

# 信息技术产业创新效率演进 特征及异质性分析

徐佳祺

(聊城大学商学院)

**【摘要】**文章采用数据包络分析测度 2017—2022 年中国信息技术产业 605 家上市企业的创新效率。研究发现：考察期内信息技术产业创新效率处于较低水平波动状态，较大程度上归于规模效率的贡献；中小型企业、专精特新企业以及高新技术产业创新效率表现较好，大型企业、非专精特新企业与非高新技术产业创新效率尚存在较大提升空间，建议注重提升对市场环境的适应性、加大对核心技术的创新投入，提高企业创新效率。

**【关键词】**信息技术产业；创新效率；数据包络分析；上市企业

**【中图分类号】**F124.3

信息技术产业是指运用信息手段和技术，收集、整理、储存、传递信息情报，提供信息服务，并提供相应信息手段、信息技术等服务的产业。创新是推动信息技术产业持续发展的重要引擎，创新效率直接关系到整个产业的竞争力和持续发展能力。尽管我国信息技术产业发展迅速，但在创新实践过程中仍然遇到了一些问题。一是创新投入不足，部分企业对自主创新的重视程度不够，很多企业过分依赖进口技术和设备，导致在核心技术的研发和创新上投入不足，增加了产业风险，也限制了我国信息技术产业的独立发展能力。二是创新人才短缺，信息技术产业是知识技术密集型产业，对创新人才的需求非常大。三是核心技术缺失与依赖，在一些关键领域和核心技术上仍存在一定的短板。这导致技术创新能力和水平有限，难以在全球市场

上形成有力的竞争优势。创新效率反映了企业在创新过程中的投入产出比，即创新资源的使用效果。一方面，创新效率的研究有助于企业发现资源配置中的不足和冗余，从而进行有针对性的优化。这种优化能帮助企业更有效地利用创新资源，提高创新活动的产出质量。另一方面，创新效率的研究有助于实现信息技术服务业人力和资本存量的合理配置，通过优化资源配置，可以提高创新活动的产出效率，减少资源浪费，实现可持续发展。信息技术产业亟需不断加大创新力度，积极探索新的技术、应用模式和商业模式，提升创新效率。

## 一、文献综述

信息技术产业创新效率测度是一个复杂而重要的问题，需要综合运用多种方法和角度来进行研究，以了解信息技术产业的创新现状，推动信息技术产业的持续创新和发展。信息技术产业创新效率测度的研究在近年来得到了广泛的关注，学者们从不同方法和角度对其进行了深入探讨。

从研究方法的角度来看，测度信息技术产业创新效率的主要方法有数据包络分析（DEA）和随机前沿分析（SFA）以及对数比值法等。DEA 方法通过构建效率前沿面，比较各决策单元（DMU）与前沿面的差距来评价效率。DEA 方法无需设定函数形式，适用于多投入多产出的情况。白云朴等

(2023)使用DEA-BCC模型,测算分析出长江经济带软件业创新效率趋势表现为螺旋上升<sup>[1]</sup>。余东华和信婧(2018)测度制造业的全要素生产率状况时采用的同样是DEA模型<sup>[2]</sup>。SFA方法则通过设定生产函数,估计前沿面的参数来测度效率,这种方法可以提供统计检验和参数估计,有助于深入分析效率的影响因素。张之光等(2023)使用随机生产前沿方法分析了中国软件与信息技术产业的全要素生产率<sup>[3]</sup>。对数比值法是一种用于测量效率的方法,它基于对比值的对数进行计算。这种方法在保持比值法抗辐射畸变能力的同时,使得差异影像符合高斯分布特性。通过取对数,可以更好地处理和分析数据,从而得出关于效率的准确评估。张宏亮等(2024)使用企业当年所获授权的专利数量对数值与上一年研发投入对数值之比来测算企业创新效率<sup>[4]</sup>。

