

基于 DEA-Malmquist 模型的广东人工智能 领军企业技术创新效率研究

梁育民, 张鑫琦

(广东省社会科学院, 广州 510610)

摘要: 基于 DEA(数据包络分析)-Malmquist 模型,选取广东人工智能(AI)产业的 31 家领军企业,对其技术创新效率进行实证分析。对于企业的技术创新效率,用 Malmquist 技术生产率指标来表示。Malmquist 技术生产率指标是技术效率和技术进步的乘积,技术效率则又是规模效率和纯技术效率的乘积。然后再根据静态和动态两个方面的实证分析结果,提出广东人工智能产业未来发展的若干建议。

关键词: 广东; 人工智能(AI); 领军企业; 技术创新效率

中图分类号: F062.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)11-0066-08

在新一轮科技革命中,人工智能扮演着极为重要的角色,各国纷纷制定人工智能的发展规划,以追赶本轮技术革命的浪潮。为了促进人工智能产业的发展和壮大,我国自 2016 年起作出了顶层设计,也出台了发展规划及相关政策文件。其中 2017 年发布的《新一代人工智能发展规划》(以下简称《发展规划》)对我国的人工智能产业发展有十分重要的意义,明确了人工智能是引领未来的战略性技术,可作为新一轮产业变革的核心驱动力,甚至能作为整个社会经济发展的新引擎。在充分认识到发展人工智能刻不容缓的同时,为我国人工智能发展制定了具体的战略目标:到 2020 年人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步;到 2025 年人工智能基础理论实现重大突破,部分技术与应用达到世界领先水平;到 2030 年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平,成为世界主要人工智能创新中心。2020 年 10 月,《国家新一代人工智能创新发展试验区建设工作指引(修订版)》发布,一批聚焦于各个细分领域的人工智能创新发展试验区如雨后春笋般涌现。

广东作为我国开放程度高、经济活力强的区域之一,积极推进人工智能产业发展,不断探索人工智能在社会治理领域的应用,响应国家号召开展人工智能社会实验工作。2018 年发布的《广东省新一

代人工智能发展规划》对全省人工智能的发展目标、产业布局等方面作出了规划,并参照前述《发展规划》提出广东人工智能领域的“三步走”战略,到 2025 年要实现基础理论的重大突破,部分技术和应用达到世界先进水平,到 2030 年要实现人工智能基础层、技术层与应用层的全链条重大突破,总体创新能力有极大提升,人工智能产业进入全球价值链高端环节,在相关法律法规、伦理规范和政策体系等方面也取得进展。在 2021 年中央网信网公布的“国家职能社会治理实验基地名单”中,广州市、深圳市与佛山市禅城区分别针对教育、环境治理、城市管理、养老及社区治理建设了特色基地。同时,广东省还致力于构建开放协同的创新平台体系:打造若干人工智能开放创新平台(如医学影像、智能语音、智能无人系统、智能家居和智能海工制造)、推进深度学习计算服务平台建设、推进开源软硬件基础平台建设以及推进行业公共服务平台建设。

广东省对人工智能产业发展给予了极大支持,因此拥有许多参与人工智能技术创新的优秀企业,乃至领军企业。本文从广东人工智能领军企业的技术创新效率出发,探索广东发展人工智能产业的现状与潜力,并结合实证结果给出建议。

通过基于 BCC(Banker-Charness-Cooper)模型的静态分析,能看到广东人工智能企业的技术创新

收稿日期: 2024-01-08

作者简介: 梁育民(1965—),男,福建南安人,硕士,研究员,研究方向为区域经济、国际经济;张鑫琦(2000—),男,吉林吉林人,硕士研究生,研究方向为技术经济、国际贸易。

现状。此种现状的形成原因,既包括历史因素又包括国际、国内的现实因素。这方面的分析研究,可为广东省今后制定发展规划、相关产业政策提供支持,也便于企业和社会认识产业内部现存的机遇和挑战。而基于 Malmquist 模型的动态分析更多地体现出 2016 年以来人工智能行业的发展成就及问题,以 7 年的数据为基础考察过往的规划与政策的实施效果,并根据实际产生的效果来确定今后政策实施中需要改进的地方。

