

DOI: 10.19479/j.2095-719x.2404267

基于超效率 DEA-Malmquist 指数的人工智能产业 创新效率评价

曾建丽¹, 于文艳¹, 王磊¹, 赵玉帛²

(1. 天津城建大学 经济与管理学院, 天津 300384; 2. 河北工业大学 经济与管理学院, 天津 300401)

摘要: 本文运用超效率 DEA 从静态层面测算了 2010—2020 年我国 30 个省份的人工智能产业创新效率, 并采用 Malmquist 指数对人工智能产业创新效率的变动情况进行动态分析, 对人工智能产业全要素生产率进行分解, 分析影响创新效率进步关键指标. 研究发现: 从整体发展水平看, 我国 30 个省份的人工智能产业创新效率总体呈平缓上升趋势; 从地区发展水平看, 东、中、西部地区的人工智能产业创新效率存在明显的差异性, 东部地区呈现缓慢下降的趋势, 但仍继续维持领跑态势, 中部地区人工智能产业创新效率总体呈缓慢上升趋势, 西部地区人工智能产业创新效率呈波动式变化, 但变化不大且始终低于平均效率; 从全要素生产率来看, 我国人工智能产业全要素生产率整体呈波动上升趋势, 主要受技术效率和技术进步指数的影响, 技术效率的提升得益于规模效率和纯技术效率的增长.

关键词: 人工智能产业; 创新效率; 超效率 DEA; Malmquist 指数

中图分类号: F49

文献标志码: A

文章编号: 2095-719X(2024)04-0267-07

Research on Innovation Efficiency Evaluation of Artificial Intelligence Industry Based on Super-efficiency DEA-Malmquist Index

ZENG Jianli¹, YU Wenyan¹, WANG Lei¹, ZHAO Yubo²

(1. School of Economics and Management, TCU, Tianjin 300384, China;

2. School of Economics and Management, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract: This article used super-efficiency DEA to measure the innovation efficiency of AI industry in 30 provinces of China from 2010 to 2020, and used Malmquist index to analyze the change in innovation efficiency of AI industry dynamically, breaking down the total factor productivity of the AI industry and analyzing key indicators of progress affecting innovation efficiency. It is found that the innovation efficiency of AI industry in 30 provinces of China is on the rise in the whole level of development and that the innovation efficiency of AI industry is on the rise in the whole level of regional development. There are obvious differences in the innovation efficiency of the AI industry in the eastern Midwestern Sectional Figure Skating Championships. The eastern region shows a slow downward trend, but it continues to maintain its leading position. The innovation efficiency of the AI industry in the central region of China is slowly rising, while that in the Western Region is fluctuating, but the change is small and always below average. From the total factor productivity perspective, the overall total factor productivity of the AI industry in China shows a fluctuating upward trend, which is mainly influenced by the technical efficiency and the technical progress index. The improvement in technical efficiency is due to the increase in scale efficiency and pure technical efficiency.

Key words: AI industry; innovation efficiency; super-efficiency DEA; Malmquist index

新形势下, 随着人工智能与大数据、云计算、5G 的深度融合, 人工智能逐渐成为推动科技跨越发展、产业优化升级、生产力整体跃升的重要驱动力量, 加速推动数字经济的发展. 当前, 世界主要国家竞相制定

人工智能产业发展计划和战略. 我国也积极把握新经济机遇期的时代脉搏, 2018 年 11 月工业和信息化部印发《新一代人工智能产业创新重点任务揭榜工作方案》、2019 年 8 月科技部印发《国家新一代人工智能创

收稿日期: 2023-02-27; 修订日期: 2023-04-20

基金项目: 天津市哲学社会科学规划项目(TJGLQN20-003)

作者简介: 曾建丽(1990—), 女, 河北邢台人, 讲师.

