

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2020.05.011

湖南省高端装备制造业技术创新效率评价研究 ——基于 DEA 和 Malmquist 指数模型

何燕子, 王艳兰

(湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 为研究湖南省高端装备制造业的技术创新效率, 对 2011—2016 年湖南省高端装备制造业 5 个细分产业的技术创新效率进行了静态和动态研究。静态研究结果表明: 湖南省高端装备制造业大部分产业为 DEA 有效, 其中部分产业没有达到 DEA 有效, 主要是由规模效率偏低造成的。动态研究结果表明: 2011—2016 年湖南省高端装备制造业的全要素生产率大于 1, 但增长速率较为缓慢, 其主要影响因素是技术进步指数较低。故可知技术进步对全要素生产率起主要的限制作用, 且湖南省的技术水平有待加强。最后, 在实证分析的基础上, 建议从提高资源利用率, 发挥集群优势; 促进湖南省科研院所、高等院校和高端装备制造业的大力合作; 引进发达国家装备制造业的关键技术, 努力吸收并创新等 3 个方面着手提高湖南省装备制造业的技术创新效率。

关键词: 高端装备制造业; 技术创新; 效率评价; DEA; Malmquist

中图分类号: F269.27

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2020)05-0072-08

引文格式: 何燕子, 王艳兰. 湖南省高端装备制造业技术创新效率评价研究: 基于 DEA 和 Malmquist 指数模型 [J]. 湖南工业大学学报, 2020, 34(5): 72-79.

Research on Evaluation of Technological Innovation Efficiency of High-End Equipment Manufacturing Industry in Hunan Province: An Index Model Based on DEA and Malmquist

HE Yanzi, WANG Yanlan

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

Abstract: In order to study the technological innovation efficiency of high-end equipment manufacturing industry in Hunan Province, a static and dynamic research has thus been carried out on the technological innovation efficiency of five subdivision sectors of high-end equipment manufacturing industry in Hunan Province from 2011 to 2016. The static research results show that most of the high-end equipment manufacturing enterprises in Hunan Province are DEA effective, and still some of them are not DEA effective due to their low scale efficiency. The dynamic results show that the total factor productivity of high-end equipment manufacturing industry in Hunan Province is greater than 1 from 2011 to 2016, but the growth rate is relatively slow, with the low technological progress index being the main influencing factor. Therefore, it can be inferred that technological progress plays a major role in the limitation of TFP, an

收稿日期: 2020-02-20

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

indication that the technical level of Hunan Province needs to be strengthened. Finally, based on the empirical analysis, it is suggested to improve the technological innovation efficiency of equipment manufacturing industry in Hunan Province from three aspects: improvement of the utilization rate of resources with full play given to the advantages of cluster; promotion of the cooperation between scientific research institutes, universities and high-end equipment manufacturing industry in Hunan Province; introduction, assimilation and innovation of key technologies of equipment manufacturing industry of developed countries.

Keywords: high-end equipment manufacturing industry; technological innovation; efficiency evaluation; DEA; Malmquist

高端装备制造业作为战略性新兴产业的重要组成部分,是实现我国由“制造大国”向“制造强国”转变的重要枢纽。被冠以“国家老工业基地”之称的湖南省,积极响应党中央、国务院助力湖南的号召,把发展制造业提上了经济议程。《建设制造强省五年行动计划(2016—2020)》中提出,要在2020年以前把湖南省建设成为制造强省,促使其装备制造业向中高端方向发展,打造属于湖南省的装备品牌、中国的装备品牌、世界的装备品牌。目前,湖南省高端装备制造业正在稳步发展,但是也存在较多问题,主要为创新水平较低、核心技术研发困难等,这些问题已经对湖南省高端装备制造业的发展造成了影响。因此急需建立一个科学的技术创新评价指标体系,利用其对湖南省高端装备制造业的创新现状和发展态势予以分析。