本文的创新点主要包括:①采用企业层面而不是地区或产业层面的数据。目前已有的基于数据包络分析(data envelopment analysis, DEA) Malmquist 模型的论文大多聚焦于地区或产业层面,企业层面的研究数量极少。以往学者们所研究的、涉及技术创新效率的研究指标,可能有些数据只存在于地区或产业层面,因此不能完全用于企业研究。②聚焦广东省而不是全国的人工智能领域,由此来分析研究企业的技术创新效率。在过往的研究中多使用全国的企业数据,而本文所研究的人工智能企业均来自广东,政策背景、产业发展环境均以广东省为研究范围。③本文在投入指标的选取上仅保留研究人员、研究金额这两个数据,在产出指标的选取上则使用主营业务收入、净利润及专利授权数量这 3 个数据。④在涉及时间的选取范围上,采用 2016—2022 年的数据,既扩大了时间跨度,又能较好地说明《发展规划》发布之后的新情况与政策效果。

1 文献综述

1.1 关于 DEA-Malmquist 指数

数据包络分析(DEA)的原理是使用数学规划模型,根据研究对象的输入、输出指标确定研究对象的生产前沿面,再根据实际产出与生产前沿面的距离状况,来判断各研究对象是否为相对有效(DEA 有效)。目前 DEA 方法已被广泛应用于测量融资效率、Malmquist 生产率指数等多个领域。DEA 方法的优势在于:无需考虑研究对象投入与产出之间的具体函数关系,能够摆脱主观因素对此的影响,也不需要数据无量纲化处理。但由于该方法对指标的非负性有所要求,故对于含有负数的指标数据进行了处理。DEA 方法包括许多具体类型,其中较为常见的两个是 CCR (Charnes-Cooper-Rhodes)模型和 BCC 模型,二者主要被应用于截面数据的静态分析,其中不同点在于规模效益的可变性。至于 DEA 的其他方法,魏权龄^[1]给出

了十分详细的叙述。

基于 DEA 的 Malmquist 指数进行相关测算能对测算对象的面板数据进行动态分析,对只能进行单年度静态分析的 CCR 模型、BCC 模型而言是一个很好的补充。基于 DEA 的 Malmquist 模型能够进一步将研究对象的效率变化进行分解,即把技术效率变化分为纯技术效率变化和规模效率变化,便于研究者的进一步分析。鉴于此,使用 DEAP 2.1 软件,对 31 家上市公司的技术创新效率进行测算。

在 Malmquist 指数的具体分解中,Malmquist 技术生产率指数是技术效率与技术进步的乘积。当指数数值大于 1 时,表示技术现状对企业的生产率有促进作用;数值小于 1 时,表示技术现状对企业的生产率有阻碍作用。这其中技术进步代表技术的更迭,或者叫更新换代。而技术效率代表应用现有技术的效率,它又可进一步分解为规模效率、纯技术效率的乘积。也就是说,对现有技术的应用效率,既包含技术装备水准、管理经验等纯技术效率,又有企业规模所促成的生产效率提升因素。

1.2 企业技术创新效率评价指标体系

使用 DEA-Malmquist 模型进行效率测算的相关研究有很多,所研究的具体效率包括创新效率、融资效率、企业绩效等多个角度,研究对象包括地区、行业、企业多种行为主体,最为常见的是针对地区和行业的研究。随着研究经验的积累,有些评价指标已得到广泛认可,涉及企业层面的创新效率评价指标较为少见,但是也能够从以往的论文中寻找到认可度较高的指标。

最为常见的投入指标是研发人员数量和研发资金投入。凌飞和胡登峰^[2]不仅使用了研发人员和资金作为投入数据,还使用了研发人员占比、研发经费占比(研发经费额在年营业收入中的占比)作为投入变量。李延青和武建章^[3]、刘进和孙荪璐^[4]、杜跃平和常文娜^[5]也都在指标中使用了研发人员和资金作为投入变量。其他较为常见的投入指标还有营业成本和固定资产总额。杨豆豆^[6]使用营业成本、支付给职工以及为职工支付的现金作为投入指标来研究创业板高新技术企业的创新效率。基于对以往研究指标的统计和总结,本文选取研发人员数量、研发资金投入作为静态分析和动态分析的主要投入指标。