新发展试验区建设工作指引》等相关文件规划,助推AI产业快速发展.经过多年努力,我国人工智能产业发展水平得到很大提升,据中国工业和信息化部数据显示,截至2022年6月底,我国人工智能企业超过3000家,产业发展水平稳步提升^[1].但发展的同时,同样面临科技创新资源整合不够以及科技投入产出效益低的问题^[2].因此,测度人工智能产业创新效率成为关键问题.从创新效率的视角出发,人工智能产业发展水平如何?又有哪些因素驱动人工智能产业创新效率的高低?这些是当下迫切需要研究的问题,对提升科技资源创新整合、科技产业投入产出以及推动我国人工智能产业高速高效高质量发展具有重要意义.

人工智能产业是一个覆盖领域广阔的产业,目前,国内外对人工智能产业的概念还没有统一的论述.国家统计局2018年11月26日发布的《战略新兴产业分类(2018)》中将人工智能归属于新一代信息技术产业大类,其中包括人工智能软件开发(基础软件开发、应用软件开发)、智能消费相关设备制造(可穿戴智能设备制造、智能无人飞行器制造、其他智能消费设备制造、其他电子设备制造)、人工智能系统服务(信息系统集成服务).目前学者们对人工智能产业的内涵主要从狭义产业技术角度和广义角度对人工智能产业的内涵进行强调.从狭义角度,人工智能产业是通过技术成果转化,向社会提供数字化、信息化和智能化的产品和服务的产业^[3].2022年8月深圳市人民代表大会常务委员会通过的《深圳经济特区人工智能产业促进条例(草案)》的公告中这样界定人工智能产业:人工智能产业是指人工智能研究和应用所涉及的软硬件产品开发和生产、系统应用、集成服务等核心产业,以及人工智能技术在民生服务、社会治理、经济发展等领域融合应用带动的相关产业.从广义角度,人工智能产业包括人工智能以及人工智能与物联网、大数据等技术相结合赋能的工业、农业、服务业等产业,支持发展智能制造、智慧农业、智慧城市、智慧医疗等.基于以上文献梳理,本研究将以《深圳经济特区人工智能产业促进条例(草案)》中所阐述的人工智能产业内涵作为本研究的界定范围并展开研究.

在人工智能发展的“热潮”下,学术界已有众多学者对人工智能产业进行关注和研究.在人工智能产业方面,李旭辉等^[4]分析了“一带一路”沿线17个省市的人工智能产业科技创新效率,但上述研究只能反映“一带一路”沿线省市的人工智能产业,不能反映我国人工智能产业总体创新效率总体发展.在人工智能创新研究方法方面,匡祥琳^[5]运用主成分分析法对我国

30个省区市的人工智能技术创新水平进行评价.徐书彬等^[6]基于三段DEA模型,从企业层面对我国41家AI上市公司的创新效率进行测算,并对影响企业创新效率的因素进行相应探究,尽管三段DEA模型考虑了决策单元的环境条件和随机干扰,克服了传统DEA模型的缺点,但却无法对决策单元进一步的区分.在创新视角方面,袁野等^[7]则是基于创新生态系统,对人工智能产业的创新技术能力进行深入分析,弥补了技术创新能力侧重投入产出和R&D数据方面的不足. Bai^[8]以地方政府为研究对象,研究发现政府研发资金对区域内的创新效率有显著负向影响,政府没有充分发挥在区域创新体系中的作用.

目前在人工智能产业创新效率影响因素方面的研究还未形成统一的划分标准,暂且将影响因素主要归纳为3个层面,分别是创新环境、组织和个体.易明和Arrow认为从创新环境层面出发,可将创新效率影响因素归纳为经济发展、技术溢出、市场和创新人才^[9-10];肖仁桥、Xue和Park从组织层面出发,将创新效率的影响因素归纳为政策导向、企业所属规模、研发财力投入、科研机构与企业合作力度等^[11-13];吴士健和牛雄鹰等从个体层面出发,认为科技工作者的工作热忱度、人力资本的投入密度以及人才流入,尤其是国际人才流入等因素对创新效率存在一定的影响^[14-15].

基于以上分析,发现现有研究主要集中于人工智能企业层面或部分区域对人工智能产业创新的研究,有关创新效率影响因素的研究也主要集中于环境、组织和个体方面,而对于人工智能产业整体宏观层面的探索较少,有待进一步补充完善.针对现有研究不足,笔者将通过运用超效率DEA模型与Malmquist指数,对人工智能产业创新效率从静态和动态2个方面进行测度.最后,基于实证分析提出人工智能产业发展的对策建议.

