

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2021.04.004

基于 DEA 模型的湖南省装备制造业 R&D 效率评价

何燕子, 王婉玉, 王艳兰

(湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 为提高湖南省装备制造业 R&D 效率, 通过建立效率评价模型, 运用 DEA 模型和 Malmquist 指数法对湖南省装备制造业 2011—2019 年 7 大子行业进行 R&D 效率测度评价。通过实证分析可以得知: 从 DEA 静态分析看, 湖南省装备制造业中少数子行业是 DEA 有效的, 存在资源浪费严重的情况; 而从 Malmquist 动态分析来看, TFP 整体趋于波动态势, 尚未形成连续上升趋势。在实证分析的基础上, 提出积极发挥政府作用、加强合作和吸引高层次人才的建议。

关键词: 湖南省; 装备制造业; R&D 效率; DEA 模型

中图分类号: F124

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2021)04-0022-08

引文格式: 何燕子, 王婉玉, 王艳兰. 基于 DEA 模型的湖南省装备制造业 R&D 效率评价 [J]. 湖南工业大学学报, 2021, 35(4): 22-29.

DEA-Based R&D Efficiency Evaluation of Equipment Manufacturing Industry in Hunan Province

HE Yanzi, WANG Wanyu, WANG Yanlan

(Business School, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: In view of an improvement of R&D efficiency of equipment manufacturing industry in Hunan Province, by establishing the efficiency evaluation model, DEA model and Malmquist index method have been used for the measurement and evaluation of R&D efficiency of seven sub-industries of equipment manufacturing industry in Hunan Province from 2011 to 2019. Based on the empirical analysis, it can be inferred that from the static analysis of DEA, a few sub-industries of equipment manufacturing industry in Hunan Province are DEA effective and with a serious waste of resources. From Malmquist dynamic analysis, TFP tends to fluctuate as a whole, without forming a continuous upward trend. On the basis of empirical analysis, some suggestions are put forward to give full play to the role of government, strengthen cooperation and attract high-level talents.

Keywords: Hunan Province; equipment manufacturing industry; R&D efficiency; DEA model

0 引言

装备制造业是我国的支柱型产业, 影响着我国实体经济的命脉发展。2015 年 5 月, 国务院在《中国

制造 2025》中明确指出: 要推进先进装备制造业转型升级和加快基地建设。从湖南省的产业发展格局中看, 装备制造业是湖南省第一支柱产业, 代表着湖南工业的核心竞争力。随着“工业 4.0”时代的到

收稿日期: 2021-03-11

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(19BJY082); 湖南省社会科学评审委员会基金资助重点项目(XSP20ZDI014)

作者简介: 何燕子(1973-), 女, 湖南永顺人, 湖南工业大学教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事产业经济方面的教学与研究, E-mail: 248126415@qq.com

来,世界各国纷纷提出要增强先进制造业发展水平。在此背景下,研究湖南省如何提高装备制造业整体行业实力和提升自主创新能力这一课题,具有十分重要的现实意义。按照教科文官方定义,科技投入(research and development, R&D)是在科研活动中增加知识总量以及运用知识创造新的活动^[1],也是产业技术创新的重要衡量指标。

由此可见,提高 R&D 效率是优化产业资源配置以及提升行业技术创新能力的必经之路。

1 研究综述

随着对装备制造业研究的不断深入,目前有较多学者使用随机前沿分析法、数据包络分析法(data envelopment analysis, DEA)等对 R&D 效率进行评价分析。因为 DEA 方法结构简单,能够较好地测算某地区内的 R&D 投入和产出相对效率评估,所以受到大多数学者的欢迎,它是需要投入和产出数据的一种较为客观的非参数方法。目前,DEA 方法已得到较为广泛的应用,如张维今等^[2]对我国装备制造业与生产性服务业融合效率进行了分析,发现前者不存在绝对收敛,而后者存在绝对收敛。李庆雪等^[3]基于 DEA 模型并结合 2011—2018 年数据,对中国装备制造业服务化科技政策效率进行了调查,研究表明装备制造业服务化科技政策纯技术效率有效,而且存在行业异质性。梅洪常等^[4]对重庆高端装备制造业技术效率评价进行了研究,结果表明重庆市装备制造业发展呈缓慢上升趋势。高智等^[5]基于 SEM (structural equation modeling) 模型,对装备制造业与高技术服务业融合发展水平对本地区装备制造业创新效率进行了研究,结果表明两行业融合存在显著负向溢出效应,且与高技术服务业特性及发展阶段有关。吴传清等^[6]运用 SEM 模型测度全国装备制造业绿色创新效率。何伟怡等^[7]对装备制造业 7 大子行业能源效率进行了测算,结果表明装备制造业应积极增加研发投入。杜文忠等^[8]基于 SE-DEA 模型,对我国 2000—2014 年地区先进装备制造业整体发展效率进行了研究,结果表明我国发展效率主要依靠纯技术效率。P. Teirlinck 等^[9]基于 DEA 模型对比利时航天工业中小企业 R&D 活动的效率进行了研究,结果表明专注于公司空间活动的环境对研发活动生产效率产生了积极影响。Hung-Yi 等^[10]对台湾半导体企业效率进行了研究分析,结果表明半导体企业产业的研发水平还需进一步加强;Wang Q. W. 等^[11]基于 DEA 模型对新能源企业的创新效率进行了评价分析,