在产出指标方面,以往研究中最为常用的衡量企业创新产出的是专利申请数量、专利授权数量、主营业务收入和净利润。薛健和郭万山^[7]在针对行

业层面的研究中使用了专利申请数量、有效发明专利作为产出指标,又使用新产品销售收入、技术市场成交额作为补充指标,不过后两项数据在企业层面难以获得。凌飞和胡登峰^[2]、刘进和孙荪璐^[4],也都使用了专利申请数量作为产出指标。考虑到专利申请数量与专利授权数量在内涵上的差异,本文选取更能代表企业创新水平的专利授权数量作为产出指标。根据以往的研究,企业的创新成果主要体现在直接成果和间接成果两个方面,除了能够直接展现企业创新成果的专利授权数量之外,还有能够间接展现创新成果的经济方面的指标,如主营业务收入、净利润等。在针对地区或行业的研究中,新产品销售收入作为产出指标之一得到了广泛的认可,但是在企业研究中该数据难以获得。综上所述,本文选取专利授权数量、主营业务收入和净利润作为产出指标,由此来衡量企业的创新效率。

2 研究设计

2.1 模型概述

选取2016—2022年共7年的人工智能领域上市公司数据,通过DEA-Malmquist模型测量此类公司的技术创新效率,探究其研发人工智能的能力与潜力。本文的实证分析包括静态分析、动态分析两个部分。静态分析部分采取BCC模型,使用2022年的截面数据;动态分析部分使用2016—2022年的面板数据。无论是静态分析还是动态分析,均以研发人员数量、研发资金投入为投入指标,以专利授权数量、主营业务收入、净利润为产出指标。

传统DEA模型应用运筹学的方法来计算各决策单元(decision making units, DMU)的效率值^[8],其数学表达式为

$$\begin{aligned} & \min \beta \\ \text{s. t. } & \begin{cases} \sum_{j=1}^n \alpha_j x_{ij} + S^- = \beta x_i \\ \sum_{j=1}^n \alpha_j y_{ij} - S^+ = y_i \\ \sum_{j=1}^n \alpha_j = 1 \\ \alpha_j \geq 0, S^- \geq 0, S^+ \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (1) \end{aligned}$$

式中: x 、 y 分别为投入和产出变量; x_{ij} 为公司 j 的第 i 个投入变量; α 为规划决策变量; S^+ 和 S^- 为松弛变量; β 为企业技术创新的效率值, $\beta < 1$ 则DEA无效, $\beta = 1$ 则DEA有效。

在动态分析方面,若假设规模报酬可变,则Malmquist指数中的技术效率可以进一步分解为纯

技术效率和规模效率(即技术效率=纯技术效率×规模效率),Malmquist指数的计算公式由两部分构成^[9]:

$$M_0 = \frac{D_s(X_s, Y_s)}{D_t(X_t, Y_t)} \sqrt{\frac{D_t(X_s, Y_s)}{D_s(X_s, Y_s)} \times \frac{D_t(X_t, Y_t)}{D_s(X_t, Y_t)}} \quad (2)$$

式中: M_0 为Malmquist指数;下标 s 和 t 分别为 s 时期和 t 时期; (X_t, Y_t) 为决策单元 t 时期的投入和产出变量; D_s 和 D_t 分别为 s 时期和 t 时期的距离函数。其中4个指数的关系为Malmquist指数=技术进步×技术效率=技术进步×(纯技术效率×规模效率)。

2.2 指标选取和数据来源

“人工智能企业”的定义较为宽泛,既包括为AI(人工智能)发展提供核心技术支撑的技术型企业,又包括提供相关技术支撑或应用服务的科技型企业。根据深圳市人工智能行业协会发布的《2022年人工智能发展白皮书》,后者被称为“人工智能相关企业”^[10]。本文所探讨的“人工智能领军企业”,既包括“人工智能企业”又包括“人工智能相关企业”。从东方财富网的人工智能领域选取31家上市公司作为研究主体,囊括了无人机、无人驾驶、机器视觉、VR(虚拟现实)和AR(增强现实)等多个人工智能细分领域(表1)。

以企业为具体视角评价创新效率的研究目前相对较少,评价指标也各不相同,基于地区或行业的宏观数据进行创新效率分析较为常见。企业创

表1 31家上市公司名单

序号	企业名称	总部地址	序号	企业名称	总部地址
1	汇顶科技	深圳	17	广电运通	广州
2	英飞拓	深圳	18	国民技术	深圳
3	奥飞娱乐	广州	19	高新兴	广州
4	深桑达A	深圳	20	雄帝科技	深圳
5	银之杰	深圳	21	欧菲光	深圳
6	梦网云	深圳	22	银禧科技	东莞
7	省广集团	广州	23	东方精工	佛山
8	中青宝	深圳	24	汉宇集团	江门
9	捷顺科技	深圳	25	特发信息	深圳
10	ST迪威迅	深圳	26	中京电子	惠州
11	美盈森	深圳	27	光韵达	深圳
12	赛为智能	深圳	28	远光软件	珠海
13	佳都科技	广州	29	全志科技	珠海
14	新国都	深圳	30	银宝山新	深圳
15	航宇微	珠海	31	凯撒文化	深圳
16	硕贝德	惠州			