1 研究综述

对于技术创新的概念,不同学者有不同的定义。最早对技术创新概念进行界定的是 S. N. Afriat^[1]。综合国内外已有研究,发现绝大多数学者通过实证分析来评价技术创新效率,实证分析的方法主要包括两种:一种是以数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)方法为代表的参数法。如李培哲等^[2]采用 DEA-Malmquist 方法,对2009—2016年全国30个省份以及区域的高技术产业创新效率进行了分析,其研究发现全国的高技术产业要素生产率总体呈增长趋势,且主要依赖于技术效率的增长。刘和东等^[3]运用网络 DEA 方法,通过对2009—2015年“一带一路”17个省(市)的高新技术产业投入产出数据进行分析,将创新阶段分为研究子过程和商业子过程,发现商业化子过程的效率要高于研发子过程的效率。管永刚^[4]运用超效率 DEA 对我国高等教育资源配置效率进行了分析,得知西部的资源配置效率最高,并认为引起高等教育地区差异的原因,是由高等

教育管理体制、经济发展水平和高等教育资源配置方式引起的。H. S. Pannu^[5]等采用 DEA 模型对印度制药产业的创新效率进行了评价。Lee H. 等^[6]运用 DEA 方法,对亚洲多个国家装备制造业进行了研究,发现中国、新加坡等的创新效率较弱,而日本和韩国的相对较强。W. Nasierowski 等^[7]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。另一种是以随机边界模型(stochastic frontier approach, SFA)为代表的非参数法。如李娟等^[8]运用 SFA 模型对2014年制造业8个行业中120个上市公司进行了研究,探讨了这些公司的技术创新效率及其影响因素。张立峰等^[9]以河北省某国家级高新区为研究对象,对其技术创新效率用 SFA 模型处理并进行了分析。程郁等^[10]通过 SFA 校验了高新区创新驱动型增长的实现与否。王艳等^[11]借助 SFA 方法对新疆装备制造业的创新效率进行了研究。

已有国内外对于高端装备制造业技术创新或者其相关产业的研究,主要集中在影响因素和效率评价两个方面。

其中,影响因素方面的研究,如范德成等^[12]通过构建 StoNED(stochastic non-parametric envelopment of data)模型,对2011—2014年高端装备制造业的数据进行了转化和研究,并借助 Tobit 模型对其影响因素进行了分析,发现企业规模对不同阶段的作用不同,政府支持会给整个技术创新带来副作用,而市场垄断则只对转化阶段和总的效率产生影响,且是正面影响。于霞等^[13]也认为政府支持与创新效率成负相关,而研发资本存量、企业科技投入强度、对外开放度与创新效率成正相关。而傅为忠等^[14]通过研究,认为关于政府支持对技术创新的作用与其相反,他认为政府支持会给研发阶段带来正影响,且企业研发经费结构会给技术创新带来副作用。Li Chang 等^[15]则认为政府的直接财政支持对技术创新的改善没有影响。张云等^[16]研究了外直接投资(outbound

direct investment, ODI) 对高端装备制造业的一个子产业所产生的作用, 得出 ODI 在长期和短期中都对这一子产业的技术创新有正向作用, 并且短期投资所发挥的作用更加明显, 而其长期作用则取决于各国之间的差距。

关于效率评价方面的研究, 主要如吴雷^[17]用随机边界模型方法对中国 28 个省的高端装备制造业进行了研究, 发现黑龙江省的技术创新效率最低。黄鲁成等^[18]在提出一种可行的组合离差最大化法和综合指数法 (maximizing deviations method-synthetic index method, MDM-SIM) 测度模型的基础上, 对北京市的高端装备制造业技术创新进行了研究, 发现 2009—2014 年北京市的创新效率呈现上升趋势。贺正楚等^[19]用 4 个一级指标、9 个二级指标构建了一个评价指标体系, 并利用其对我国高端装备制造业 2004—2014 年的技术创新效率进行了评价。Wang Ya 等^[20]对中国高技术产业集群的绿色创新效率进行了测度。