结果表明新能源企业在创新方面效率低下,不同创新类型的新能源企业创新效率不同。W. Nasierowski 等^[12]以 45 个国家为研究对象,发现国家的技术创新效率与创新的规模和资源配置有关,结果表明许多国家生产率增长下降的程度,在大多程度上解释为效率的差异及其组成部分的差异。

通过梳理文献发现,虽然已有研究对装备制造业研究十分丰富,但仍存在不足之处:一是以往学者虽有对中国装备制造业效率方面的研究,但较少对湖南省进行全面综合详细阐述装备制造业是湖南省的支柱性产业,而对湖南省装备制造业的 R&D 效率进行综合整体研究还很匮乏;二是很少有学者将湖南省装备制造业与 R&D 效率结合进行静态与动态研究;三是对装备制造业各子行业的研究甚少。因此,本文在综合以前研究的基础上,以湖南省装备制造业 7 个子行业为研究对象,采用 DEA 模型和 Malmquist 指数法对《湖南统计年鉴》(2011—2019 年)中的数据进行分析,并通过实证分析湖南省装备制造业 R&D 投入效率,提出当前湖南省装备制造业存在的问题,并提出相应的改进措施与建议,以此为湖南省装备制造业发展提供参考性建议与意见。

2 模型构建与指标来源

2.1 模型构建

2.1.1 DEA 模型

DEA 模型是 1978 年由美国著名的运筹学家 A. Charnes 等^[13]提出的一种效率评价方法,它主要是用于分析多投入多产出之间的决策单元(decision making unit, DMU)的技术效率值。DEA 模型包括 BCC 模型和 CCR 模型,这两者之间的差别是前者的设定前提条件为规模报酬可变,而后者的设定前提条件为规模报酬不变。为方便对装备制造业进行分析,本文将设定在同一条件下,采用基于投入导向的 CCR 模型来评价湖南省的装备制造业 R&D 效率,具体公式如下:

$$\begin{aligned} \min A_j &= \theta, \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + S^- = \theta X_0, \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - S^+ = Y_0, \\ \lambda_j \geq 0, \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0, \\ j=1, 2, \dots, n. \end{cases} \end{aligned}$$

式中: A_j 为决策单元的效率值;

X_j 为投入量;

Y_j 为产出量;

n 为决策单元的数量;

λ 为 DMU 的指标组合;

S 为松弛变量, S^- 和 S^+ 分别表示产出不足和投入冗余量;

θ 为第 j 个决策单元的效率值, 且满足 $0 \leq \theta \leq 1$ 。

DEA 模型本质上是一个线性规划问题。如果 $\theta=1$, $S^-=S^+=0$, 则决策单元 DEA 有效; 如果 $\theta=1$, $S^+ \neq 0$, 则决策单元弱 DEA 有效; 如果 $\theta < 1$, 则决策单元相对无效。

2.1.2 Malmquist 指数

DEA 模型一般用于截面数据, 而不能反映技术效率随时间变化的效率值, 而 R. E. CAVES^[14] 提出的 Malmquist 指数可以有效弥补这一缺陷。它可以用于时间序列数据, 反映技术效率值随时间变化趋势, 因此本文将 DEA 模型与 Malmquist 指数法相结合, 以此全方位评价湖南省装备制造业的 R&D 效率。

Malmquist 指数反映数据动态变化规律, 因此将距离函数定义为

$$D'_0(Y', X) = 1/F'_0(Y', X|C, S),$$

式中: $F'_0(Y', X|C, S)$ 为技术效率;

$D'_0(Y', X)$ 为在 t 期生产前沿下, 所评估的决策单元在 t 期的距离函数值;

X^t, Y^t 分别为第 t 期的投入量与产出量;

C 为不变规模报酬;