新的投入可通过人力和资金要素来衡量,故本文选取研发人员数量、研发资金投入这两个在相关研究中较为常见的指标作为投入指标。企业创新的产出有多种表现形式,专利授权数量能够直接衡量企业创新的有效程度,而企业的主营业务收入和净利润则通过实际盈利情况,来反映企业创新能力转化为经济效益的能力。相关指标数据来源见表 2。

表 2 实证分析的数据来源

数据类型	名称	单位	来源
研究主体	上市公司名单	—	东方财富网
投入指标	研发人员	人	中国研究数据服务平台
	研发资金	元	
产出指标	专利授权数量	个	
	主营业务收入	元	
	净利润	元	

2.3 数据处理方法

数据包络分析(DEA)对于数据的非负性有所要求,在所选取的所有指标中,“净利润”数据中存在负数,需要进一步处理才能应用于 DEA 模型。处理方式

$$X_{ij} = 0.1 + \frac{x_{ij} - \min_j}{\max_j - \min_j} \times 0.9 \quad (3)$$

式中: X_{ij} 为处理后得到的数据,代表 X 公司第 i 年的净利润数据; x_{ij} 为处理前的净利润; $\min_j$ 为净利润数据的最小值; $\max_j$ 为净利润数据的最大值。

3 实证分析

3.1 企业创新效率的静态分析:基于 BCC 模型

静态分析只代表 2022 年单年度的企业技术创新状况,受短时间内国内外环境、行业现状等较多因素的影响。基于 31 家上市公司 2022 年的数据,通过 BCC 模型得出实证结果(表 3)。整体来看 31 家公司的规模效率在 2022 年一年内都处于较低的水平,规模效益下降成为总体趋势,规模效率的均值小于 0.6,这说明存在很大的进步空间。在纯技术效率方面,整体技术效率水平相对规模效率来说较好,但小于 1 的均值也意味着在一定程度上,现有技术的应用水平对生产率提高具有阻碍作用;不过相比于规模效率,纯技术效率的阻碍作用较小。技术效率指数是规模效率、纯技术效率二者的乘积,其整体处于较低的水平。通过指数分解可以看到,这种低水平的技术效率主要来源于较低的规模效率。整体而言,相对于下文的 2016—2022 年动态分析,2022 年单年度的企业技术创新效率较低。

表 3 BCC 模型结果

公司编号	技术效率	纯技术效率	规模效率	规模效益
1	0.325	0.871	0.373	drs
2	0.687	0.828	0.829	drs
3	1.000	1.000	1.000	—
4	0.818	1.000	0.818	drs
5	0.494	0.925	0.534	drs
6	0.721	0.826	0.873	drs
7	1.000	1.000	1.000	—
8	0.398	0.946	0.421	drs
9	0.326	0.930	0.351	drs
10	1.000	1.000	1.000	—
11	0.706	0.952	0.742	drs
12	0.475	0.972	0.489	drs
13	0.445	0.886	0.502	drs
14	0.377	0.925	0.408	drs
15	0.275	0.878	0.313	drs
16	0.317	0.914	0.347	drs
17	0.216	1.000	0.216	drs
18	0.239	0.926	0.259	drs
19	0.222	0.871	0.255	drs
20	0.381	0.956	0.399	drs
21	0.287	0.347	0.826	drs
22	0.820	1.000	0.820	drs
23	0.992	1.000	0.992	drs
24	0.951	1.000	0.951	drs
25	0.419	0.931	0.449	drs
26	0.486	0.900	0.539	drs
27	0.397	0.976	0.407	drs
28	0.132	0.935	0.141	drs
29	0.190	0.949	0.201	drs
30	0.432	0.887	0.486	drs
31	0.126	0.817	0.154	drs
均值	0.505	0.914	0.551	