1 评价指标体系构建与研究方法

1.1 评价指标体系构建

现有研究对创新效率的测度大多围绕创新投入和产出进行探究.为保证人工智能产业创新效率的有效性以及评价指标的易获得性、可操作性、科学性,参考李旭辉^[4]、张炜^[16]等学者的指标选取标准,将科技创新投入指标分为科技人力、科技财力和物力资源3个二级指标,并以R&D人员数量(人)、R&D经费总量(万元)、固定资产投资额(万元)分别反应上述二级指标;将科技创新产出指标分为直接知识成果和间接知

识收益 2 个二级指标,以专利申请数(个)和主营业务收入(万元)分别反应 2 个二级指标.具体人工智能产业创新效率评价指标体系如图 1 所示.

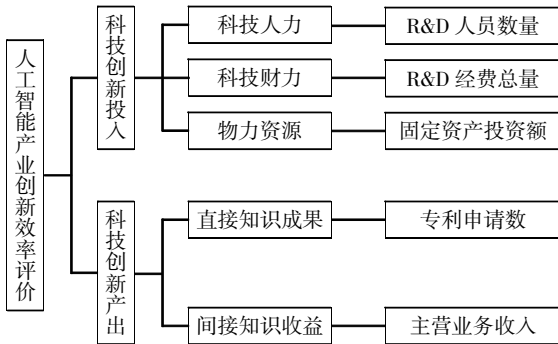


图 1 人工智能产业创新效率评价指标体系

1.2 研究方法

1.2.1 超效率 DEA

目前,数据包络分析(DEA)是一种相对有效评价同类型决策单元确定其投入产出效率的数量分析方法.超效率 DEA 因能够对多个决策单元进行排序,并可以对效率值为 1 的多个单元进一步有效区分,所以本文运用超效率 DEA 模型对人工智能产业创新效率进行测度^[7].

超效率模型计算公式为

$$\begin{cases} \min[\theta - \varepsilon(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_i^+)] \\ \text{s.t.} \sum_{j=1, j \neq k}^m X_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta X_{i0} \\ \sum_{j=1, j \neq k}^m Y_{rj} \lambda_j - s_i^+ = Y_{r0} \\ \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n, s_i^- \geq 0, s_i^+ \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: X 表示投入向量, Y 表示产出向量,二者同时表示效率值; λ_j 为各决策单元的组合系数; s^- 、 s^+ 为松弛变量.

超效率 DEA 模型在进行第 k 个决策单元效率评价时,使第 k 个决策单元的投入和产出被其他所有的决策单元投入和产出的线性组合替代,将第 k 个决策单元排除在外($j=k$).

1.2.2 Malmquist 指数

Malmquist 指数又被称为“全要素生产率”(TEPCH),主要用于测算多投入产出下,生产效率的变动状况.其包括两部分,一部分是技术效率的变动,即技术效率(ECH),另一部分是效率前沿面的移动,即技术进步(TECH).当规模报酬变化时,技术效率又可包括两部分,即纯技术效率(PECH)和规模效率(SECH).技术效

率用来测度产业资源配置和利用水平,规模效率则衡量产业规模经济的变化情况.Malmquist 指数水平和分解的各类指数数值均有特定的含义:如果指数数值大于 1,则表示在测度时间段里相应指数效率呈现上升态势;反之,则说明其处于下降的趋势^[17].

Malmquist 指数公式为:TFPCH = ECH × TECH = PECH × SECH × TECH.

Malmquist 指数计算公式为

$$E = M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \times \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

式中: $\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)}$, $\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)}$ 分别表示在 t 期技术条件下和 $t+1$ 期技术条件下, t 期到 $t+1$ 期技术效率变化值,最终测算出的值越大表明人工智能企业创新效率越高.