S 为投入要素可处置;

t 表示年份。

从 t 到 $t+1$ 时期的 Malmquist 指数表达式为

$$I_m(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \left\{ \frac{D'_0(X^{t+1}, Y^{t+1}) \cdot D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D'_0(X^t, Y^t) \cdot D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right\}^{1/2} = \left\{ \frac{D'_0(X^t, Y^t)}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right\}^{1/2} \cdot \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D'_0(X^t, Y^t)} \cdot \left\{ \frac{D'_0(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \right\}^{1/2} = I_{\text{tech}} \cdot I_{\text{effch}} = I_{\text{tech}} \cdot I_{\text{pech}} \cdot I_{\text{sech}}$$

式中 $I_m(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t)$ 为 Malmquist 指数。

I_m 为全要素生产率 (total factor productivity, TFP) 增长指数, 它是技术进步指数 (I_{tech}) 和综合技术效率变动指数 (I_{effch}) 的乘积, 而后者可以分为纯技术效率变动指数 (I_{pech}) 和规模效率变动指数 (I_{sech})。当 I_m 大于 1 时, 说明 TFP 呈上涨趋势; 当 I_m 等于 1

时, 说明效率相较于之前未发生改变; 当 I_m 小于 1 时, 说明 TFP 总体呈下降趋势。

2.2 数据来源

本文所使用的数据来自《湖南省统计年鉴》, 按照国民经济行业分类, 装备制造业主要分为 7 个子行业, 即金属制品业 (C_1)、通用设备制造业 (C_2)、专用设备制造业 (C_3)、交通运输设备制造业 (C_4)、电气机械和器材制造业 (C_5)、计算机通信和其他电子设备制造业 (C_6)、仪器仪表及文化办公用机械制造业 (C_7)。

由于 R&D 效率从投入到产出存在一定的时滞性, 因此本文借鉴王艳等^[15]的方法, 将时滞设为 1 a, 装备制造业每年的 R&D 效率产值都是前一年的投入与当年产出的结果, 同时, 规模以上工业企业是 2012 年提出的, 因此本文选取是 2012—2020 年数据, 由于时滞性所得到的实际上是 2011—2019 年数据。

2.3 指标选取

根据装备制造业的特征, 并且借鉴其他学者们的建议, R&D 效率指标主要由投入指标和产出指标两部分组成。投入指标可以分为人员投入和经费投入, 本文选取 R&D 人员全时当量作为人员投入指标, R&D 经费内部支出作为经费投入指标; 此外, 因为是对 R&D 效率评价, 所以选取代表企业创新能力的专利申请数作为知识产出指标, 而专利申请出来就要出售新产品, 故新产品销售收入也作为产出指标, 这是考验一家企业产品的硬实力能力。因此, 产出指标分别选取专利申请数和新产品销售收入, 综上所述, R&D 效率指标设定如表 1 所示。

表 1 R&D 效率的指标选择
Table 1 Index choice of R&D efficiency

指标类别	指标名称
投入指标	R&D 人员全时当量
	R&D 经费内部支出
产出指标	专利申请数
	新产品销售收入

3 湖南省装备制造业 R&D 效率实证分析

3.1 DEA 模型静态分析

3.1.1 综合技术效率分析

本文采用 Deap 2.1 软件中的 Multi-stage 算法, 投入数据选取 2011—2019 年投入指标中的数据, 产出指标选取 2012—2020 年的数据, 以投入导向型进行计算, 结果如表 2 所示。

综合技术效率值是判断 DMU 对 R&D 资源配置

效率影响力大小的主要依据,也是调整产业科技研发结构比例的重要衡量依据。综合效率值是纯技术效率和规模效率的乘积,若综合效率等于1,纯技术效率和规模效率也分别为1,说明综合效率、纯技术效率及规模效率都有效,则表明DEA是有效的;若综合效率值小于1,说明是非DEA有效的,而非DEA

有效可以分为在0.8~1.0之间,属于轻度DEA无效,只要改变决策单元数就可以使DEA有效;效率值在0.5~0.8之间,属于中度DEA无效,表示投入产出结构存在问题;效率值小于0.5,属于重度DEA无效的,则表明资源配置效率极度不合理,管理人员需要重新构建产业整体的投入产出结构。

表2 2011—2019年湖南省装备制造业各子行业综合技术效率值

Table 2 Comprehensive technical efficiency values of each sub-industry of equipment manufacturing industry in Hunan Province from 2011 to 2019