注:drs 表示规模效益递减;—表示规模效益不变。

3.2 企业创新效率的动态分析:测算 Malmquist 指数

表 4 和图 1 是 2016—2022 年广东人工智能领域上市公司整体的技术创新 Malmquist 指数变化。技术效率指的是在现有技术水平下,企业对于现有技术的应用效率;技术进步指的是技术的更新升级,也就是行业技术水平的提高;纯技术效率指的是与管理、技术等因素有关的生产效率,能够体现技术对生产率的促进作用;规模效率指的是规模变动对企业产生的生产效率上的影响,体现了规模对生产率的促进或者阻碍作用;Malmquist 技术生产率指数代表企业的整体生产效率,其在实证结果中体现为技术效率、技术进步指数的乘积。

表4 2016—2022年人工智能领域上市公司技术创新 Malmquist 指数

年份	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	Malmquist 生产率指数
2016—2017	1.061	0.835	0.992	1.069	0.886
2017—2018	0.897	1.055	0.999	0.898	0.946
2018—2019	0.887	1.128	0.909	0.975	1.000
2019—2020	1.125	0.841	1.094	1.028	0.946
2020—2021	0.975	1.013	0.971	1.004	0.987
2021—2022	0.887	1.074	0.965	0.919	0.952
均值	0.967	0.984	0.987	0.98	0.952

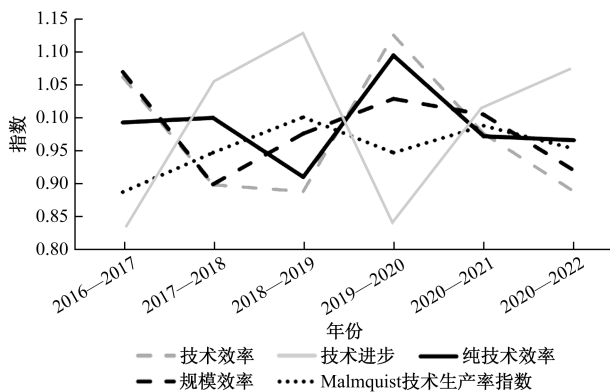


图1 2016—2022年人工智能领域上市公司技术创新 Malmquist 指数变化趋势

从 Malmquist 技术生产率指数来看,从 2017 年以后的 Malmquist 生产率指数有明显提高,在 2018—2019 年达到了最高值,虽然后期有所回落,但整体而言 2021—2022 年的 Malmquist 指数仍明显高于 2016—2017 年。通过实证结果的数据分解能够清晰地看到,技术进步指数在大部分时间内都大于 1,而技术效率指数仅仅在 2016—2017 年和 2019—2020 年两个时间段内大于 1,这说明在大部分时间,广东人工智能企业的 Malmquist 指数的提升来源于人工智能相关的技术进步。2017 年是我国人工智能行业发展的一个重要节点,该年发布的《发展规划》为此后我国人工智能行业奠定了整体基调,从国家层面肯定了人工智能(作为一种新兴技术)对综合国力提高的重要性。从此,人工智能行业的专家、学者们开始攻坚克难,使得广东的人工智能技术水平突飞猛进,这在企业效率方面有清晰的体现,即 2017 年后 Malmquist 生产率指数、技术进步指数都有明显提高。而在 2019 年之后,人工智能企业 Malmquist 指数的下降很大程度上源于美国对中国芯片领域的制裁,这从技术进步指数也能够看得出来,在 2017 年《发展规划》发布后仅有 2019—2020 年的技术进步指数小于 1,说明整体技

术水平并没有进步,然而这种技术上的障碍并未阻止我国特别是广东人工智能行业的整体发展,在 2020 年后技术进步指数回升到了 1 以上。

从 Malmquist 技术生产率指数的分解来看,2016—2017 年和 2020—2021 年这两个时间段的规模效率指数大于 1,纯技术效率小于 1,说明这两个时期内广东人工智能企业的 Malmquist 生产率指数主要来源于规模效率,技术对生产率的阻碍作用大于促进作用。2019—2020 年,广东人工智能企业的纯技术效率和规模效率都大于 1,说明这一时间段技术与企业规模对于企业生产率都有明显的促进作用。从整体来看,企业生产率源自规模效率的情况比纯技术效率更多,但是纯技术效率的均值要大于规模效率的均值。