1.3 数据来源

基于数据的可获得性、科学性、连续性等原则,通过多方渠道收集相关数据,经过对数据进行多次验证对比,最终选择由国家统计局公布的权威统计数据作为研究数据来源.目前国家所发布的各类相关统计年鉴中未明确人工智能产业,参考学者已有研究,人工智能产业所包含的智能软件开发、智能系统服务和智能消费相关设备制造 3 个部分数据可通过《中国电子信息产业统计年鉴》、《中国信息产业年鉴》、《中国高技术产业统计年鉴》中软件与信息技术服务业和电子及通信设备制造业数据汇总得到.

文章以我国 30 个省市地区为研究对象,将其划分为东部地区、中部地区和西部地区 3 个区域,西藏地区因数据缺失暂不列入研究范围.其中,东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南 11 个地区;中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南 8 个地区;西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 11 个地区.以 2010—2020 年为研究范围,探究在该时间段内各省域人工智能产业的创新效率,并对其结果进行分析和评价.

2 实证结果分析

2.1 我国人工智能产业创新效率评价

2.1.1 整体角度分析

在测度期内,我国 30 个省份的人工智能产业创新效率总体呈平缓上升趋势(见表 1).将 2010—2020

年测度期划分为两个阶段,2010—2015年为第一阶段,2016—2020年为第二阶段.在第一阶段,我国省域人工智能产业创新发展总体效率均值为0.919;第二阶段,我国省域人工智能产业创新发展总体效率均值为1.067,比第一阶段上浮16.10%,说明自2016年我国将人工智能产业纳入政府工作报告开始,各省市高度重视人工智能产业的创新发展,将人工智能产业发展纳入各省重点行业发展目标,加快人工智能产业集群的建设.2020年各省域间人工智能产业创新效率值的差异值达到研究期内的峰值,为8.471.其中人工智能

产业创新效率始终保持较高的省份分别为广东和江西,处于产业创新低效率的分别是黑龙江和新疆.广东省人工智能产业创新发展一直保持全国领先地位,从2010—2019年测度期内,人工智能产业创新效率几乎年年处于全国第一水平.总体产业创新效率处于明显上升趋势,且均保持在3以上,在2020年创新效率更是高达8.573.粤港澳大湾区中涵盖了广东省9个市区,广州市作为其中一员,凭借大湾区强大的经济和开放活力,整合并统筹利用科技创新资源,构建开放型区域创新体系,科研成果转化水平和效率不断提升.

表1 人工智能产业2010—2020年创新效率变动情况

地区	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
北京	0.364	0.398	0.423	0.353	0.317	0.375	0.983	0.975	0.304	0.320	0.484
天津	1.224	1.252	1.416	1.133	1.000	0.821	0.960	0.985	0.627	0.849	2.515
河北	0.699	0.632	0.406	0.575	0.446	0.654	3.163	1.151	0.252	0.507	0.458
山西	0.391	0.491	0.436	0.600	0.378	0.418	0.867	0.852	0.638	0.592	0.686
内蒙古	0.998	1.324	1.235	0.718	0.491	0.267	0.906	1.177	1.034	1.000	1.000
辽宁	0.306	0.620	0.432	0.413	0.416	0.547	0.959	0.959	0.312	0.269	0.270
吉林	0.262	0.377	0.264	0.261	0.178	0.145	0.902	0.943	0.147	0.227	1.822
黑龙江	0.238	0.271	0.250	0.503	0.344	0.334	0.904	0.969	0.164	0.214	0.102
上海	0.667	0.748	0.615	0.581	0.618	0.695	0.986	0.983	0.504	0.472	0.550
江苏	1.519	1.914	1.912	2.304	2.164	1.889	3.417	2.225	1.549	1.260	1.273
浙江	0.578	0.917	1.026	1.074	0.933	1.085	0.998	1.003	0.644	0.716	0.723
安徽	1.159	1.565	2.097	1.612	1.569	1.782	0.981	1.316	1.005	0.842	1.156
福建	1.336	1.018	0.837	0.827	0.427	0.600	0.993	0.993	0.440	0.535	0.540
江西	1.508	1.757	2.232	2.200	2.781	3.826	1.711	3.348	2.294	3.356	6.161
山东	3.238	0.685	1.030	0.888	0.642	1.015	0.994	0.993	0.407	0.417	0.554
河南	0.758	0.666	0.839	0.968	0.840	1.437	0.914	0.988	1.691	1.019	0.909
湖北	0.410	0.544	0.408	0.363	0.343	0.389	0.992	0.991	0.405	0.533	0.526
湖南	0.345	0.634	0.586	0.779	0.599	0.707	0.966	0.996	0.657	0.561	0.544
广东	4.414	3.491	3.252	3.158	3.897	3.510	4.056	3.958	5.005	6.282	8.573
广西	0.860	1.326	0.740	1.221	1.841	1.825	0.867	0.821	0.793	0.803	1.132
海南	1.000	0.940	1.769	1.670	0.764	0.268	0.870	0.894	0.108	0.174	0.659
重庆	0.348	0.585	0.644	0.880	0.672	0.665	0.981	0.966	0.503	0.510	0.497
四川	0.394	0.766	1.023	1.031	0.667	0.729	4.630	0.985	0.686	0.745	0.761
贵州	1.000	1.000	1.667	1.698	1.436	1.045	0.884	1.398	0.391	0.307	0.409
云南	0.167	0.303	0.325	0.265	0.278	0.251	0.948	0.917	0.166	0.216	0.509
陕西	0.288	0.349	0.318	0.379	0.261	0.287	0.980	0.961	0.265	0.459	0.639
甘肃	0.548	0.257	0.377	0.470	0.562	0.423	0.967	0.962	0.156	0.150	0.400
青海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
宁夏	1.000	1.000	0.478	0.962	0.228	0.183	0.873	0.982	0.259	0.238	0.421
新疆	0.499	0.249	0.061	0.140	0.176	0.296	0.845	0.890	0.205	0.238	0.299
均值	0.917	0.903	0.937	0.968	0.876	0.916	1.350	1.219	0.754	0.827	1.186