年份	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	均值
2011—2012	0.454	0.690	0.805	1.000	0.833	1.000	1.000	0.826
2012—2013	0.569	0.565	0.717	0.900	1.000	0.890	1.000	0.806
2013—2014	0.594	0.957	0.647	0.766	0.821	1.000	1.000	0.826
2014—2015	1.000	0.968	1.000	0.750	1.000	1.000	1.000	0.960
2015—2016	1.000	0.916	0.798	1.000	1.000	0.806	1.000	0.931
2016—2017	0.959	0.801	0.874	1.000	1.000	1.000	1.000	0.948
2017—2018	0.700	0.838	0.827	1.000	1.000	1.000	1.000	0.909
2018—2019	0.815	0.999	0.961	1.000	0.926	1.000	1.000	0.957
2019—2020	0.810	0.909	1.000	1.000	0.957	1.000	1.000	0.954
均值	0.767	0.850	0.848	0.935	0.949	0.966	1.000	0.902

由表2可知,从表格横向中看,在2011—2019年装备制造业7个子行业均值是整体平均逐年增加的,由2011年的均值0.826上涨到2019年的均值0.954,表明整体都处于轻度DEA无效,稍微调整决策单元数就可以实现DEA有效;从纵向来看,仪器仪表及文化办公用机械制造业(C₇)在2011—2019年综合效率均值为1,表明该子行业R&D投入产出结构是有效的,意味着R&D效率的综合效率值达到最佳状态并且投入资源都得到了充分利用,所以产生了最佳效果。而相反,金属制品业(C₁)整体上综合效率值最低,均值为0.767,属于中度DEA无效,

表明该子行业整体水平不稳定,且R&D投入结构性存在问题。而其余5个子行业在2011—2019年是轻度DEA无效的,可以通过改变投入指标使资源得到充分利用。

3.1.2 纯技术效率分析

当纯技术效率等于1时,说明产业投入资源配置效率达到最佳状态。在经济学中对纯技术有效的定义是在投入一定时实现产出最大化,或者使用最小化的投入指标资源得到最大利用。对湖南省装备制造业2011—2019年7大子行业纯效率值进行测算,结果如表3所示。

表3 2011—2019年湖南省装备制造业各子行业纯技术效率值

Table 3 Pure technical efficiency values of each sub-industry of equipment manufacturing industry in Hunan Province from 2011 to 2019

年份	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	均值
2011—2012	1.000	0.760	1.000	1.000	0.893	1.000	1.000	0.951
2012—2013	0.606	0.632	1.000	1.000	1.000	0.903	1.000	0.877
2013—2014	0.677	1.000	1.000	1.000	0.855	1.000	1.000	0.933
2014—2015	1.000	0.974	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.996
2015—2016	1.000	0.949	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.993
2016—2017	0.995	0.808	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.972
2017—2018	0.868	0.859	0.832	1.000	1.000	1.000	1.000	0.937
2018—2019	0.960	1.000	1.000	1.000	0.927	1.000	1.000	0.984
2019—2020	0.811	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.873
均值	0.880	0.890	0.981	1.000	0.964	0.990	1.000	0.946

纯技术效率均值越高,表明该行业资源配置效率越接近最佳。由表3可知,湖南省装备制造业整体的纯技术效率均值是0.946(小于1),此结果表明,因为纯技术效率相对无效导致综合技术效率小于1。分解来看,金属制造业(C_1)和通用设备制造业(C_2)在大部分年份未达到纯技术有效,这两个子行业纯技术创新活动缺乏效率的主要原因是技术效率过低,因此在寻求规模最优的同时,更应注重改善技术效率,合理组织投入要素,适当调整行业投入规模并且避免决策不当的举措。而相较而言,仪器仪表及文化办公用机械制造业(C_7)均值为1,表明该行业是纯技术有效,或者说在投入条件不变的情况下,产出达到资源配置最佳状态并且处于规模报酬不变的状态。

3.1.3 规模效率分析

规模效率反映实际规模与最优生产规模之间的

差距,具体分析结果如表4所示。

规模效率是指产业结构内部通过优化资源配置效率,以此来影响产出的作用效果。由表4可知,湖南省装备制造业规模效率均值是0.942,表明规模效率值较趋近于1,该产业投入产出结构比例较为合理,整体趋向于最佳规模状态。从各子行业数据以可得知,仪器仪表及文化办公用机械制造业(C_7)规模效率均值为1,该子行业是规模有效,说明在现有的技术创新效率和经营管理水平下,该子行业处于最有效的规模状态。而相对于其他6个子行业来说,各子行业内部投入与产出比例分配不合理,应大力调整各子行业投入产出结构比例,其中通用设备制造业(C_2)在2011—2019年均未达到规模有效,其规模效率水平还有待提高,从而提升湖南省装备制造业整体产业技术创新效率平均值。