在研究对象方面,已有研究主要聚焦于不同地区<sup>[5]</sup>或者整个行业<sup>[6]</sup>的创新效率。通过对比不同样本的创新效率差异,学者们探讨了影响效率的关键因素,如人力资本<sup>[7]</sup>、产业集聚度<sup>[8]</sup>、政府政策<sup>[9]</sup>、创新投入<sup>[10]</sup>等。此外,还有一些研究关注了信息技术产业与其他产业的融合创新效率,以揭示信息技术在推动产业升级和转型中的作用。

然而,尽管现有文献对信息技术产业创新效率测度进行了大量研究,但仍有广阔的探索空间。一是研究方法以及指标的选择和应用需要进一步完善,以更准确地反映创新效率的真实情况。二是多从宏观角度对整个行业 and 不同地区进行研究,从微观层面对企业进行细分研究的文献相对较少。文章可能的边际贡献在于:(1)选择DEA-BCC模型测度信息技术产业创新效率,克服了对设定生产函数的依赖性,更具有灵活性和可信性。(2)文章基于“wind信息技术”的行业分类,经过数据清洗后研究信息技术产业605家上市企业的创新效率,结果有良好的代表性,所用数据全部来源于wind数据库,避免了自补数据带来的差异化影响,使结论更具有可靠性。(3)将企业按照企业规模、

企业性质划分为大型企业和中小型企业、专精特新企业和非专精特新企业以及高新技术企业和非高新技术企业进行对比分析,研究企业创新效率异质性及其演进趋势。

## 二、研究设计和变量选取

### (一)变量选取与数据来源

#### 1. 变量选取

出于对数据可靠性和及时性的考虑,参考卫力(2024)<sup>[11]</sup>和马文斌(2024)<sup>[12]</sup>的做法,从劳动和资本两方面构建投入变量,选取的投入指标为研发人员数量、职工总薪酬以及研发费用支出。参考众多学者做法,产出变量从基础创新和产出收入两方面考虑,选择的产出变量为主营业务收入以及无形资产,具体见表1。

表1 投入产出表评价指标体系

投入变量	劳动投入	研发人员数
		职工总薪酬
	资金投入	研发费用支出
产出变量	技术创新	无形资产
	产出收入	主营业务收入

主营业务收入直接反映了企业创新成果的市场接受度和商业化能力。因此,主营业务收入的增加可以视为企业创新效率提升的一个重要指标。目前,对企业创新产出的衡量指标主要是专利授权数量<sup>[13]</sup>,然而企业创新产出的衡量是一个复杂而多维度的过程,专利数虽然是一个重要的指标,但并非唯一或最全面的衡量标准。相比之下,无形资产更能够体现企业创新的质量和和价值。有些企业可能拥有大量的专利,但这些专利可能并不具有实际的市场价值或商业应用前景。而无形资产则更多地与企业的商业模式、市场地位、竞争力等密切相关,能够更直接地反映企业创新的价值。此外,无形资产还具有可量化性和可比较性的优势。无形资产通常以货币形式进行计量,这使得不同企业之间的创新产出可以进行横向比较。同时,无形资产的计量方法也相对成熟和稳定,能够提供可靠和一致的数据支

持。综上所述,虽然专利数是衡量企业创新产出的一个重要指标,但无形资产在全面性、质量价值、可量化性和可比较性等方面具有独特优势,因此更适合用来衡量企业的创新产出。

## 2. 数据来源

文章对信息技术产业企业的具体分类依据wind数据库中“wind信息技术”,包括软件与服务、技术硬件与设备以及半导体与半导体生产设备三大类,剔除缺失值后选取归属于这一产业的605家上市企业作为研究样本,样本考察期为2017—2022年。Wind数据库的数据来源于官方和权威机构,经过严格的数据校验和清洗,确保了数据的准确性和可靠性。并且能够实时更新数据,支持实时行情查询和历史数据回溯,保证了数据的及时性,有助于深入进行实证研究。

