21
	广西	0.0110	0.0065	0.0570	0.0142	0.0617	0.0342	23
	贵州	0.0031	0.0055	0.0245	0.0096	0.0502	0.0232	25
	新疆	0.0096	0.0040	0.0037	0.0244	0.0418	0.0209	26
	内蒙古	0.0013	0.0046	0.0407	0.0032	0.0218	0.0136	27
	宁夏	0.0061	0.0028	0.0066	0.0075	0.0283	0.0131	28
			0.0036	0.0026	0.0062	0.0067	0.0130	0.0080

	甘肃							
	青海	0.0020	0.0015	0.0408	0.0043	0.0007	0.0056	30

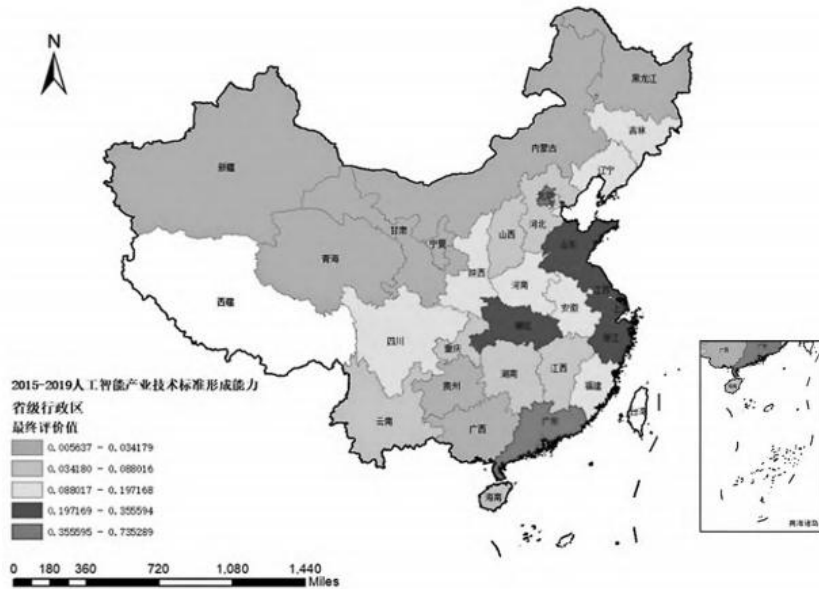


图2 2015—2019年我国人工智能产业技术标准形成能力整体空间分布格局

注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS（2019）1822的标准地图制作，底图无修改。

2015—2019年我国人工智能产业技术标准形成能力总体呈现增长态势。全国均值由2015年的0.0953增长至2019年的0.1968，年均增长率为25.001%，总体呈现较好的发展趋势，有效支撑了我国人工智能标准化发展目标的实现。从最终排名看，北京人工智能产业技术标准形成能力优势显著。北京作为我国政治经济中心，在技术标准化活动中发挥着“领头羊”的作用，无论是国家AI人才数量、服务平台、资本助力、企业数量等，北京均位居全国前列。而广东具备粤港澳大湾区的地理优势，基础层和技术层企业数量仅次于北京，主要分布于广州、深圳、珠海等地，华为、腾讯、深信服科技等头部企业较多，人工智能产业发展过程中政策也较为完善，因此在技术标准化过程中活跃度较高。上海在推动本市人工智能标准制修订方面做了不少引领性工作，发布了人工智能标准体系建设指导文件，以期打造上海特色的人工智能产业创新发展的标准体系。

东部地区呈现波动上升态势且一直处于领先地位。东部地区人工智能产业发展较早，在技术标准形成过程中所拥有的人力、物力、知识资源等较为丰富，在标准意识上也较为先进，这些因素的协同作用奠定了东部地区的优势。中部和西部相比东部地区而言，资源较少，人工智能产业发展程度较低，因此与东部存在较大差异。

二、我国人工智能产业技术标准形成能力的空间非均衡特征

（一）人工智能产业技术标准形成能力可视化分析

本文将技术标准形成能力分为5个等级，分别是高(0.2以上)、较高(0.1-0.2)、中等(0.05-0.1)、较低(0.01-0.05)和低(0-0.01)。通过ArcGIS空间分析技术，得到2015和2019年人工智能产业技术标准形成能力地区分布图(见图3)，图中空白区域