表4 2011—2019年湖南省装备制造业各子行业规模效率值

Table 4 Scale of sub-industries of equipment manufacturing industry in Hunan Province from 2011 to 2019

年份	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	均值
2011—2012	0.454	0.908	0.805	1.000	0.933	1.000	1.000	0.871
2012—2013	0.939	0.894	0.717	0.900	1.000	0.986	1.000	0.920
2013—2014	0.877	0.957	0.647	0.766	0.960	1.000	1.000	0.887
2014—2015	1.000	0.994	1.000	0.750	1.000	1.000	1.000	0.963
2015—2016	1.000	0.965	0.798	1.000	1.000	0.806	1.000	0.938
2016—2017	0.964	0.992	0.874	1.000	1.000	1.000	1.000	0.976
2017—2018	0.807	0.975	0.994	1.000	1.000	1.000	1.000	0.968
2018—2019	0.849	0.999	0.961	1.000	0.999	1.000	1.000	0.973
2019—2020	1.000	0.909	1.000	1.000	0.957	1.000	1.000	0.981
均值	0.877	0.955	0.866	0.935	0.983	0.977	1.000	0.942

通过以上分析可得,在7个子行业中:1)仪器仪表及文化办公用机械制造业(C_7)的综合技术效率、纯技术效率和规模效率均值都为1,说明该行业技术创新活动同时达到了技术有效和规模有效,也就是说,该子行业R&D效率处于最优状态。2)交通运输设备制造业(C_4)的纯技术效率均值为1,但是其规模效率均值为0.935,综合效率均值也为0.935,表示在既定规模条件下,其技术效率有效,该行业内不存在资源配置效率低的现象,也显示出该行业未达到DEA有效是由于规模效率所造成的,因此,该行业要加大规模投入,以此进一步提高产业的R&D效率。3)金属制品业(C_1)的综合效率值为0.767,纯技术效率和规模效率均值分别为0.880和0.877,三者均值均低于1,特别是综合效率值较低,表明该子行业DEA无效,行业内部存在资源浪费现象,资源配置效率较低。4)剩余的4个子行业的综合效率、纯技术效率和规模效率均值都在0.8~0.9范围内,是

属于轻度DEA无效的,这表明这3个子行业在技术效率和规模效率方面均需提高,还有一定的进一步调整的空间。

综上所述,通过对湖南省装备制造业各子行业综合效率、纯技术效率和规模效率进行单独分析,研究表明大部分行业R&D效率处于较低水平,是DEA无效的,只有1个行业是DEA有效,若提高装备制造业整体产业水平,则非DEA有效的行业需提高资源配置效率和调整投入产出结构比例。

3.2 Malmquist 指数动态分析

Malmquist指数能动态反映装备制造业各子行业R&D效率的变化趋势,因此运用DEAP2.1软件对7个子行业进行分析,进而考察TFP的动态变化情形。由于Malmquist指数属于增长指数范畴,从下一年才会有结果,所以本文将选用2011—2019年的数据作为投入指标,2012—2020年的数据作为产出指标,故本文将对湖南省装备制造业从2012—2020年进行

动态分析。

3.2.1 湖南省装备制造业R&D效率动态分析

2012—2020年湖南省装备制造业R&D效率Malmquist指数及其分解结果如表5。

表5 2012—2020年湖南省装备制造业R&D效率Malmquist指数及其分解

Table 5 Malmquist index with its decomposition of R&D efficiency of equipment manufacturing industry in Hunan Province from 2012 to 2020

年份	I_{effch}	I_{tech}	I_{pech}	I_{sech}	I_m
2012—2013	0.982	1.273	0.908	1.081	1.250
2013—2014	1.032	0.975	1.076	0.959	1.007
2014—2015	1.178	0.913	1.077	1.093	1.075
2015—2016	0.971	1.138	0.996	0.974	1.104
2016—2017	1.019	1.046	0.977	1.043	1.066
2017—2018	0.955	0.960	0.964	0.991	0.916
2018—2019	1.059	0.718	1.053	1.006	0.760
2019—2020	0.996	1.167	0.987	1.009	1.162
均值	1.022	1.010	1.003	1.019	1.032

分析表5中的数据可知,总体上,湖南省装备制造业在2012—2020年TFP的均值是1.032,从时间变动上看,2012—2020年湖南省装备制造业TFP指数值有4a呈下降趋势,而总体上TFP变化趋势是上升和下降交替波动变化的,其中2012—2013年增长速度最为迅猛,增长幅度为25.0%;而2018—2019年下降最为惨重,下降幅度为24.0%,这一结果反映了湖南省装备制造业整体技术创新水平不稳定,还没有形成逐年递增的良好态势。