### (二) 数据包络分析

DEA模型,即数据包络分析模型,是由美国著名运筹学家A.Charnes和W.W.Cooper在1978年提出的一个线性规划模型。这种方法主要用于相对效率评价,通过选取决策单元(DMU)的多项投入和产出数据,利用线性规划构建数据包络曲线,以最优投入与产出作为生产前沿,从而评价决策单元的效率。

与传统的只能处理单项产出或投入的方法相比,DEA模型能够有效地处理多投入和多产出的效率评估问题,更具灵活性,能够更全面地反映实际情况,并且DEA模型不受投入产出量纲的影响,即便使用不同的计量单位,只要保持一致性,仍然能够得出有效的效率评估结果。此外,DEA模型不仅能够评估决策单元的效率,还能指出非效率单元在哪些方面存在改进的空间,为决策者提供具体的改进方向和建议。

DEA模型可以细分为三种类型:DEA-Malmquist指数模型,该模型可以测量决策单元(DMUs)的生产效率在不同时期的动态变化情况。CCR模型,该模型假定规模报酬不变,主要用于测量技术效率;BCC模型,该模型假定规模报酬可变,主要用于测

算纯技术效率,即技术效率与规模效率的比值,BCC模型也是目前大多数学者所使用的。

文章采用DEA-BCC模型进行研究,测算信息技术的创新效率。构建模型及条件如下:

$$\min[\theta - \varepsilon(e^-s^- + e^+s^+)]$$

$$\sum_{m=1}^n \alpha_m \beta_m + s^- = \theta \alpha_i \quad (1)$$

$$\sum_{m=1}^n \beta_m \gamma_m - s^+ = \beta_i \quad (2)$$

$$\sum_{m=1}^n \gamma_m = 1 \quad (3)$$

$$\gamma_m \geq 0, m=1, 2, 3 \dots n \quad (4)$$

$$s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \quad (5)$$

式中 $\theta$ 为效率值, $m$ 为决策单元, $\gamma_m$ 为投入产出指标权重, $\alpha_m$ 和 $\beta_m$ 分别表示投入、产出变量, $s^-$ 和 $s^+$ 分别为投入松弛变量和产出松弛变量, $e^-$ 和 $e^+$ 表示单位行向量, $\varepsilon$ 为无穷小量。

## 三、实证分析

### (一) 行业创新效率特征

文章采用DEA-BCC(VRS)模型分测度2017—2022年我国信息技术产业创新效率,并研究不同类型企业创新效率异质性,具体见表2,并刻画折线图,如图1。

表2 信息技术产业上市企业创新效率

年份	全部企业		
	创新效率	纯技术效率	规模效率
2017	0.10	0.13	0.71
2018	0.09	0.21	0.50
2019	0.08	0.20	0.51
2020	0.08	0.17	0.53
2021	0.07	0.15	0.54
2022	0.07	0.16	0.53
均值	0.08	0.17	0.55

从整体上看,信息技术产业上市企业创新效率、纯技术效率、规模效率的均值分别为0.08、0.17、0.55,表明总体创新效率不高,而这一现象主要由纯技术效率偏低所致。

考察期内,行业创新效率总体波动不大,处于0.07~0.10之间,水平较低,提升空间很大。

纯技术效率与创新效率的走势基本相同，略高于创新效率。这与本文选取了信息技术产业全部上市企业（数据不全除外）有关，处于产业链下游的企业可能受限于技术、资金、人才等方面的制约，跟上行业技术创新的步伐有些困难。此外，过于注重短期的经济效益，而忽视长期的技术创新和研发投入，也是制约整个行业创新效率提升的关键因素。规模效率在 2017—2018 年间陡降，这主要是由规模效率大幅下降导致的。2018 年全球经济形势复杂多变，贸易保护主义抬头，对信息技术产业的全球供应链和市场需求产生了冲击。这可能导致企业面临更大的市场不确定性，进而影响其投资和生产决策，导致规模效率下降。规模效率此后直至 2022 年始终保持小幅度的稳定提升，并且显著高于创新效率和纯技术效率，证明我国信息技术产业创新效率的主要来源仍是规模效率。