为无数据。

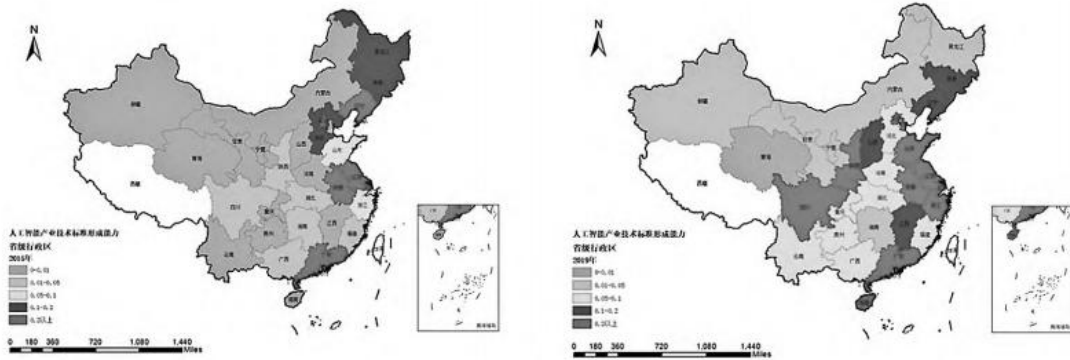


图3 2015年和2019年人工智能产业技术标准形成能力空间分布格局

注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS（2019）1822的标准地图制作，底图无修改。

2015—2019年我国人工智能产业技术标准形成能力获得明显提升。在考察期内，高技术标准形成能力的区域由2015年的6个省份增加至2019年的11个省份。低技术标准形成能力的区域由2015年的12个省份减少至2019年的1个省份。总体看，东部技术标准形成能力显著高于中部和西部地区，区域间人工智能产业技术标准形成能力持续存在着较大差异。

(二) 人工智能产业技术标准形成能力的地区差异及其来源

为了揭示我国人工智能产业技术标准形成能力的三大地区相对差异，本文计算了我国2015—2019年人工智能产业技术标准形成能力的总体基尼系数，以及在东中西部三大地区的分解，结果如表4所示。

表4 人工智能产业技术标准形成能力基尼系数及其分解结果

年份	总体系数	地区内基尼系数			地区间基尼系数			贡献率(%)		
		东部	中部	西部	东-中	东-西	中-西	地区内	地区间	超变密度
2015	0.7211	0.5386	0.6404	0.3408	0.6623	0.9383	0.8708	26.30	63.47	10.23
2016	0.6976	0.4254	0.7525	0.5751	0.6818	0.8584	0.8727	24.92	50.88	24.20
2017	0.5886	0.4615	0.5635	0.5187	0.5864	0.7004	0.6168	28.46	51.88	19.66
2018	0.5469	0.4184	0.3181	0.6661	0.4881	0.7162	0.5842	27.50	55.78	16.72
2019	0.5136	0.3031	0.3824	0.5786	0.5463	0.6570	0.5308	24.60	61.74	13.66

1. 人工智能产业技术标准形成能力的总体差距及其演变趋势。

我国人工智能产业技术标准形成能力总体基尼系数，从2015年的0.7211降至2019年的0.5136，其中2017年总体基尼系数下降速率较大。2015—2019年我国人工智能产业技术标准形成能力总体系数差异年均下降8.01个百分点，总体技术标准形成能力的差距正在逐步缩小。

2. 人工智能产业技术标准形成能力的地区内差距及其演变趋势。

图4展现了人工智能产业技术标准形成能力地区内差距演变的具体形态。①2015—2019年东部地区内基尼系数均值最小，表现出“下降-上升-下降”的变化趋势。其演变过程可以分为三个阶段：第1阶段地区内差距下降，基尼系数由2015年的最大值0.5386下降到2016年的0.4254；第2阶段差距上升至2017年的0.4615；第3阶段地区内则呈现下降的趋势，由2017年开始持续下降至2019年的最小值0.3031。②2015—2019年中部地区内基尼系数均值为0.5314，中部地区人工智能产业技术标准形成能力的地区内差距呈现“上升-下降-上升”的变化形态。③西部地区人工智能产业技术标准形成能力的地区内差距则呈现“上升-下降-上升-下降”的变化形态。