从以上研究综述中可以得知, 目前已有部分对于高端装备制造技术创新效率的研究, 但是数量不多。而高端装备制造业作为制造业的顶尖部分, 对制造业的发展水平和我国的科技实力具有一定的代表性, 对于中国经济的发展也是十分重要的。因此, 本研究拟将湖南省高端装备制造业作为研究对象, 对它的五大细分行业的投入产出数据展开实证分析。通过对湖南省高端装备制造业近几年的技术创新效率进行研究, 找出当前在技术创新过程中存在的问题, 并提出相应的解决措施, 以期为高端装备制造业的发展提供一定的借鉴与参考。

2 模型选取与数据来源

2.1 模型设定

2.1.1 DEA 模型

DEA 模型考虑的是多产出、多投入的问题, 且不需要对指标赋予权重, 不需要进行无量纲化处理, 在一定程度上减少了主观性, 使数据分析结果更加可靠, 所以本文选择 DEA 模型进行分析评价。DEA 模型包括 BCC 模型和 CCR 模型。CCR 模型与 BCC 模型的区别在于: 前者考虑规模效益不变的情况, 后者考虑规模效益可变的情况。

假设所研究的决策单元 (decision making unit, DMU) 有 k 个, 即 DMU_k , 每一个 DMU 的投入和产出个数是一定的而且相等, 则对第 k 个决策单元的相对效率优化评价模型为

$$\max H_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}, \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

式 (1) (2) 中: $v_i \geq 0, i=1, 2, \dots, m$;

$u_r \geq 0, r=1, 2, \dots, m$ 。

本研究中技术创新效率各指标变量及含义如表 1 所示。

表 1 技术创新效率的指标及其含义

Table 1 Indicators of technological innovation efficiency with their connotations

指标符号	含 义
$i (i=1, 2, \dots, m)$	投入, m 为投入项
$r (r=1, 2, \dots, s)$	产出, s 为产出项
x_{ik}	第 k 个决策单元对第 i 种类型输入的投入量
y_{rk}	第 k 个决策单元对第 r 种类型输出的产出量
v_i	第 i 类型输入的权重
u_r	第 r 类型输出的权重
H_k	第 k 个决策单元的投入产出比

用矩阵形式表示上述模型, 并引入两个变量, 即松弛变量 S^+ 和剩余变量 S^- , 将上面的不等式约束通过变换和对偶变换为等式约束, 即 CCR 模型:

$$\min H_k = \theta, \quad (3)$$

且

$$\begin{cases} X\lambda + S^- = \theta X_k; \\ Y\lambda - S^+ = Y_k; \\ \lambda \geq 0, S^- \geq 0, S^+ \geq 0; \\ \theta \text{ 无符号限制。} \end{cases} \quad (4)$$

式 (3) (4) 中: θ 为效率值;

X 、 Y 、 λ 均为 n 维列向量, 其中 X 、 Y 分别为 n 个 DMU 的投入量和产出量, λ 则代表 n 个 DMU 的投入与产出要素的权重;

X_k 为第 k 个决策单元的投入量;

Y_k 为第 k 个决策单元的产出量;

H_k 为第 k 个决策单元的效率值。

在 CCR 模型的基础上, 令

$$\min W_k = \theta, \quad (5)$$

且

$$\begin{cases} X\lambda + S^- = \theta X_k; \\ Y\lambda - S^+ = Y_k; \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1; \\ \lambda \geq 0, S^- \geq 0, S^+ \geq 0; \\ \theta \text{ 无符号限制。} \end{cases} \quad (6)$$

式 (5) (6) 中: W_k 为决策单元的效率值;

λ_j 为第 j 个 DMU 的线性组合权重系数。

求解上述模型,可以得出 θ 、 λ 、 S^+ 、 S^- 的最优解,并可以得出如下结论:

1) 若 $\theta < 1$, 则表明 DMU 为 DEA 无效,说明资源配置存在一定的问题,技术效率和规模效率都未达到最佳;

2) 若 $\theta = 1$, 但 S^+ 和 S^- 不全为 0, 说明 DMU 为弱 DEA 有效;