(二) 大型企业、中小型企业创新效率特征对比分析

依据国家《关于印发中小企业划型标准规定的通知》，将研究对象划分为大型企业和中小型企业。由表 3 对比大型企业和中小型企业的有关数据可以发现，中小型企业的创新效率(0.27)、纯技术效率(0.42)、规模效率(0.65)均超过大型企业的 0.08、0.21、0.42。这可能是因为：其一，中小型企业通常规模较小，组织结构相对简单，具有很强的灵活性和适应性，使得它们能够更迅速地做出决策和调整策略；其二，中小型企业往往专注于某一特定领域或细分市场，能够更深入地了解该领域的市场需求和技术动态，在研发新产品或服务时，能够更准确地把握市场趋势，

提高创新的针对性和有效性；其三，中小型企业面临的市场竞争压力较大。为了生存和发展，它们需要不断推出新产品或服务，以满足客户的需求，通常具有更强的创新动力。

表 3 大中小型企业对比分析

年份	全部企业			大型企业			中小型企业		
	创新效率	纯技术效率	规模效率	创新效率	纯技术效率	规模效率	创新效率	纯技术效率	规模效率
2017	0.10	0.13	0.71	0.09	0.22	0.43	0.18	0.32	0.58
2018	0.09	0.21	0.50	0.09	0.20	0.47	0.34	0.53	0.67
2019	0.08	0.20	0.51	0.08	0.20	0.47	0.32	0.52	0.65
2020	0.08	0.17	0.53	0.07	0.21	0.41	0.28	0.43	0.67
2021	0.07	0.15	0.54	0.07	0.23	0.34	0.23	0.35	0.66
2022	0.07	0.16	0.53	0.07	0.20	0.39	0.26	0.37	0.69
均值	0.08	0.17	0.55	0.08	0.21	0.42	0.27	0.42	0.65