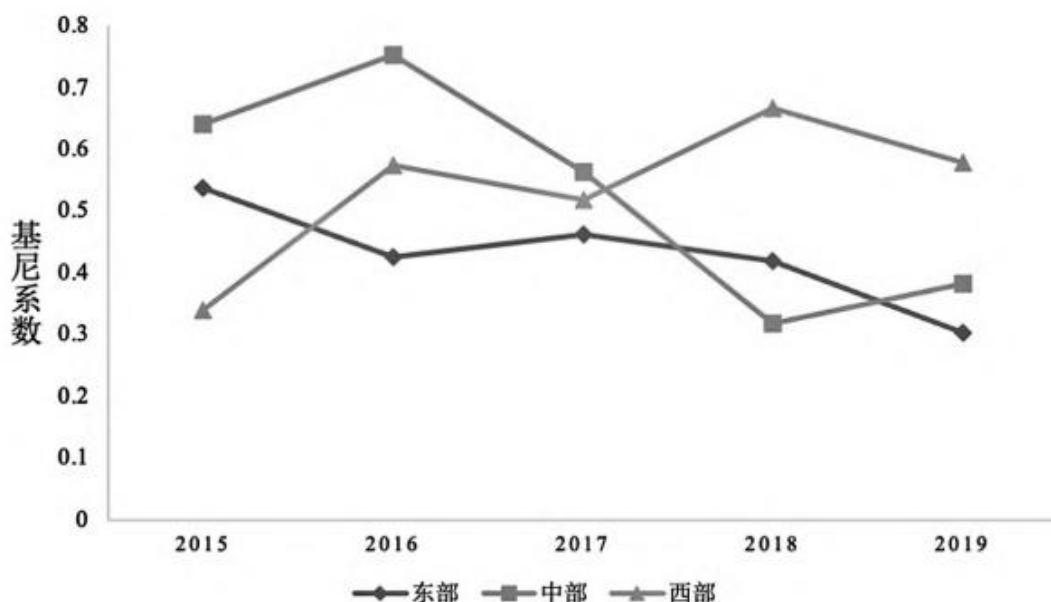


图4 我国东、中、西部地区内基尼系数的演变趋势

3. 人工智能产业技术标准形成能力的地区间差距及其演变趋势。

图5展现了人工智能产业技术标准形成能力地区间差距演变的具体形态。可以看出，人工智能产业在2015—2019年的技术标准形成能力存在明显的地区间差距。①东-中部之间的地区差距均值最小，地区间差距呈现出“上升-下降-上升”的演变趋势。其演变过程可以分为三个阶段：第1阶段，东-中部地区间差距经历了波动幅度十分微弱的上升，基尼系数由2015年的0.6623上升至2016年的0.6818；第2阶段，地区间差异下降至2018年的0.4881；第3阶段则呈现上升的趋势。②2015—2019年东-西部之间的地区间基尼系数均值最大，为0.7741。东-西部地区间差距总体呈现下降的变化趋势，仅在2018年出现较小的波动，总体下降幅度为29.98个百分点。③中-西部之间差距均值为0.6951，地区间差距呈现“上升-下降”的演变趋势。其演变过程可以分为两个阶段：第1阶段，2016年基尼系数在2015年的基础上出现微小的增加；第2阶段则从2016年一直下降至2019年。