将TFP分解来看, I_{effch} 和 I_{tech} 的均值分别为1.022和1.010,两者均大于1,其中技术效率上升了2.2%,技术进步效率上升了1%。一方面,说明湖南省装备制造业整体技术创新效率是依靠技术效率,技术进步对其作用次之,这也说明了湖南省装备制造业的R&D投入效率虽然有所提高,但是技术水平有待提高。另一方面, I_{pech} 均值为1.003, I_{sech} 均值为1.019,可以看出 I_{pech} 和 I_{sech} 指数对 I_{pech} 增长起到了积极的推进作用。

3.2.2 湖南省各子行业R&D效率动态分析

2012—2020年湖南省装备制造业7个子行业的 I_m 、 I_{effch} 、 I_{tech} 和 I_{pech} 如表6所示。

由表6可知,湖南省装备制造业各子行业的TFP指数均值为1.032,说明装备制造业的整体效率是呈上升的变化趋势。从横向来看,除了计算机通信和其他电子设备制造业(C_6)、仪器仪表及文化办公用机械制造业(C_7)这两个子行业的TFP指数值都小于1,

表明2012—2020年上述两个行业是呈下降的变化趋势的。而其余5个子行业的TFP都大于1,显示湖南省装备制造业的提升主要源自技术效率的提高,也显示出技术效率对R&D效率增长的贡献最大。从纵向可以发现, I_{effch} 值大于 I_{tech} 值,进一步证实上述表5中所得结论:即技术效率对行业的R&D效率起到了关键性作用。同时,各指数中 I_{pech} 指数增长速度最慢,从纯技术效率指数看,大多数行业纯技术效率值都大于1,只有金属制造业(C_1)小于1,说明该行业的规模效率对整个产业规模效率起到了抑制作用。从规模效率来看,7大子行业的规模效率都大于1,说明这7大子行业规模处于一个较优的状态。

表6 2012—2020年湖南省各子行业Malmquist指数及其分解

Table 6 Malmquist indexes with their decomposition of sub-industries of equipment manufacturing industry in Hunan Province from 2012 to 2020

各子行业	I_{effch}	I_{tech}	I_{pech}	I_{sech}	I_m
C_1	1.075	1.010	0.974	1.104	1.086
C_2	1.035	0.997	1.035	1.000	1.032
C_3	1.028	1.050	1.000	1.028	1.079
C_4	1.000	1.049	1.000	1.000	1.049
C_5	1.017	1.000	1.014	1.003	1.017
C_6	1.000	0.975	1.000	1.000	0.975
C_7	1.000	0.993	1.000	1.000	0.993
均值	1.022	1.010	1.003	1.019	1.032

因此,湖南装备制造业要想提高整个自身R&D效率,一方面,需要提升纯技术效率水平,以此提升整个产业的资源配置效率以及产业管理水平,合理配置产业资源的投入产出结构。此外,还需要提高金属制造业(C_1)的纯技术效率,关注行业内部技术创新水平,调动整个产业人员研发新产品和新工艺的的积极性,以此提升产业科技研发水平。

4 结论与对策

4.1 结论

基于2011—2019年的数据,对湖南省装备制造业采用了DEA静态模型和Malmquist指数动态分析,并分别对产业内部各子行业的效率进行了分析,得出如下结论:

1)通过DEA静态模型可以看出,7个子行业中只有一个行业是DEA有效的,1个行业不仅是非DEA有效的,而且处于较低水平,表明各行业之间的R&D效率差距较大;

2) 通过 Malmquist 指数动态分析可以得出, TFP 整体趋于波动态势, 在整体上未形成持续上升态势, 所以要提高纯技术效率, 需加大科技投入力度, 以此带动产业规模水平。从各子行业来看, 计算机通信和其他电子设备制造业 (C_6)、仪器仪表及文化办公用机械制造业 (C_7) 的 TFP 都小于 1, 说明这两个行业中技术进步对 TFP 起抑制作用。