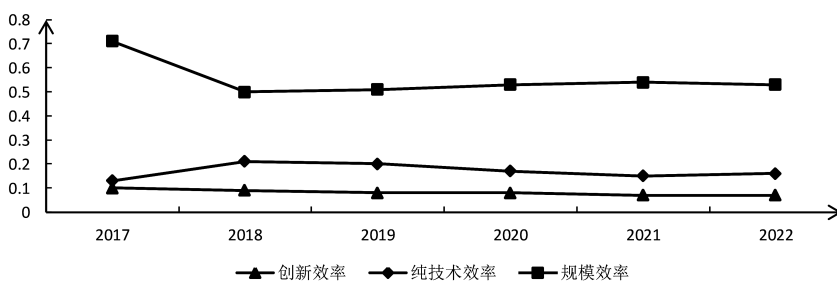


图 1 全部企业创新效率演进折线图

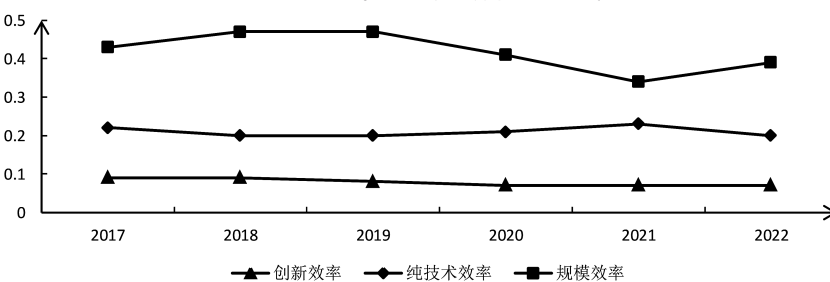


图 2 大型企业创新效率演进折线图

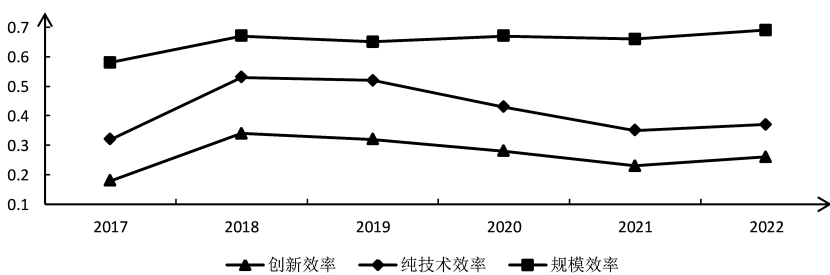


图 3 中小型企业创新效率演进折线图

总体上看,大型企业的创新效率和纯技术效率比较低,变化趋势也比较平稳,分别在0.07~0.09以及0.2~0.23间轻微波动。而规模效率从2017—2019年间一直在增长,并于2019年达到峰值0.47,此后开始以较大的幅度下降,直至2021年到达极小值0.34,2022年略有恢复(见图2)。规模效率大幅下降可能与2019年爆发的全球突发公共卫生事件有关,企业停工减产,导致规模效率下降。

考察期内,中小企业的创新效率和纯技术效率总体上呈现左偏的正态分布,二者趋势表现出高度的一致性(见图3)。创新效率在0.18~0.34之间波动,纯技术效率在0.32~0.53之间波动,二者的极小值和极大值分别出现在2017年和2018年。规模效率保持波动上升状态,由样本初期的0.58上升至样本末期的0.69,增幅达18.99%。这表明中小企业自2021年起逐步恢复活力,焕发生机,规模经济效应逐渐显现。

### (三) 专精特新企业、非专精特新企业创新效率特征对比分析

参照工信部发布的《关于促进中小企业“专精特新”发展的指导意见》,将样本划分为专精特新企业和非专精特新企业,其创新效率统计如表4所示。

对比专精特新企业和非专精特新企业,可以发现专精特新企业的创新效率是非专精特新企业的5.25倍,纯技术效率是3.63倍,规模效率则为1.29倍。这一显著差异主要源于专精特新企业在多个方面的独特优势,一是专业化与精细化发展策略。专精特新企业通常选择某一特定领域或产品进行深入研究和开发,其战略定位明确且专一。这种专业化和精细化的经营模式使得企业能

够更加专注于技术创新,从而在特定领域内形成较高的技术壁垒和竞争优势;二是研发投入与人才储备。专精特新企业往往投入更多的资源进行研发活动,包括资金、设备和人力等。这使得专精特新企业在技术创新方面更具实力;三是创新机制与管理体系。专精特新企业通常建立了较为完善的创新机制和管理体系,能够更好地整合内外部资源,推动技术创新的开展。这些机制包括产学研合作、技术创新联盟等,有助于企业获取更多的创新资源和信息,提高创新效率;四是市场需求导向。专精特新企业更加注重市场需求,以用户需求为导向进行技

表4 专精特新企业和非专精特新企业对比分析

年份	全部企业			专精特新企业			非专精特新企业		
	创新效率	纯技术效率	规模效率	创新效率	纯技术效率	规模效率	创新效率	纯技术效率	规模效率
2017	0.10	0.13	0.71	0.41	0.77	0.53	0.10	0.13	0.74
2018	0.09	0.21	0.50	0.37	0.51	0.73	0.09	0.20	0.52
2019	0.08	0.20	0.51	0.42	0.54	0.80	0.08	0.19	0.54
2020	0.08	0.17	0.53	0.46	0.56	0.83	0.08	0.16	0.57
2021	0.07	0.15	0.54	0.43	0.54	0.81	0.07	0.14	0.57
2022	0.07	0.16	0.53	0.43	0.53	0.82	0.08	0.16	0.56
均值	0.08	0.17	0.55	0.42	0.58	0.75	0.08	0.16	0.58