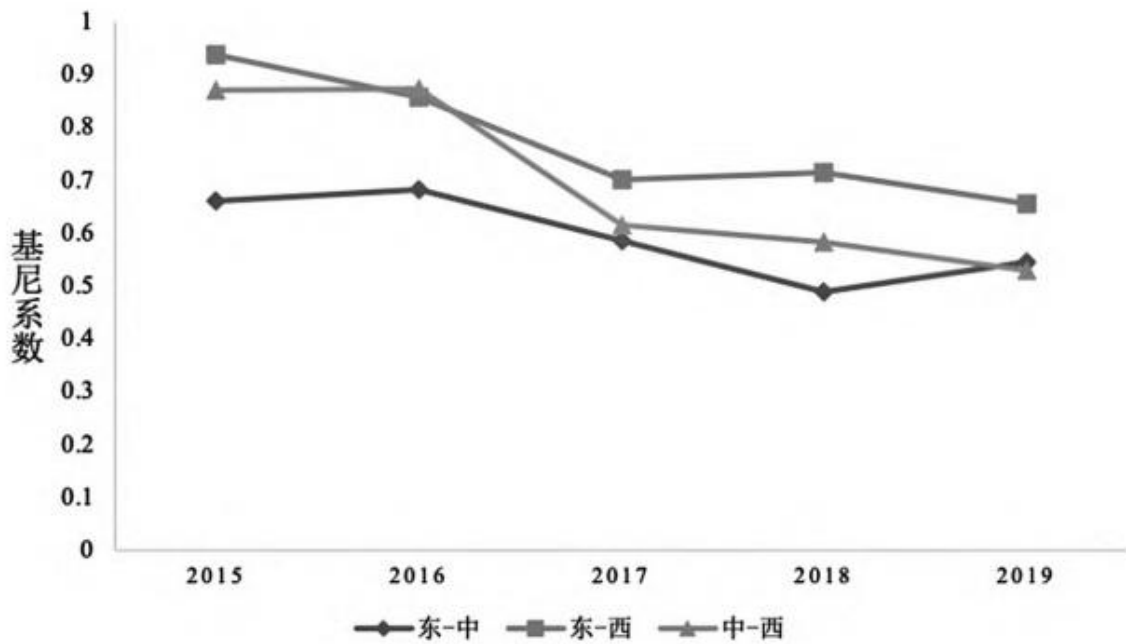


图5 我国东、中、西部地区间基尼系数的演变趋势

4. 人工智能产业技术标准形成能力地区差距的来源及其贡献率。

图6呈现了三大地区分组情况下我国人工智能产业技术标准形成能力总体地区差距来源及其贡献率。①我国人工智能产业在2015—2019年的技术标准形成能力地区内差距的贡献率表现为“下降-上升-下降”的变化态势。②地区间差距的贡献率经历了“下降-上升”的V形变化态势，但在2015—2019年间均远高于地区内差距贡献率，显然是造成地区差异的主要来源。③超变密度的贡献率则表现为倒V形，与地区间差异呈现水平对称的变化趋势。

三、人工智能产业技术标准形成能力的Kernel密度估计

为了进一步考察我国人工智能产业技术标准形成能力的动态演化，本文采用Kernel(核)密度估计法探究我国整体及三大区域内部人工智能产业技术标准形成能力的分布态势、延展性和极化趋势，以探究技术标准形成能力演变的绝对差异规律，具体如图7所示。