3) 若 $\theta = 1$, 且 $S^+ = 0$ 、 $S^- = 0$, 则 DMU 为 DEA 有效,说明投入产出比较合理,资源得到了充分利用。

2.1.2 Malmquist 指数

由于传统的 DEA 模型无法进行纵向比较,故其对面板数据进行分析的适应性不强,难以发现其变化趋势,因此本文加入 Malmquist 指数分析法进行辅助。Malmquist 指数主要是对面板数据进行分析,即选取多年数据,经过分析获得相对效率的变化趋势,其应用广泛。Malmquist 指数借助距离函数来进行运算,其中距离函数的输入和输出是定向的,其输出变量的距离函数表达式为

$$D_0(x, y) = \inf \{ \delta : (x, y) / \delta \in p(x) \}. \quad (7)$$

式中: $D_0(x, y)$ 为距离函数;

δ 为标量;

$p(x)$ 为所有可行的生产可能集。

Malmquist 指数 (简称 M 指数) 的表达式如下:

$$M_0(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \left[\frac{D'_0(x_{t+1}, y_{t+1})}{D'_0(y_t, x_t)} \times \frac{D_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^{t+1}(y_t, x_t)} \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{E_{\text{effch}} \times E_{\text{techch}}}{E_{\text{pech}} \times E_{\text{sech}} \times E_{\text{techch}}},$$

式中 M 为 t 期到 $t+1$ 期的全要素生产率 (total factor productivity, TFP) 变化 E_{tfpch} , R. Fare 等^[21] 提出, M 指数变化 E_{tfpch} 等于技术效率变化 (E_{effch}) 和技术进步变化 (E_{techch}) 两个指数的乘积。当 $E_{\text{tfpch}} > 1$ 时, 表明 TFP 由 t 期到 $t+1$ 期的增长率为正; $E_{\text{tfpch}} = 1$ 时, 表明 TFP 不变; $E_{\text{tfpch}} < 1$ 时, 则表明 TFP 在退步。

根据 C. A. K. Lovell^[22] 的相关研究, 可知技术创新变化指数 (E_{effch}) 又可以进一步分解为纯技术效率指数 (E_{pech}) 和规模效率指数 (E_{sech}) 的乘积。若 $E_{\text{techch}} > 1$, 说明在这一期内技术有所上升; 若 $E_{\text{techch}} < 1$, 则说明该期内技术有衰退趋势; 若 $E_{\text{techch}} = 1$, 则表示技术在这一期内没有发生变化。若 $E_{\text{pech}} > 1$ 且 $E_{\text{sech}} > 1$, 则说明生产率水平的提高是因这两个指数的共同作用, 且当某个值大于 1 并越来越大时, 说明它是影响生产率提高的主要因素; 反之, 则是导致生产率降低的根源。

2.2 数据来源

本研究中选用的数据主要是从《湖南统计年鉴》(2012—2018) 和《中国经济数据》(2012—2018) 中获取。为了使各个产业的数据统一标准, 本研究将所研究的企业定为规模以上工业企业, 具体的对象为湖南省仪器仪表制造业 (A_1)、计算机通信和其他电子设备制造业 (A_2)、电气和器材制造业 (A_3)、交通运输设备制造业 (A_4)、专用设备制造业 (A_5) 共 5 个行业。因为在 2011 年之后对于规模工业的定义发生了变化, 且根据 2018 年的《湖南统计年鉴》得到的是 2017 年的数据, 之后几年的数据亦然。所以为了保证每一年的数据均有可比性, 同时满足数据的可获得性, 故选取 2011—2017 年的数据, 即选取 2012 至 2018 年的《湖南省统计年鉴》中的数据进行分析。

2.3 指标选取

本研究主要借鉴国内外学者们的指标选择, 将其分为投入和产出两部分。投入指标主要包括人力投入和资金投入, 为了保证数据的可获得性, 本文以 R&D 人员全时当量作为人力投入的指标, 以 R&D 经费内部支出用作资本投入的指标。产出指标主要包括两个方面: 一个是技术创新成果, 一个是经济收益。专利可以反映一个企业在创新方面的能力, 专利数量代表企业的科技实力, 同时技术创新的最终结果就是研发新产品, 而新产品的销售收入是反映产品价值的重要指标, 进而反映技术创新成果的价值^[23]。因此, 将发明专利的申请和新产品的销售收入这两个指标作为产出指标。