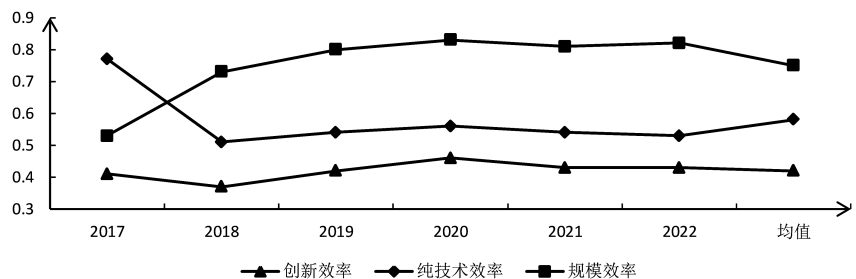


图4 专精特新企业创新效率演进折线图

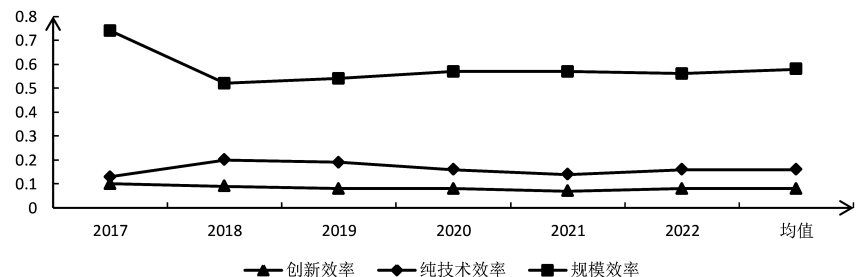


图5 非专精特新企业创新效率演进折线图

术研发和产品创新。这种市场需求导向的研发模式使得企业能够更准确地把握市场机遇，减少无效投入，提高创新效率；五是政策支持与外部环境。政府对于专精特新企业给予了一系列的政策支持和优惠措施。这些政策有助于降低企业的创新成本，提高创新积极性。

为了进一步考察专精特新企业与非专精特新企业创新效率的时序变化特征，刻画折线图，如图4、图5。不难发现，非专精特新企业整体变化与行业基本保持一致，而专精特新企业创新效率趋势线存在一个独特的现象，即规模效率线和纯技术效率线在2017—2018年间出现一次“交叉”，并且在此之后规模效率一直明显高于纯技术效率。究其原因，与2018年末工信部开展首批“专精特新”小巨人企业培育工作密切相关，这一工作的落实在一定程度上扩大了“专精特新”企业规模，使得规模效率对创新效率的贡献率超过了纯技术效率。

(四) 高新技术企业、非高新技术企业创新效率特征对比分析

依据国家《高新技术企业认定管理办法》，将605家企业划分为高新技术企业和非高新技术企业，统计其创新效率如表5所示，并制作折线图，如图6、图7。

首先，对比高新技术企业与非高新技术企业可以发现，高新技术企业的各项效率都要优于非高新技术企业。这主要是因为高新技术企业通常拥有更为强大的研发团队和创新能力，能够迅速捕捉和响应市场与技术趋势的变化。其不仅在技术研发上投入巨大，还积极与高校、科研机构等合作，共同推进前沿技术的研发和应用。这种高度的创新投入和合作机制，使得高新技术企业在创新效率上明显优于非高新技