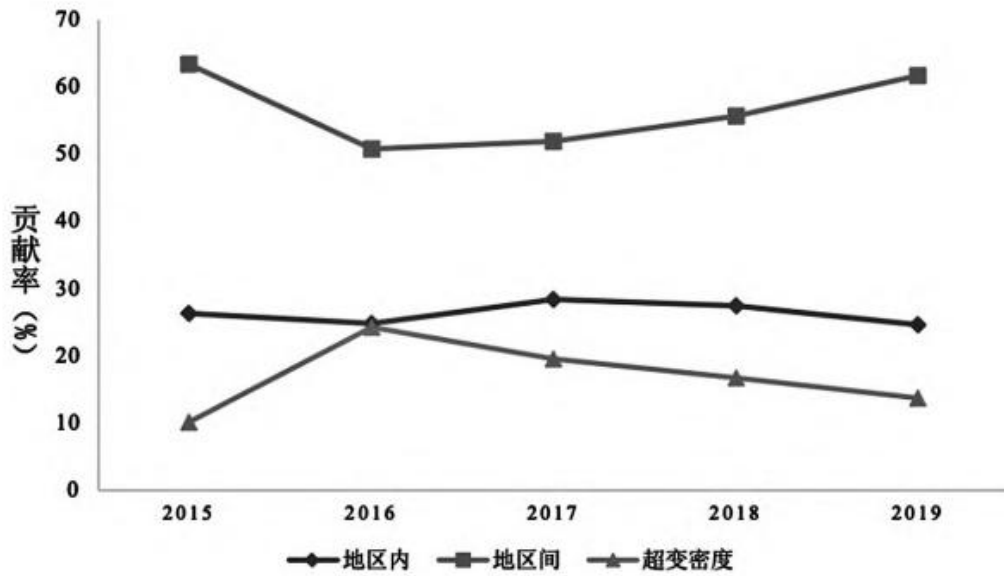


图6 我国人工智能产业技术标准形成能力的地区差距贡献率演变趋势

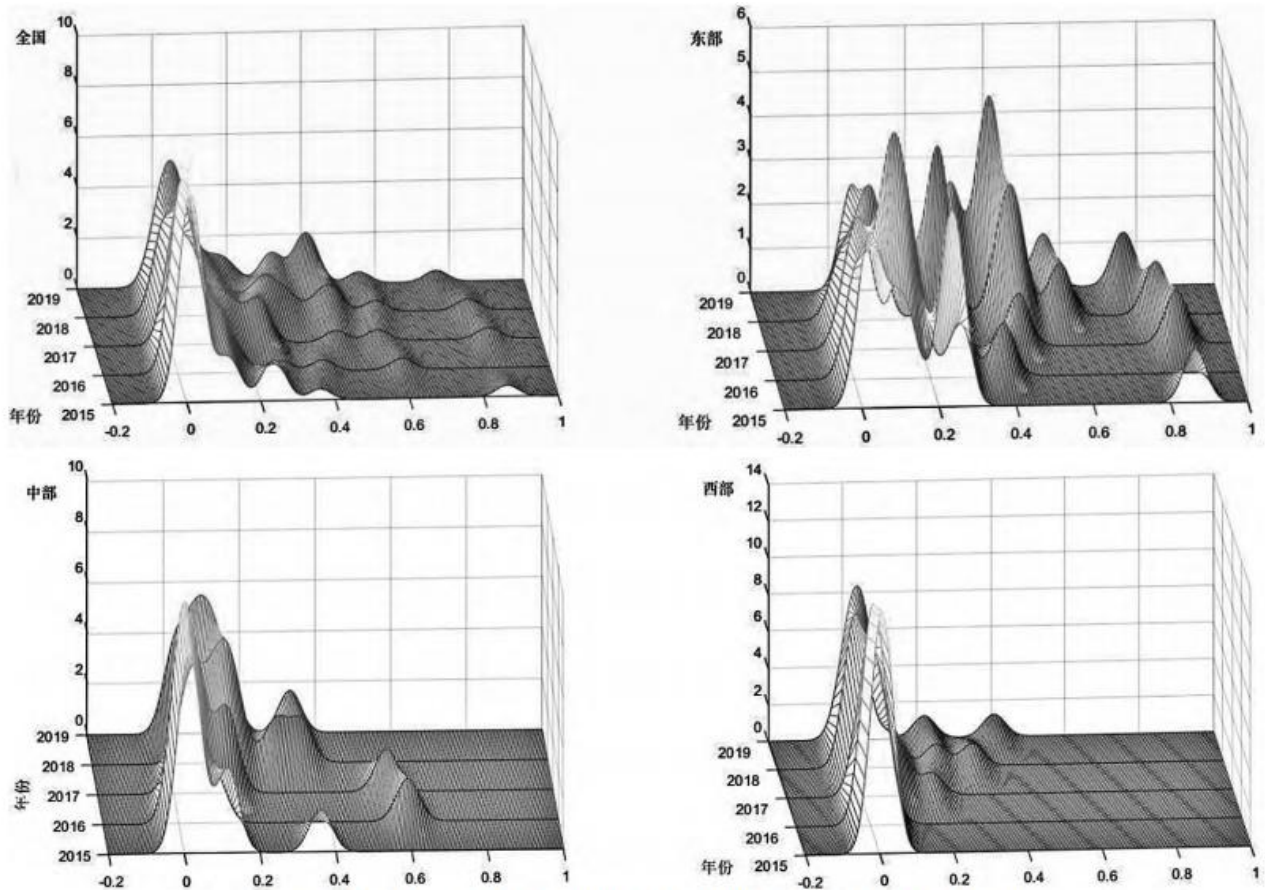


图7 我国人工智能产业技术标准形成能力核密度分布

1. 从全国看，我国技术标准形成能力密度曲线总体向右移动，说明 2015—2019 年我国人工智能产业技术标准形成能力总体

在提高。2015—2019年核密度曲线总体波峰峰值表现为“减小-增大”的态势。相较于2015年，2016—2018年的核密度曲线波峰高度逐年下降，但宽度呈现增大的形态，说明我国人工智能产业技术标准形成能力地区绝对差异扩大。相比2018年，2019年波峰高度增加，宽度减小，代表该时期我国整体技术标准形成能力绝对差异减小。此外，核密度曲线右拖拉长，说明有些省份（北京、广州、上海、浙江等）的技术标准形成能力发展较快，而有些省份（内蒙古、宁夏、甘肃、青海等）的技术标准形成能力发展较慢，差距较为显著。另外，核密度曲线在考察期内均出现了多峰的形态，表明我国人工智能产业技术标准形成能力出现了多极分化现象。

2. 我国东部人工智能产业技术标准形成能力核密度曲线整体向右移动，说明2015—2019年东部地区技术标准形成能力处于上升的变化趋势。总体而言，东部地区核密度曲线波动较大，且出现较多侧峰。相比于2015年而言，2019年的核密度曲线主峰高度有所上升，波峰宽度变化不明显，东部地区内部各省技术标准形成能力绝对差距在减小。核密度曲线右拖拉长，说明东部地区内各省份技术标准形成能力发展不尽相同，产生了较大的差距。核密度曲线在考察期内均出现了明显的多峰形态，表明我国东部地区人工智能产业技术标准形成能力出现了显著的多极分化现象。