表 5 是 2016—2022 年共 7 年的广东人工智能领域上市公司技术创新 Malmquist 指数,与前文所不同的是此处的结果以个体企业角度。整体上来看,在 31 家上市公司中有 10 家的 Malmquist 技术生产率指数大于 1,31 家企业的均值小于 1,说明整个行业的生产率还有进一步提高的空间。其中,序号为“2”的公司英飞拓具有最高的 Malmquist 技术生产率指数,汇顶科技、省广集团等企业在这方面也有较为出色的数据。不过从整体上的实证结果来看,广东人工智能企业在技术创新效率层面还存在一定的进步空间。从现有技术角度来看,31 家上市公司的技术效率大部分源自规模效率的提升,而纯技术效率起到的阻碍作用更为明显,仅有序号为 4、17 的深桑达、广电运通在规模效率小于 1 的同时技术效率大于 1。若从技术效率来看,在这 31 家企业中仅有 16 家企业的技术效率超过 1,占比 51.6%,;从技术进步的指标看,共有 13 家公司的技术进步指数超过 1,占比 41.9%。其中,汇顶科技、奥飞娱乐、迪威迅、广电运通等企业在该层面较为优秀,但更多企业的技术水平仍较落后,因此存在对生产率的阻碍作用。

技术效率指数小于 1 的企业,说明它应可通过投入更多的人力物力,以更新现有的管理、技术应用、扩大规模等方式来提高 Malmquist 技术生产率指数。技术进步指数大于 1 的企业,说明它在技术更迭的过程中获得了生产效率方面的提升,可通过进一步学习和研发新技术来实现生产率的进一步提升。在 31 家上市公司中,共有 8 家上市公司在技术效率和技术进步两方面都有对生产力的促进作用,可以通过这两个方面的投入来共同提升。纯技术效

表 5 人工智能领域上市公司技术创新 Malmquist 指数

公司 编号	技术效率	技术进步	纯技术 效率	规模效率	Malmquist 生 产率指数
1	1.002	1.062	0.977	1.025	1.064
2	1.106	1.031	0.990	1.118	1.141
3	1.000	1.086	1.000	1.000	1.086
4	0.967	0.965	1.000	0.967	0.933
5	1.044	0.919	0.991	1.053	0.959
6	1.042	0.956	0.971	1.073	0.997
7	1.000	1.032	1.000	1.000	1.032
8	1.072	0.926	1.001	1.071	0.992
9	0.912	0.913	0.989	0.922	0.833
10	1.086	1.046	1.003	1.083	1.136
11	1.003	0.970	0.993	1.010	0.972
12	0.977	1.030	0.998	0.979	1.006
13	0.979	0.986	0.987	0.993	0.965
14	1.034	0.971	0.993	1.041	1.004
15	0.863	0.988	0.980	0.881	0.853
16	1.014	0.969	0.994	1.020	0.982
17	0.839	1.035	1.000	0.839	0.868
18	0.788	1.004	0.987	0.798	0.791
19	0.990	0.962	0.979	1.011	0.952
20	0.932	0.974	0.994	0.937	0.907
21	0.812	1.022	0.838	0.969	0.830
22	1.032	1.009	1.000	1.032	1.042
23	1.052	1.013	1.000	1.051	1.066
24	1.031	0.960	1.000	1.031	0.989
25	0.968	1.021	0.999	0.969	0.989
26	0.919	0.898	0.983	0.935	0.825
27	0.857	0.921	0.996	0.861	0.790
28	1.023	0.958	1.003	1.020	0.980
29	1.045	1.020	1.008	1.037	1.066
30	0.981	0.948	0.986	0.995	0.930
31	0.754	0.950	0.967	0.780	0.716
均值	0.967	0.984	0.987	0.980	0.952

率大于 1 的企业,说明它在管理方式、现有技术应用方面有较高效率,可继续推行现有运营模式。规模效率大于 1 的企业,说明它可继续以扩大规模的方式来获取规模效益,提高企业整体生产率。

从单个企业来看,汇顶科技、英飞拓、迪威讯、美盈森等上市公司的技术效率指数和技术进步指数都大于 1,说明它们在企业生产率提升层面有较好成绩。技术效率大于 1 的企业有 15 家,占整体比例的 48%,其中英飞拓的技术效率指数最高,其技术效率来源主要是规模效率,其他公司可学习英飞拓的先进经验加以应用。技术进步对生产率提升有促进作用的企业有 13 家,占整体比例的 42%,相比于技术效率指数有所减少,这在一定程度上来源于我国当前整体的人工智能领域环境,面对新技术的产生与兴起,企业既不应盲目跟风地将其应用于公司业务,更不能因噎废食抵触新技术,而是要有