4.2 对策

1) 积极发挥政府作用。一方面, 政府需要发挥自身的资源配置职能, 对各个子行业实施“差异化”管理策略, 国家在政策、资源等方面应向效率低的行业倾斜, 增强政策支持力度, 有意识地向弱势行业增加补贴力度, 避免行业内部出现资金短缺问题, 破除行业内部在市场发展的阻碍, 提升市场中各子行业的资源配置效率。另一方面, 政府应制定相应的行业政策, 当好市场经济中的调控者和监督者, 避免各子行业出现“一刀切”政策, 政府结合各子行业情况, 比如, 针对纯技术效率与规模效率在不同子行业中受不同情况, 制定出适宜各子行业的行业措施, 政府与监管部门应建立健全整体产业的管理体系, 以此提升产业研究开发水平, 积极推动整体行业间协同合作, 带动整个产业的发展。

2) 加强合作。企业应加强与高校及优秀研发团队的合作, 提高大中专院校的教学质量, 注重保护知识产权, 可以通过在湖南省建立合作园区或基地, 从而建立全面、系统、高效的合作机制, 解决整个行业因科学技术水平不到位所带来的效率低下, 为双方合作奠定稳定的基础, 提升整体行业的研发创新能力。与此同时, 各子行业间相互学习, 企业间可以通过定期组织交流培训会, 对定期研发创新成果互相交流, 相互提高, 弥补各自的缺陷与不足, 使得整体产业间形成相对成熟的产业链, 以此相互促进, 提高整体的产业技术创新水平。

3) 吸引高层次人才。通过以上研究结论可知, 企业不仅需要培养自身的自主创新意识, 更为重要的是企业要留住人才。产业需要制定出配套的举措以施及奖惩机制以吸引高端人才加入产业研究团队, 如湖南省可以推出“高层次人才落户政策”以及相应住房补贴政策, 给予高层次人才生活及工作补助, 解决因生活困难所带来的人才流失。将高层次人才聚集成“高知识、高人才”的团队, 使得各子行业掌握先进技术与资源, 建立、健全人才绩效创新机制及创新成果激励机制, 从而形成产业内部创新的良性循环机制。

参考文献:

- [1] 张永凯. 全球 R&D 活动的空间分异与新兴研发经济体的崛起 [D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
ZHANG Yongkai. The Spatial Differentiation of Global R&D Activities and the Rise of R&D Emerging Economies [D]. Shanghai: East China Normal University, 2010.
- [2] 张维今, 王 钰, 王淑梅. 我国装备制造业与生产性服务业融合效率及其差异收敛性研究 [J]. 中国软科学, 2020(8): 47-54.
ZHANG Weijin, WANG Yu, WANG Shumei. Research on Convergence of Convergence Efficiency Difference Between China's Equipment Manufacturing Industry and Producer Service Industry [J]. China Soft Science, 2020(8): 47-54.
- [3] 李庆雪, 蔡良群, 于金闯. 装备制造业服务化科技政策效率及其影响因素研究: 基于 DEA-Tobit 的实证分析 [J]. 商业研究, 2020(7): 46-53.
LI Qingxue, QI Liangqun, YU Jinchuang. Research on the Efficiency of Servitization Science and Technology Policy in Equipment Manufacturing Industry and Its Influence Factors: an Empirical Analysis Based on DEA-Tobit [J]. Commercial Research, 2020(7): 46-53.
- [4] 梅洪常, 马华骏. 重庆市高端装备制造业技术创新效率评价研究 [J]. 科技管理研究, 2019, 39(10): 23-28.
MEI Hongchang, MA Huajun. Research on Technology Innovation Efficiency Evaluation of High-End Equipment Manufacturing Industry in Chongqing [J]. Science and Technology Management Research, 2019, 39(10): 23-28.
- [5] 高 智, 鲁志国. 产业融合对装备制造业创新效率的影响: 基于装备制造业与高技术服务业融合发展的视角 [J]. 当代经济研究, 2019(8): 71-81.
GAO Zhi, LU Zhiguo. The Influence of Industry Convergence on the Innovation Efficiency of the Equipment Manufacturing Industry: From the Perspective of the Integrative Development of the Equipment Manufacturing Industry and the High-Tech Service Industry [J]. Contemporary Economic Research, 2019(8): 71-81.
- [6] 吴传清, 申雨琦. 中国装备制造业集聚对绿色创新效率的影响效应研究 [J]. 科技进步与对策, 2019, 36(5): 54-63.
WU Chuanqing, SHEN Yuqi. Effect of Equipment Manufacturing Industrial Concentration on Green Innovation Efficiency in China [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2019, 36(5): 54-63.
- [7] 何伟怡, 马胜仑, 孙学珊. 中国装备制造业能源效率研究: 基于 Bootstrap-DEA 模型 [J]. 华东经济管理, 2019, 33(1): 87-92.