技术创新效率指标设定如表 2 所示。

表 2 技术创新效率的指标选择

Table 2 Selected indicators of technological innovation efficiency

指标类型	指标内容
投入指标	R&D 人员全时当量
	R&D 经费内部支出
	新产品开发经费支出
产出指标	发明专利的申请数
	新产品的销售收入

3 高端装备制造业自主创新能力评价的实证分析

3.1 静态评价

传统 DEA 模型主要用于横向分析, 因为统计年鉴中 2018 年的投入产出数据未发布, 且第一年的投入在下一年才会有产出, 所以在对数据进行处理

过程中,考虑两者之间的滞后性,本文借鉴王艳等^[11]的方法,将滞后期设定为1 a,对湖南省2016年度的数据进行横向分析。在用Deap2.1软件进行操作时,使用的是Deap2.1中的Multi-stage算法,并将2016年各投入指标中的数据作为投入指标,产出指标则为2017年度各产出指标中的数据,以投入导向型进行计算,所得结果如表3所示。表3中 R_{crste} 、 R_{vrste} 、 R_{scale} 、 R_s 分别表示综合效率、纯技术效率、规模效率、规模报酬,且本研究中规模报酬设定ins、-、drs分别代表规模报酬递增、不变、递减。

表3 2016年湖南省高端装备制造业
五大产业技术创新效率

Table 3 Technology innovation efficiency of five major industries in Hunan high-end equipment manufacturing industry in 2016

编码	R_{crste}	R_{vrste}	R_{scale}	R_s
A_1	1.000	1.000	1.000	-
A_2	1.000	1.000	1.000	-
A_3	1.000	1.000	1.000	-
A_4	0.885	1.000	0.885	drs
A_5	0.955	1.000	0.955	drs
均值	0.968	1.000	0.968	

分析表3中数据可以得知,湖南省高端装备制造业的综合技术效率(R_{crste})均值为0.968(小于1),说明技术创新配置DEA无效。具体分析可以得知,有3个行业DEA有效,即仪器仪表制造业 A_1 、计算机通信和其他电子设备制造业 A_2 、电气和器材制造业 A_3 ,而交通设备制造业 A_4 和专用设备制造业 A_5 的综合技术效率(R_{crste})均属于DEA无效。而纯技术效率(R_{vrste})的均值为1,说明高端装备制造业各行业的资源利用率较高。最后,从规模效率(R_{scale})来看,其均值为0.968,其中仪器仪表制造业、计算机通信和其他电子设备制造业、电气和器材制造业的规模效率(R_{scale})值为1,说明其规模效率(R_{scale})为DEA有效,而交通设备制造业和专用设备制造业的规模效率(R_{scale})值小于1,说明规模效率(R_{scale})为DEA无效。由此得知,这两个行业的技术创新效率为DEA无效是由规模效率无效造成的。因此,要加大规模的投入,从而提高企业技术创新效率。两个行业的规模报酬呈现“递减”状态,说明近几年所增加的投入只带来较少比例的产出,应当加快研发成果的转化,同时要提高资源投入管理水平。

3.2 Malmquist 指数分析

考虑到前文提到的滞后期,故在Malmquist指数评价中,将2011—2016年的数据用做投入数据,而将2012—2017年的数据用做产出数据。在数据计

算过程中,使用Deap2.1辅助完成。本研究得到的2011—2016年湖南省高端装备制造业的M指数及其分解项如表4所示。

表4 2011—2016年湖南省高端装备制造业的
M指数及其分解项

Table 4 M index of Hunan high-end equipment manufacturing industry with its decomposition items from 2011 to 2016