所选择地寻求公司业务和新技术有机、有效结合的新方式。

与静态分析模型不同,动态分析数据模型探索的时间跨度为 7 年,静态分析模型只针对 2022 年单年的数据,这导致二者对指数评测的结果有较大出入。例如,规模效率在静态分析中数值小于 0.6,远远低于动态分析中的规模效率指数,这意味着从 2016 年开始,广东人工智能企业的规模效率对生产率的提高有一定的促进作用,可是单从 2022 年来看,规模效率对生产率却有较大的阻碍作用,这一点也可以从表 3 的实证结果中看到。

4 研究结论和建议

使用 DEA-Malmquist 模型测算了 31 家上市公司的技术创新效率,从动态和静态两种分析中得到了长期和短期的两个结论。从长期的角度来看,在 7 年的发展历程中,广东省人工智能领域有较大的发展,即便是在遭受美国技术封锁时,在技术和企业经营水平层面也能有所进步,然而这种进步正随着时间的推移而逐渐放缓;从短期的角度来看,在 2022 年单年度内,广东省人工智能企业面临发展困境,技术创新效率尤其是规模效率严重阻碍了 Malmquist 生产率指数的提高,规模效益出现大范围的递减趋势。本文将动态分析和静态分析结合起来,一方面能够得到现阶段广东人工智能企业技术效率的行业宏观现状,另一方面也能借此机会,从微观角度探究哪些企业在人工智能领域具有相对优势和发展潜力。根据本文的研究结论来看,汇顶科技、英飞拓、全志科技、东方精工、省广集团、迪威讯、赛为智能、新国都、欧菲光这 9 家上市企业拥有较高的技术创新效率,在人工智能行业里拥有较好的发展潜力。基于这些结论,提出以下若干建议,希望能以此促进广东人工智能企业的创新效率和行业发展水平的提高。

4.1 不断提升企业运营与发展效率,依据企业自身情况调整要素的投入比重

企业的技术创新效率是衡量企业从研发、学习新技术到将新技术投入应用、获取利润的速度的重要指标,在 Malmquist 指数中技术效率分为纯技术效率和规模效率。企业在技术研发的过程中,要注重规模效率与纯技术效率之间的平衡,特别是在广东人工智能企业整体 Malmquist 生产率指数处于短暂的下降趋势的情况下。企业要利用好计量模型,以自身的投入和产出要素构建更加全面的评价体系,从长期和短期两个层面测算且观察行业现状

和企业不足,并根据实际情况调整要素的投入比重。从实证结果来看,广东人工智能企业普遍存在规模效率低下的问题,阻碍了企业生产率的提高。因此,企业应做好规模扩张的严格控制,提高现有规模的技术创新效率。而纯技术效率的均值也存在小于1的情况,则意味着广东人工智能企业要加强技术学习、改善现有运营体制。

4.2 加强国内外企业交流与合作,不断学习并提高技术和经营管理水平

人工智能的研发早已提上国家发展日程,我国也在不断寻求国际合作,争取实现人工智能领域的突破。广东人工智能企业经营情况各不相同,规模效率、纯技术效率等指数的情况也不同,企业应从多个维度广泛寻求合作,以提高自身发展水平。首先是省内企业之间的合作,企业之间面临的经营环境有很大的相似之处,可以通过学习与合作,彼此相互取长补短、改善自身经营状况,效率水平较低的企业可向水平较高的企业学习。其次是与国内其他地区企业的合作,长三角、京津冀等地区的人工智能发展水平也十分快速,同样有一批优秀的企业值得学习。再者是寻求国际合作,探索在不同市场条件和政策环境下其他企业的生存方式,这将有利于学习先进经验、拓宽眼界和胸襟,同时为企业未来进军国际市场奠定基础。

4.3 加快构建人工智能企业评价体系,推进指标统一化及标准化

目前对人工智能企业的评价研究还处于起步阶段,现有文献中对指标的选取并不统一。至于兼具人工智能行业特色的企业,评价体系则尚未构建。为了提高研究效率、增强研究效果,广东省政府及相关机构可将以往研究中得到广泛认可的指标固定为确定的评价指标,也可以通过行业内咨询等方式确定新的评价指标,并加以统计研究和推敲完善。固定的评价体系便于企业参照评价结果来确定发展规划,有关学者、企业与行业协会也可以根据以往研究或经营过程中的经验,向政府及相关机构提出建议。在有了足够的数据支撑后,可将评价体系和评价指标固定下来,并随着时间的推移和技术的进步而作出合理更新。