2.1.2 地区角度分析

图2为我国三大地区人工智能产业创新效率趋势,从整体发展来看,东部地区、中部地区和西部地区的人工智能产业创新效率存在明显的差异性.东部地

区人工智能产业创新效率在0.846~1.532范围内上下波动,除却个别创新效率较高的年份,呈现缓慢下降的趋势,但仍继续维持领跑态势;中部地区人工智能产业创新效率在0.634~1.488区间内升降交替,总体

呈缓慢上升趋势;西部地区人工智能产业创新效率在 0.646~1.488 范围内呈波动式变化,从期初 0.646 到期末 0.642,可见人工智能产业创新效率尽管在研究期内波动起伏,但产业创新效率变化不大且始终低于平均效率.京津冀、长三角、珠三角地区是我国当代最发达的三大区域,也是人工智能产业发展的核心地.我国多数人工智能企业,如海康威视、寒武纪、图灵机器人、商汤科技等龙头企业注册地均汇集在三大区域内.东部地区涵盖了京津冀、长三角和珠三角经济圈的绝大部分城市,聚集和汇聚了大量的科技人力资源和科研创新力量,不断探索制度和技术的创新突破,故走在所有地区发展的前列.与东部地区相比,中部地区仅有安徽一个省份属于长三角经济圈,尽管科大讯飞和旷视科技在人工智能领域发展迅猛,带动地区部分人工智能企业的发展,但终究“势单力薄”,难以带动和辐射整个中部地区人工智能产业科技创新的发展.西部地区因经济发展相对滞后,地区偏远,难以形成具有竞争力的人工智能产业集群和聚集大量的科技人才和科技力量,始终处在发展末位,发展缓慢.

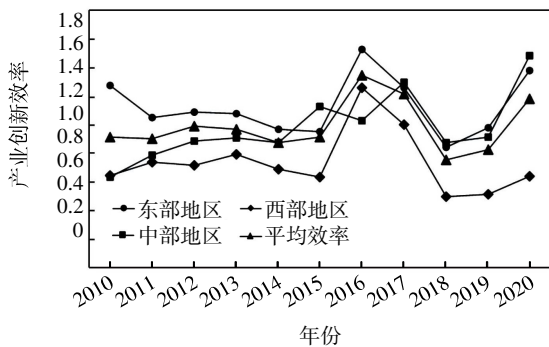


图2 我国三大地区人工智能产业创新效率趋势

2.2 我国人工智能产业 Malmquist 指数分析

2.2.1 全要素生产率角度分析

文章通过 DEAP 软件计算得到 DEA 模型的 Malmquist 指数,以此来探究并分析 2010—2020 年人工智能产业的动态效率变化.2010—2020 年间,我国人工智能产业全要素生产率呈小幅度波动上升的趋势,共有 16 个省份的人工智能产业全要素生产率值达到 1 以上,创新效率进步的省份占总体比重的 53%(见表2).