3. 2015—2019年中部地区技术标准形成能力密度曲线整体向右移动，表明我国中部地区人工智能产业技术标准形成能力总体提高。核密度曲线总体波峰峰值呈现“增大-减小-增大”的变化态势。2016年的核密度曲线与2015年相比波峰高度有所增加，说明在此期间中部地区技术标准形成能力绝对差距有所减小。相比2016年，2017—2018年的波峰高度逐年下降，中部地区技术标准形成能力绝对差距扩大。而2019年的波峰高度增加，因此该时期中部的绝对差异有所减小。曲线存在较为明显的右拖尾现象，表明地区内部存在一定的差距。核密度曲线在2016年出现了双峰形态，表面该年技术标准形成能力两极分化发展；而在其余年份均为多峰形态，因此呈现多极化的发展趋势。

4. 我国西部人工智能产业技术标准形成能力核密度曲线整体向右移动，说明西部地区技术标准形成能力呈现上升趋势。2015—2019年核密度曲线总体波峰峰值呈现“减小-增大”的趋势。相比较于2015年，2016和2017年核密度曲线波峰高度呈现下降的变化态势；2018年的波峰宽度较于2017年减小，但波峰高度变化较小，可以看出西部地区内部各省技术标准形成能力绝对差距增大。2019年核密度曲线波峰高度大于2018年，说明该期间内西部地区绝对差异减小。核密度曲线存在明显右拖尾的现象，西部地区内部城市之间发展绝对差距增大。核密度曲线在2015—2019年波峰数量由单峰、双峰到多峰，逐渐呈现单极、两极至多极化的发展趋势。

四、结论与建议

本文借助熵权-综合评价法、“熵值”非线性规划法和TOWA-GA混合算子模型对我国东中西部30个省级行政区2015—2019年人工智能产业技术标准形成能力进行测度，并运用Dagum基尼系数及其分解法和Kernel(核)密度估计法进一步探索技术标准形成能力空间非均衡性和分布动态演进特征，主要得到以下结论：

1. 我国人工智能产业技术标准形成能力显著提升，2019年技术标准形成能力是2015年的2.065倍。其中，我国东部技术标准形成能力为0.3576，中部为0.1240，西部为0.0889，东部优势依然明显。但2015—2019年西部的年均增长率达到129.15%，增幅最大。标准形成能力最终评价价值的前6名均在东部地区，形成了北京、广东(珠三角)、上海-浙江-江苏(长三角)三大核心地区，集聚发展优势较大。湖北和安徽排名分别为第7和第8，已经初步形成对中部地区的带动效应；四川、陕西排名分别为第9和第10，在西部区域内具有相对优势，云南、贵州和内蒙古加大了产业政策支持，总体增长显著。

2. 从Dagum基尼系数显示的相对差异看，我国总体技术标准形成能力在考察期内差距缩小。在2015—2019年间，地区内差异贡献率最低为24.6%，最高28.46%；而地区间差异的贡献率最高64.47%，最低50.88%，地区间差异远高于地区内差异，因此地区间差异是造成技术标准形成能力地区差异的主要原因。在地区内差异方面，东部和中部总体呈现下降的变化趋势，而西部则呈现上升趋势。在地区间差异方面，2015—2019年东-中部、东-西部、中-西部整体均表现为下降趋势，但东-西部的地区间差距在依然保持最高的水平。中-西部地区间差距从0.8708降至0.5308，减小幅度较大；东-西部差距水平从2015年的0.9383下降

至 2019 年的 0.6570, 亦呈现出较为明显的下降趋势。

3. 从 Kernel(核)密度估计显示的绝对差异看, 我国整体及三大地区核密度函数曲线整体向右偏移, 进一步表明人工智能产业技术标准形成能力呈上升态势。无论是全国整体还是三大地区均出现右拖尾现象, 表明技术标准形成能力绝对差异在扩大; 且核密度曲线同时存在高主峰和低侧峰, 说明我国人工智能产业技术标准形成能力存在一定程度上的梯度发展。此外, 我国整体及东部地区呈现多极化发展态势, 中部地区出现两极和多极分化现象, 而西部地区则呈现单极、双极至多极的发展趋势。

根据上述研究结论, 本文提出如下建议:

1. 在区域协调发展的战略下进一步缩小区域间差异, 分步提升西部技术标准形成能力。第一, 通过东部带动西部发展, 引导东部技术标准资源逐步流向资源相对匮乏的中西部地区, 为中西部人工智能企业尽可能地提供人力、资金等资源支持, 实现区域间技术标准化发展的良性互动, 促使人工智能标准在我国西部大开发战略及中部地区崛起战略实施中发挥重要作用。第二, 引导市场主体积极参与人工智能领域团体标准的制定。根据本研究统计数据, 人工智能产业领域的团体标准已从 2015 的 3 项增加至 2019 年的 56 项; 在 2019 年 150 项人工智能标准中, 团体标准占比 37.3%, 发展迅速。因此西部虽然当前技术创新能力和资源不具备优势, 暂时不具备主导制定政府型标准的能力, 但可以加强政策引导, 加大激励力度, 支持市场主体积极参与市场型标准的制定, 并在此过程中逐步提高自身技术标准形成能力。

2. 重视西部和中部的地区内差异问题。以 2019 年为例, 西部 11 个省份中, 甘肃、广西、贵州、内蒙古等 8 个省份均未主导制定任何类型技术标准; 另外, 政府型标准参与主体总数不超过 5 个的有 8 个省份, 市场型标准参与主体总数不超过 5 个的有 6 个省份, 这意味着参与标准制定的积极性也不高。西部的四川和陕西在全国综合排名分别为第 9 名和第 10 名, 也是西部地区技术标准形成能力最高的两个省份。目前四川正在重点发展先进数算、工业机器人、智能机器人等领域, 而陕西则强调在人工智能理论、算法、芯片等领域的进展。因此应充分发挥四川和陕西的极核带动作用, 选择在特色重点领域打造技术标准形成能力优势, 广泛开展产业链技术标准合作。从中部地区看, 应以湖北、安徽为中心开展技术标准联动, 进一步缩小与东部地区的差异, 同时带动中部地区整体技术标准能力的提升。湖北聚集了武汉大学、华中科技大学等一流高校, 且拥有人工智能相关企业近 300 家, 基本形成较为完整的产业链条, 技术标准形成能力在中部地区综合排名最高。2019 年湖北的政府型标准参与主体总数为 20, 与安徽并列中部第一; 市场型标准参与主体总数为 25, 位于中部第一位, 且标准参与主体较为活跃, 然而湖北在主导制定标准方面提升空间较大。因此, 应促进湖北和安徽的协同联动, 打造中部地区人工智能技术标准发展高地, 辐射带动中部地区整体技术标准形成能力的提高。

参考文献

- [1] 中国信息通信研究院. 全球数字产业战略与政策观察 (2021 年) [R/OL]. (2022-01-28) [2022-02-25]. http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/ztbq/202201/t20220128_396349.htm
- [2] Cihon P. Standards for AI governance: international standards to enable global coordination in AI research & development [R]. Future of Humanity Institute. University of Oxford, 2019.
- [3] 蔡星月. 人工智能的“标准之治” [J]. 中国法律评论, 2021 (05): 94-103.
- [4] Zielke T. Is Artificial Intelligence Ready for Standardization? [C] // European Conference on Software Process Improvement. Springer, Cham, 2020: 259-274.
- [5] Golenkov V, Guliakina N, Golovko V, et al. Artificial intelligence standardization is a key challenge for the

technologies of the future[C]//International Conference on Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. Springer, Cham, 2020:1-21.

[6] 刘思薇, 周立军, 杨静, 虎陈霞. 人工智能产业技术标准合作网络演化与主体识别: 基于社会网络分析法与 TOPSIS 熵权法[J]. 科技管理研究, 2022, 42(06):143-152.

[7] Baron J, Spulber D F. Technology standards and standard setting organizations: Introduction to the search center database[J]. Journal of Economics & Management Strategy, 2018, 27(3):462-503.

[8] Lichtenthaler U. Licensing technology to shape standards: Examining the influence of the industry context[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2012, 79(5):851-861.

[9] 陈雯雯, 陈雪梅. 技术共同演化与标准制定方法研究[J]. 科技进步与对策, 2014, 31(21):65-69.

[10] 徐明华, 史瑶瑶. 技术标准形成的影响因素分析及其对我国 ICT 产业标准战略的启示[J]. 科学学与科学技术管理, 2007(09):5-9.

[11] 毕勋磊. 技术标准的影响与形成的述评[J]. 技术经济与管理研究, 2013(01):36-40.

[12] 杨武, 吴海燕, 杨成鹏. 基于“技术—市场—规划”模型的技术标准竞争力综合评价研究[J]. 研究与发展管理, 2010, 22(01):18-25.

[13] 高俊光. 面向技术创新的技术标准形成路径实证研究[J]. 研究与发展管理, 2012, 24(01):11-17.