- HE Weiyi, MA Shenglun, SUN Xueshan. A Study on Energy Efficiency of China's Equipment Manufacturing Industry: Based on the Bootstrap-DEA Model[J]. East China Economic Management, 2019, 33(1): 87-92.
- [8] 杜文忠, 胡燕萍. 基于聚类分析和 SE-DEA 模型的我国先进装备制造业发展效率研究 [J]. 科技管理研究, 2018, 38(4): 166-174.
- DU Wenzhong, HU Yanping. Research on the Development Efficiency of China's Advanced Equipment Manufacturing Industry Based on Cluster Analysis and SE-DEA Model[J]. Science and Technology Management Research, 2018, 38(4): 166-174.
- [9] TEIRLINCK P, KHOSHNEVIS P. Within-Cluster Determinants of Output Efficiency of R&D in the Space Industry[J]. Omega, 2020, 94: 102039.
- [10] WU H Y, CHEN I S, CHEN J K, et al. The R&D Efficiency of the Taiwanese Semiconductor Industry[J]. Measurement, 2019, 137: 203-213.
- [11] WANG Q W, HANG Y, SUN L C, et al. Two-Stage Innovation Efficiency of New Energy Enterprises in China: a Non-Radial DEA Approach[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2016, 112: 254-261.
- [12] NASIEROWSKI W, ARCELUS F J. On the Efficiency of National Innovation Systems[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2003, 37(3): 215-234.
- [13] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.
- [14] COWAN R, ZINOVYEVA N. Univesity Effects on Regional Innovation[J]. Research Policy, 2013, 42(3): 788-800.
- [15] 王 艳, 龚新蜀, 李津津. 基于 SFA 模型的新疆装备制造业技术创新效率及影响因素分析 [J]. 科技管理研究, 2017, 37(12): 146-151.
- WANG Yan, GONG Xinshu, LI Jinjin. Analysis of Xinjiang Equipment Manufacturing Industries Technological Innovation Efficiency and Influencing Factors Based on SFA Model[J]. Science and Technology Management Research, 2017, 37(12): 146-151.

(责任编辑: 申 剑)

(上接第 15 页)

- WANG Ning, GU Zhengqi, LIU Shuichang, et al. Wind Buffeting Noise Analysis and Control for High-Speed Vehicle Side-Windows[J]. Journal of Aerospace Power, 2013, 28(1): 112-119.
- [6] POWELL A. On the Edgetone[J]. The Journal of the Acoustical Society of America, 1961, 33(4): 395-409.
- [7] ROSSITER J E. Wind-Tunnel Experiments on the Flow over Rectangular Cavities at Subsonic and Transonic Speeds[OL]. [2020-03-20]. <https://www.researchgate.net/pudlication/235432690>.
- [8] CHATELLIER L, LAUMONIER J, GERVAIS Y. Theoretical and Experimental Investigations of Low Mach Number Turbulent Cavity Flows[J]. Experiments in Fluids, 2004, 36(5): 728-740.
- [9] WU S F, WU G, PUSKARZ M M, et al. Noise Transmission Through a Vehicle Side Window Due to Turbulent Boundary Layer Excitation[J]. Journal of Vibration and Acoustics, 1997, 119(4): 557-562.
- [10] BLEVINS R D, PLUNKETT R. Formulas for Natural Frequency and Mode Shape[J]. Journal of Applied Mechanics, 1980, 47(2): 461-462.
- [11] 康 宁, 王晓春. 天窗对轿车内部流场及气动噪声的影响 [J]. 航空动力学报, 2010, 25(2): 354-358.
- KANG Ning, WANG Xiaochun. Influence of Sunroof on Flow Field and Aerodynamic Noise Inside the Passenger Compartment of the Car[J]. Journal of Aerospace Power, 2010, 25(2): 354-358.
- [12] 鲍 锋, 邹 赫, 曾华轮, 等. 扑翼尾流脱落涡特性的 PIV 实验研究 [J]. 气体物理, 2017, 2(1): 48-56.
- BAO Feng, ZOU He, ZENG Hualun, et al. Experimental Investigation with PIV on Characteristics of Shedding Vortices in Wake of Flapping Wings[J]. Physics of Gases, 2017, 2(1): 48-56.
- [13] 汪怡平. 汽车风窗噪声及风振噪声的机理及控制方法研究 [D]. 长沙: 湖南大学机械与运载工程学院, 2011.
- WANG Yiping. Comprehensive Study of Generation Mechanism and Reduction Methods of Vehicle Wind Rush Noise and Buffeting Noise[D]. Changsha: College of Mechanical and Vehicle Engineering, Hunan University, 2011.

(责任编辑: 申 剑)