文章将主要从技术效率和技术进步两个对效率具有影响性的关键指标进行详细分析.

(1)从技术效率分析,我国有 13 个省份的技术效率变化指数大于 1,3 个省份的技术效率变化指数等于 1,技术效率提升占总体比重的 53%,说明技术效率的提升有助于人工智能产业创新效率的提高.技术效率指标反应了产业在当前的各种资源要素相互协调

下,管理水平的高低以及产业技术水平是否得到更大程度的释放.由此可以看出,产业创新效率的提升得益于产业资源间的相互协调和产业的管理水平.技术效率指标下又分为纯技术效率指标和规模效率指标,所以产业创新效率水平的高低也受纯技术效率和规模效率的影响.纯技术效率反映人工智能产业相关要素资源配置情况,反映了产业中人工智能企业在管理和技术层面的水平;而规模效率反映了人工智能产业的规模经济效应对创新效率的影响,以及资源利用的缺盈情况.

(2)从技术进步分析,我国有 20 个省份存在人工智能产业创新效率上升的情况,占总体比重的 67%,表明人工智能产业创新效率的进步与技术进步指标值有莫大的关系.技术进步指标反映了人工智能产业技术的创新和进步程度.也就是说,产业创新效率的提升与当前我国人工智能产业自主创新能力的提升与制度创新的完善息息相关.经过十多年的努力,我国及时把握住人工智能发展机遇期,创新主体活力和能力不断增强,科技创新成果数量持续增长.《2020 年全球人工智能创新指数报告》中指出,我国的人工智能科技研发位居世界第三位,论文和专利数总量遥遥领先于其他国家.

表2 人工智能产业 2010—2020 年创新效率变动情况

地区	技术效率 (ECH)	技术进步 (TECH)	纯技术效率 (PECH)	规模效率 (SECH)	全要素生产率 (TFPCH)
北京	0.938	1.100	1.018	0.921	1.031
天津	1.009	1.000	1.000	1.009	1.000
河北	0.955	0.948	0.956	0.999	0.906
山西	1.043	1.069	1.033	1.010	1.115
内蒙古	1.038	1.074	1.000	1.038	1.115
辽宁	0.920	1.148	0.906	1.016	1.057
吉林	1.148	1.023	1.139	1.008	1.174
黑龙江	0.931	1.013	1.035	0.900	0.943
上海	0.913	1.075	0.951	0.960	0.982
江苏	0.984	0.981	1.000	0.984	0.964
浙江	1.000	1.002	1.021	0.979	1.002
安徽	1.011	0.980	1.000	1.011	0.991
福建	0.918	1.076	0.914	1.004	0.988
江西	1.000	1.087	1.000	1.000	1.087
山东	0.857	1.024	0.913	0.939	0.877
河南	1.026	1.077	1.019	1.007	1.105
湖北	0.985	0.945	1.016	0.970	0.931
湖南	1.090	1.010	1.060	1.028	1.101
广东	0.982	1.017	1.000	0.982	0.998
广西	1.017	1.027	1.015	1.002	1.044
海南	0.989	1.054	0.965	1.024	1.043

表 2 续

地区	技术效率 (ECH)	技术进步 (TECH)	纯技术效率 (PECH)	规模效率 (SECH)	全要素生产率 (TFPCH)
重庆	0.968	1.048	0.960	1.009	1.014
四川	1.039	1.243	1.054	0.985	1.291
贵州	0.913	0.776	0.913	0.999	0.708
云南	1.127	0.970	1.117	1.010	1.094
陕西	1.052	0.914	1.048	1.003	0.961
甘肃	0.941	0.966	0.941	1.000	0.909
青海	1.000	0.995	1.000	1.000	0.995
宁夏	1.056	0.904	0.960	1.100	0.954
新疆	0.958	1.105	0.902	1.061	1.058
均值	0.992	1.022	0.994	0.998	1.015