表5 高新技术企业和非高新技术企业对比分析

年份	全部企业			高新技术企业			非高新技术企业		
	创新效率	纯技术效率	规模效率	创新效率	纯技术效率	规模效率	创新效率	纯技术效率	规模效率
2017	0.10	0.13	0.71	0.50	0.63	0.79	0.26	0.35	0.77
2018	0.09	0.21	0.50	0.41	0.60	0.71	0.09	0.21	0.51
2019	0.08	0.20	0.51	0.63	0.71	0.90	0.09	0.20	0.52
2020	0.08	0.17	0.53	0.62	0.67	0.92	0.08	0.17	0.54
2021	0.07	0.15	0.54	0.43	0.52	0.85	0.08	0.15	0.55
2022	0.07	0.16	0.53	0.44	0.57	0.81	0.08	0.17	0.54
均值	0.08	0.17	0.55	0.51	0.62	0.83	0.11	0.21	0.57

术企业。其次，纯技术效率方面，高新技术企业同样表现出色。由于专注于信息技术领域，其对技术的掌握和运用更加深入和精准。这些企业通常能够更有效地利用技术资源，实现技术的快速转化和应用。此外，高新技术企业注重技术创新与业务模式的结合，通过技术优化来提升业务流程的效率和效果。最后，规模效率方面，高新技术企业也具备明显优势。随着企业规模的扩大，这些企业能够更有效地整合内外部资源，降低生产成本，提高运营效率。且在市场拓展、品牌建设等方面也更具优势，能够更好地实现规模经济效应。

高新技术企业和非高新技术企业效率的演化规

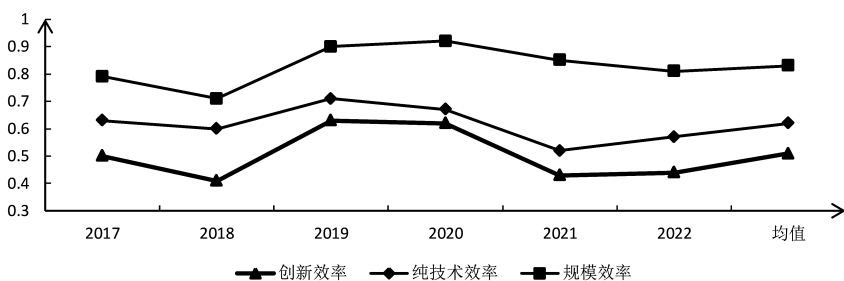


图6 高新技术企业创新效率演进折线图

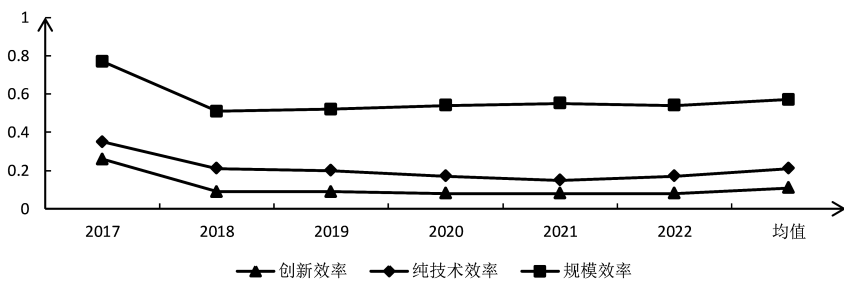


图7 非高新技术企业创新效率演进折线图

律从图6、图7中可以看出,高新技术企业创新效率、纯技术效率和规模效率变化趋势基本相同,均表现为“降-升-稳-降-升”,呈现出明显的“几字型”特征。第一次上升是由于2018年百个亿元以上高质量发展项目集中签约,这些重大项目不仅为高新技术产业带来了资金和资源,也进一步推动了产业的技术升级和创新发展。第二次上升则是突发公共卫生事件进入稳定期后,企业逐步复产复工,但从图6中可以看到,增幅较2018年有明显下降,表明突发公共卫生事件带来的冲击仍需要时间缓解。非高新技术企业创新效率自2018年陡降后,增速一直较缓。

#### 四、结论与建议

文章选用DEA-BCC模型,测算研究了2017—2022年605家信息技术产业上市企业的创新效率,并考察其演变趋势及异质性。研究发现:(1)信息技术产业创新效率呈波动变动,总体处在一个较低的水平上,仍有很大提升空间,并且规模效率对创新效率的贡献率超过50%。(2)中小型企业、专精特新企业以及高新技术企业的创新效率明显高于大型企业、非专精特新企业和非高新技术企业。