时期	E_{effch}	E_{techch}	E_{pech}	E_{sech}	E_{tfpch}
2011—2012	0.872	1.480	0.950	0.918	1.291
2012—2013	1.000	0.659	1.052	0.951	0.659
2013—2014	1.155	0.948	1.000	1.155	1.095
2014—2015	0.983	1.038	1.000	0.983	1.021
2015—2016	1.057	1.045	1.000	1.057	1.104
均值	1.009	1.000	1.000	1.009	1.010

由表4可以得知,湖南省2011—2016年的全要素生产率(E_{tfpch})均值为1.010(大于1),说明近几年湖南省高端装备制造业各行业的 E_{tfpch} 基本呈现增长趋势,但是增长速率较为缓慢,约以每年1%的速率增长。而从每一年的增减趋势可以得知:2011—2012年的增长幅度为29.1%,2013—2014年的增长幅度为9.5%,2014—2015年的增长幅度为2.1%,2015—2016年的增长幅度为10.4%,只有2012—2013年下降了,下降幅度为34.1%,这一结果说明,近几年湖南省高端装备制造业5类子产业的创新效率大致处于上升的发展趋势。进一步分析每一年的各效率指数可以得知,2011—2012年、2014—2015年的技术进步指数大于技术效率指数;而从技术效率的分解项可以得知,技术效率下降主要是因为规模效率相对较低,且出现了下降的趋势。而2012—2014年、2015—2016年的技术效率指数大于技术进步指数。可见,在对技术效率的促进作用中,纯技术效率和规模效率都分别发挥了作用。

从总的 E_{tfpch} 分解项来看,技术进步比技术效率的增长幅度要小一些,说明技术进步对全要素生产率的作用小于技术效率所发挥的作用,故技术水平有待提高。不过自2014年以来,湖南省的技术进步指数不断增加,增长幅度越来越大,说明近几年湖南省开始侧重自主创新与技术引进资源的投入。对技术效率指数进一步分解,可以得知纯技术效率均值为1.000,除了2011—2012年的纯技术效率值小于1外,其他年份的纯技术效率值都大于或等于1,这一结果说明,湖南省近几年的纯技术效率一直比较稳定,投入与产出相对来说比较均衡。而规模效率平均值为1.009,可知整体上高端装备制造业的规模是与创新效率相匹配的,但是2011—2013年、2014—2015年这几年的规模效率指数小于1,可知在这期间投入资源的增

加并没有带来规模效益的递增,说明资源存在浪费现象,资源利用率有待提高。

为了更加直观地了解近几年高端装备制造业技术创新各指标的变动情况,将上表中的数据做成折线图,如图1所示。

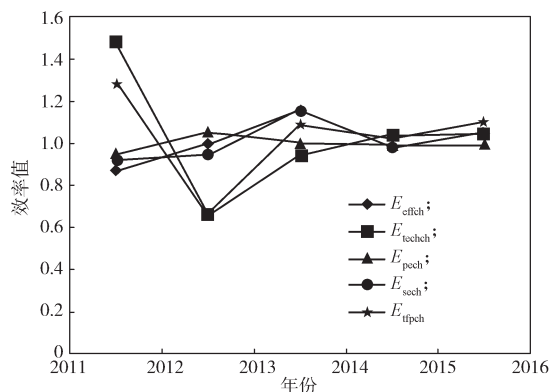


图1 2011—2016年 E_{tfpch} 及其分解指标变动趋势

Fig. 1 Change trend in E_{tfpch} with their breakdown indicators from 2011 to 2016

由图1可知:2011—2014年间各指标的波动比较大,而2014—2016年间趋于平缓。全要素生产率(E_{tfpch})大体上是随着技术进步(E_{techch})而变动的,两者变化趋势大体相似,这说明技术进步效率是影响全要素生产率的主要因素。

2011—2016年湖南省高端装备制造业五大产业的TFP指数、EC指数、TC指数如表5所示。

表5 湖南省高端装备制造业五大产业 TFP 指数、EC 指数、TC 指数

Table 5 TFP index, EC index and TC index of five high-end equipment manufacturing industries in Hunan Province