2.2.2 时序变动角度分析

表 3 为人工智能产业 2010—2020 年全要素生产率及其分解,由表 3 结果可知,我国人工智能产业全要素生产率整体呈波动上升趋势. 2010—2020 年全要素生产率的平均值为 2.114. 2017—2018 年产业全要素生产率达到最高,为 14.818,其中技术进步变化指数达到 117.028,说明在此期间,产业技术创新和进步程度有“质”的提升,全要素生产率得以增长. 2018—2020 年产业全要素生产率下降至 1.087 后又持续下降到 0.637,主要因为技术进步指数在 2018—2019 年时间段内由 117.280 骤降至 0.668,后又降至 0.275,降度跨度过大,从而间接影响了全要素生产率的变动. 一方面,人工智能产业供求严重失衡,存在资金多而项目缺的现象,市场“热情高涨”而产品体验欠佳,人工智能体验值远远小于所赋予的期望值,导致企业增长速度放缓;另一方面,在过去几年中,人工智能产业发展迅速,导致科学技术人才缺口难以在短期内得到有效填补.

表 3 人工智能产业 2010—2020 年全要素生产率及其分解

时段	技术效率 (ECH)	技术进步 (TECH)	纯技术效率 (PECH)	规模效率 (SECH)	全要素生产率 (TFPCH)
2010—2011	0.917	1.489	1.055	0.869	1.366
2011—2012	0.797	1.466	0.820	0.972	1.168
2012—2013	1.023	1.008	1.163	0.880	1.032
2013—2014	0.831	0.000	0.798	1.042	0.000
2014—2015	0.947	0.000	0.981	0.965	0.000
2015—2016	2.991	0.028	2.109	1.418	0.083
2016—2017	1.095	0.870	1.019	1.075	0.952
2017—2018	0.127	117.028	0.322	0.393	14.818
2018—2019	1.626	0.668	1.125	1.446	1.087
2019—2020	2.314	0.275	1.532	1.511	0.637
均值	0.992	12.283	0.994	0.998	2.114

3 结论与建议

3.1 结论

本文应用了超效率 DEA 和 Malmquist 指数的方法对全国 30 个省份人工智能产业创新发展水平进行测度,研究发现:①从静态层面看,我国人工智能产业创新效率总体呈平缓上升趋势. 东部、中部和西部地区的人工智能产业创新效率存在明显的差异性. 其中,除去个别创新效率高年份,东部地区总体呈缓慢下降的趋势,但依然处于领跑地位;中部地区呈波动式上升趋势;西部地区尽管波动起伏,但期初与期末年份创新效率几乎持平,创新效率始终低于平均效率. ②从动态层面看,我国人工智能产业在产业技术创新方面有“质”的提升,人工智能产业创新效率的提升受技术效率和技术进步指数的影响,其中技术效率的提升基础在于规模经济和纯技术效率,表明当前人工智能产业资源配置合理,产业创新效率的提升得益于产业资源间的相互协调和产业的管理水平,且与当前我国人工智能产业自主创新能力制度创新的完善息息相关.

3.2 建议

基于以上创新效率评价实证结果和结论,提出以下几点建议:

(1)加强政府创新意识,培育人工智能产业创新生态. 一是政府应具备人工智能创新管理意识,根据我国各地区人工智能产业结构差异和发展差异化程度以及当前国家政策和产业发展前景做出相应规划,创新管理人工智能产业的政策工具与方法;二是要积极培育人工智能创新生态,以人工智能相关的核心软件、算法等为基础,打造以 AI 为核心的新一代信息技术产业园,加强智能产品的培育和服务完善,实现一批带动性强、示范效应突出的应用场景. 三是重视人工智能标志性产品的开发与应用,人工智能标志性产品的突破决定了人工智能商业化的成功.