[14] 曾德明, 伍燕妮, 吴文华. 企业技术标准化能力指标体系构建[J]. 科技管理研究, 2005(08):168-171.

[15] 高俊光, 赵诗雨, 陈劲. 技术标准形成过程中规制的作用机理研究综述——规制主体视角[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(04):154-160.

[16] 曾德明, 张裕中, 戴海闻. 合作网络邻近性、网络结构与标准制定能力的关系研究[J]. 软科学, 2018, 32(03):43-46, 88.

[17] 陈立勇, 张洁琼, 曾德明, 徐露允. 知识重组、协作研发深度对企业技术标准制定的影响研究[J]. 管理学报, 2019, 16(04):531-540.

[18] 孙冰, 刘晨, 田胜男. 社会网络视角下联盟成员合作关系对技术标准形成的影响[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(04):21-27.

[19] 姜红, 吴玉浩高思菀. 基于专利分析的技术标准化能力演化过程研究[J]. 情报杂志, 2018, 37(07):70-77.

[20] Jiang H, Zhao S, Liu C, et al. The role, formation mechanism, and dynamic mechanism of action of technology standards in industrial systems[J]. Information Technology and Management, 2016, 17(03):289-302.

[21] 吕荣杰, 郝力晓. 中国人工智能发展水平、区域差异及分布动态演进[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(24):76-84.

-
- [22] 卿青平. 省域生态环境质量动态评价及差异研究[D]. 湖南大学, 2019.
- [23] 郭亚军, 姚远, 易平涛. 一种动态综合评价方法及应用[J]. 系统工程理论与实践, 2007(10):154-158.
- [24] 李强谊, 钟水映. 中国旅游产业专业化发展水平的空间非均衡及其演变——基于 Dagum 基尼系数与 Markov 链估计方法的实证研究[J]. 经济地理, 2016, 36(12):197-203.
- [25] Narayanan V K, Chen T. Research on technology standards: Accomplishment and challenges[J]. Research Policy, 2012, 41(8):1375-1406.
- [26] de Reuver M, Verschuur E, Nikayin F, et al. Collective action for mobile payment platforms: A case study on collaboration issues between banks and telecom operators[J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2015, 14(5):331-344.
- [27] Markus M L, Steinfield C W, Wigand R T. Industry-wide information systems standardization as collective action: the case of the US residential mortgage industry[J]. MIS quarterly, 2006:439-465.
- [28] Klein S, Schellhammer S. Developing IOIS as collective action: A cross-country comparison in the health care sector[C]//2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE, 2011:1-10.
- [29] Weiss M, Cargill C. Consortia in the standards development process[J]. Journal of the American society for information science, 1992, 43(8):559-565.
- [30] 付刚. 奥尔森集体行动理论研究[D]. 吉林大学, 2011.
- [31] Esteban J, Ray D. Collective action and the group size paradox[J]. American political science review, 2001, 95(3):663-672.
- [32] Sandler T. Collective action: fifty years later[J]. Public Choice, 2015, 164(3):195-216.
- [33] 瞿羽扬, 周立军, 杨静, 方世世. 数字经济领域上市公司技术标准化能力对绩效的影响研究[J]. 科技管理研究, 2021, 41(07):59-63.
- [34] 凌艳平, 黄杨程, 侯俊军. 中小企业研发能力对标准化能力的影响研究[J]. 湖湘论坛, 2018, 31(01):149-158.
- [35] BLIND K, MANGELSDORF A. Motives to standardize: Empirical evidence from Germany[J]. Technovation, 2016, 48:13-24.
- [36] Esteban J, Ray D. Collective action and the group size paradox[J]. American political science review, 2001, 95(3):663-672.
- [37] Oliver P E, Marwell G. The paradox of group size in collective action: a theory of the critical mass. II[J]. American Sociological Review, 1988:1-8.

-
- [38] Sandler T. Collective action: fifty years later[J]. Public Choice, 2015, 164(3):195-216.
- [39] 方世世, 周立军, 杨静, 胡静. 国家标准合作网络结构特征及驱动模式——以数字经济领域为例[J]. 中国科技论坛, 2020(05):82-90, 117.
- [40] Rühlig T. Chinese Influence through Technical Standardization Power[J]. Journal of Contemporary China, 2022:1-19.
- [41] 李巍, 李琦译. 解析美国的半导体产业霸权: 产业权力的政治经济学分析[J]. 外交评论(外交学院学报), 2022, 39(01):22-58+5-6.
- [42] 李旭辉, 张胜宝, 程刚, 马成文. 三大支撑带人工智能产业自主创新能力测度分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(04):3-25.