基于上述研究,提出以下建议:(1)一方面通过持续的数据分析,确定企业发展最合适的规模,充分发挥规模经济效应;另一方面在不改变生产规模的情况下,通过技术改进和管理优化,使企业能够更有效地利用现有资源,从而提高生产效率。(2)中小型企业除应密切关注市场动态和客户需求,及时调整创新策略和方向外,还应积极寻求政府、行业协会等外部资源的支持,降低创新风险,提高创新成功率。大型企业应建立高效、灵活的创新流程,减少决策层级和审批环节,加快创新项目的推进速度。同时,积极搭建创新平台,包括企业内部创新平台、产学研合作平台、行业创新联盟等以汇聚创新资源,促进技术转移和成果转化。

(3)专精特新企业可以借助优良的政策环境,加大研发投入,进一步提升纯技术效率。非专精特新企业应确定企业的核心领域,围绕这一领域展开集

中研发,提高自身的核心竞争力。(4)高新技术企业宜组建一支具备多学科背景、创新能力强的研发团队,并为其提供充分的学习和发展机会。通过内部培训、外部引进、激励措施等方式,持续激发团队成员的创新活力和积极性。非高新技术企业应明确自己的创新目标,加大创新投入,确立与自身业务和发展战略相契合的创新战略,提升创新效率,尽快实现企业转型升级。

#### 主要参考文献:

- [1] 白云朴,陈琴琴.长江经济带软件与信息技术服务业技术创新效率时空演变及影响因素研究[J].南京邮电大学学报(社会科学版),2023,25(02):56-67.
- [2] 余东华,信婧.信息技术扩散、生产性服务业集聚与制造业全要素生产率[J].经济与管理研究,2018,39(12):63-76.
- [3] 张之光,张梦月,白阳瑞.基于SFA-Malmquist模型的区域软件与信息技术服务业全要素生产率测算与分析[J].数学的实践与认识,2023,53(01):83-96.
- [4] 张宏亮,程梦雅,王靖宇,邵东伟.机构投资者调研对企业创新效率的影响及其作用机制[J].科技管理研究,2024,44(02):194-202.
- [5] 晁一方,黄永春,彭荣.“互联网+”战略下信息技术服务业创新效率评价研究——以北京、上海、广东三地为例[J].科技管理研究,2021,41(03):117-124.
- [6] 张佳琪.中国省域数字文化产业创新效率的测算及影响因素分析[J].统计与决策,2024,40(04):102-108.
- [7] 李林隆.新时代软件和信息技术服务业高质量发展路径探索[J].商讯,2023(16):120-123.
- [8] 任英华,樊帆,吴宏丹.信息服务业技术效率影响因素的空间计量分析[J].统计与决策,2013(02):93-97.
- [9] 王珮,李硕,马原驰,朱珮尧.营改增对信息技术服务业技术创新的影响研究——基于模糊断点回归分析[J].税务研究,2019(05):47-54.
- [10] 赵丽,车璐.软件和信息技术服务业高质量发展影响因素研究——基于哈肯模型的演化分析[J].商业经济,2022(11):38-40.
- [11] 卫力,王亚玲,张秀,赵振.数字化转型提升企业创新效率的网络机制——合作和知识双重创新网络结构洞的中介作用[J].西部论坛,2024,34(01):81-95.
- [12] 马文斌,朱欢.绿色低碳企业创新效率测度及影响因素研究——基于三阶段DEA与Tobit模型[J].软科学,2024:1-12.
- [13] 张峰,陈嘉伟.京沪高铁沿线装备制造业绿色创新效率的空间网络结构特征[J].地理科学,2023,43(12):2150-2161.

责编:梦超 