(2)加快培养龙头企业,制造与服务两种模式齐头并进. 注重龙头企业对人工智能产业发展的影响. 尽管中小人工智能企业发展机会众多,但难以获得优质技术和资源,所以龙头企业是人工智能产业布局中的关键一步,实现在人工智能领域的深耕,在有限资源预算下把握最优路径,辐射带动周围地区人工智能的创新发展. 其次,实现制造和服务共同引领的人工智能产业发展模式. 学科出发的人工智能偏服务,有利于市场竞争,扩大市场规模,提高市场效益;应用出

发的人工智能偏制造,有利于突破产业技术壁垒。

(3)加强人工智能专业人才培养力度,提高智能化水平。全要素生产率、技术效率、技术进步与人才智力强度有显著正向相关关系,即人工智能产业创新效率的提升还需人才因素驱动,为填补人才缺口,应探索并建立一套科教融合、产教协同的 AI 人才培养模式,以人才培养,科技创新为目标,培养一批本土一流人才。其次,政府应加大人工智能产业资金投入比例,促进 AI 与各行业的渗透融合,进一步提高智能化产品和成果的研发转化速度,规划管理产业智能化管理模式,实现产业资源充分合理配置,发挥产业链间的协调联动效果。

参考文献:

- [1] 郭倩,钟源,毛振华,等. 创新焕发活力 人工智能加速“拥抱”实体经济[N]. 经济参考报,2022-06-27(2).
- [2] 习近平. 加快建设科技强国实现高水平科技自立自强[J]. 求知,2022(5):4-9.
- [3] 李莉,吴新年,刘安蓉,等. 人工智能产业战略性问题与政策研究[J]. 理论与现代化,2020(3):65-76.
- [4] 李旭辉,杨梦成. “一带一路”省域人工智能产业科技创新时空格局及动态演进[J]. 科学管理研究,2022,40(1):92-99.
- [5] 匡祥琳. 中国人工智能技术创新水平评价及测度[J]. 技术经济与管理研究,2022(5):21-26.
- [6] 徐书彬,黎新伍,李果. 基于三阶段 DEA 的人工智能上市企业创新效率评价[J]. 科技管理研究,2020,40(5):165-172.
- [7] 袁野,汪书悦,陶于祥. 人工智能关键核心技术创新能力测度体系构建:基于创新生态系统视角[J]. 科技进步与对策,2021,38(18):84-93.
- [8] BAI J, LI J. Regional innovation efficiency in China: the role of local government[J]. Innovation, 2011, 13(2): 142-153.
- [9] 易明,程晓曼. 长江经济带城市绿色创新效率时空分异及其影响因素[J]. 城市问题,2018(8):31-39.
- [10] ARROW K. Economic welfare and the allocation of resources for invention in national bureau of economic research, the rate and direction of inventive activity [M]. Princeton: Princeton University Press, 1962.
- [11] 肖仁桥,钱丽,陈忠卫. 中国高技术产业创新效率及其影响因素研究[J]. 管理科学,2012,25(5):85-98.
- [12] XUE C, XU Y. Influence factor analysis of enterprise it innovation capacity based on system dynamics [J]. Procedia Engineering, 2017, 174: 232-239.
- [13] PARK J H. Open innovation of small and medium-sized enterprises and innovation efficiency[J]. Asian Journal of Technology Innovation, 2018, 26(2): 115-145.
- [14] 吴士健,张洁,权英. 基于两阶段串联 DEA 模型的工业企业技术创新效率及影响因素[J]. 科技管理研究,2018,38(4):181-189.
- [15] 牛雄鹰,李春浩,张芮. 国际人才流入、人力资本对创新效率的影响:基于随机前沿模型的研究[J]. 人口与经济,2018(6):12-22.
- [16] 张炜,赵玉帛. 人工智能企业创新效率评价及影响因素研究:基于 Super DEA-Tobit 模型[J]. 技术经济与管理研究,2021(8):41-45.
- [17] 梁林,赵玉帛,朱叶珊,等. 京津冀人力资源配置效率:时空格局、演变机理及影响因素研究[J]. 河北工业大学学报(社会科学版),2019,11(3):1-12.