4.4 加强人工智能领域的阶段性发展规划,加大对企业技术创新的支持力度

2017年全国范围内的《发展规划》及2018年《广东省新一代人工智能发展规划》发布,在人工智

能行业的发展进程中起到了总领全局的作用,对于广东人工智能领域的发展来说尤为重要。根据实证数据可以看到,在这两个规划发布之后,广东人工智能企业在 Malmquist 技术生产率指数层面有了明显的改观。原因在于两个方面:一方面,明确的发展规划体现了政府支持人工智能产业发展的决心和力度;另一方面,明确的发展规划和目标安排等能够减少对发展方向反复盲目探索的成本。所以说未来广东可利用粤港澳大湾区建设的契机,通过与香港、澳门共同谋划和布局人工智能产业,来完善新阶段的发展规划。除此之外,金融领域的支持也同样重要,技术研发与创新需要耗费大量的资金,粤港澳可联合提供针对人工智能企业的信贷服务及其他优惠政策,从而缓解企业的创新压力,增加企业的创新热情。粤港澳政府及其他机构也可以通过人才优惠政策,来吸引全国乃至世界范围内的高端技术人才进入粤港澳大湾区,为整个湾区的技术创新注入更新活力。

参考文献

- [1] 魏权龄. 数据包络分析(DEA)[J]. 科学通报, 2000(17): 1793-1808.
- [2] 凌飞, 胡登峰. 中国人工智能产业技术创新效率评价分析: 基于 DEA 和 Malmquist 指数模型[J]. 湖北文理学院学报, 2020, 41(8): 47-52.
- [3] 李延青, 武建章. 基于 DEA-Malmquist 模型的浙江省区域创新效率评价[J]. 生产力研究, 2022(10): 46-51.
- [4] 刘进, 孙菀璐. “一带一路”倡议下江苏省先进制造业上市公司创新效率研究: 基于 DEA-Malmquist 指数方法[J]. 经营与管理, 2022(7): 164-170.
- [5] 杜跃平, 常文娜. 基于 DEA-Malmquist 指数法的我国电子及通信设备制造业创新效率评价[J]. 科技创业月刊, 2022, 35(6): 88-93.
- [6] 杨豆豆. 基于 DEA-Malmquist 指数的创业板高新技术企业创新效率研究[J]. 现代盐化工, 2020, 47(4): 121-122.
- [7] 薛健, 郭万山. 新常态“创新驱动发展战略”实施前后规模以上工业企业研发创新效率比较研究: 基于 DEA-Malmquist 指数方法的实证分析[J]. 工业技术经济, 2020, 39(5): 65-73.
- [8] 伍景琼, 董志庆, 张雨秋, 等. 基于 DEA-Malmquist 的云南省航空物流基础设施供给效率评价及提升对策研究[J]. 中国市场, 2022(27): 158-161.
- [9] 胡东滨, 周普, 陈晓红. 基于三阶段 DEA-Malmquist 模型的环境服务企业 Malmquist 生产率指数研究[J]. 运筹与管理, 2023, 32(4): 205-211.
- [10] 深圳市人工智能行业协会. 2022年人工智能发展白皮书[R]. 深圳: 第四届智能制造创新高峰论坛, 2023.

The Research on the Efficiency of Technological Innovation of Artificial Intelligence Leading Enterprises in Guangdong Based on the DEA-Malmquist Model

LIANG Yumin, ZHANG Xinqi

(Guangdong Academy of Social Sciences, Guangzhou 510610, China)

Abstract: Based on the DEA(data envelopment analysis)-Malmquist model, 31 leading enterprises in Guangdong's artificial intelligence(AI) industry are selected to conduct empirical analysis of technological innovation efficiency. For the efficiency of technological innovation of enterprises, Malmquist technology productivity index is used to express. Malmquist technical productivity index is the product of technical efficiency and technological progress, and the technical efficiency is the product of scale efficiency and pure technical efficiency. Then, based on the empirical analysis results of static and dynamic models, some suggestions on the future development of Guangdong ai industry are put forward.

Keywords: Guangdong; artificial intelligence(AI); leading enterprises; technology innovation efficiency