时期	指标	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
2011—2012	TFP 指数	1.659	1.259	0.970	2.014	0.880
	EC 指数	1.000	1.000	0.806	1.247	0.503
	TC 指数	1.659	1.259	1.203	1.615	1.751
2012—2013	TFP 指数	0.838	0.669	0.870	0.305	0.835
	EC 指数	1.000	1.000	1.331	0.535	1.406
	TC 指数	0.838	0.669	0.654	0.570	0.593
2013—2014	TFP 指数	0.809	0.904	1.116	1.573	1.225
	EC 指数	1.000	1.000	1.000	1.729	1.189
	TC 指数	0.809	0.904	1.116	0.909	1.030
2014—2015	TFP 指数	1.164	0.739	1.032	1.176	1.061
	EC 指数	1.000	0.837	1.000	1.080	1.017
	TC 指数	1.164	0.883	1.032	1.089	1.043
2015—2016	TFP 指数	1.348	1.232	0.871	0.977	1.163
	EC 指数	1.000	1.195	1.000	0.885	1.245
	TC 指数	1.348	1.031	0.871	1.103	0.934
均值	TFP 指数	1.164	0.961	0.972	1.209	1.033
	EC 指数	1.000	1.006	1.027	1.095	1.072
	TC 指数	1.164	0.949	0.975	1.057	1.070

分析表5中的数据可以发现:这五大产业的各大指数在不同年份呈现出不同的变动趋势。仪器仪表制造业的创新效率在2011—2012年、2014—2015年、2015—2016年均增加,其增长率分别为65.9%、16.4%、34.8%;计算机、通信和其他电子设备制造业的创新效率在2011—2012年、2015—2016年均增大,其增长率分别为25.9%、23.2%;电气和器材制造业的创新效率在2013—2014年、2014—2015年均增长,增长率分别为11.6%、3.2%;交通设备制造业的创新效率在2011—2012年、2013—2014年、2014—2015年均增长,增长率分别为101.4%、57.3%、17.6%;专用设备制造业的创新效率在2013—2014年、2014—2015年、2015—2016年均增长,增长率分别为22.5%、6.1%、16.3%。而2011—2012年所有产业的创新效率都减少,尤其是交通运输设备制造业,其主要原因在于“十二五”计划的实施注重发展高端装备制造业,对它的投入增加,从而使得规模扩大,因此导致了研发等成本的增加,进而出现了技术效率下降的情况。总体来看,TC指数是先减少再增加,从TFP指数均值中可以看出,交通运输制造业的增速最快,为20.9%;其次是仪器仪表制造业和专业设备制造业,它们的增速分别为16.4%、3.3%。相比于前三者,计算机通信和其他电子设备制造业与电气和器材制造业这两者的创新效率在近几年呈现出下降的变化趋势。这也说明了湖南省把发展高端装备制造业集中在交通运输、专用设备制造业这一块,同时也存在一定问题,即创新投入的规模没有被完全利用,导致某些产业得到的产出比例较小。这说明湖南省高端装备制造业要提高创新资源的配置能力。

4 结论与建议

本文通过DEA和Malmquist指数法,对湖南省高端装备制造业5个细分产业进行了研究,得出的主要结论如下:

1)从静态上看,这5个细分产业有两个产业属于DEA无效,并且在规模效益方面处于递减的趋势,规模效率值较低是其主要影响因素,说明企业的资源投入只得到很少的产出结果,产业集群优势没有很好地发挥出来。

2)依动态角度分析,2011—2016年的全要素生产率呈增长趋势,但增长较为缓慢。技术进步比技术效率的增长幅度要小一些,说明技术进步对全要素生产率起主要的限制作用,技术水平有待加强。

3)从变动趋势可知,全要素生产率及分解指标

的波动幅度以2014年为分界点,2014年以前比较大,2014年之后趋于平缓,且全要素生产率的波动轨迹与技术进步的波动轨迹基本相似,说明技术进步的高低会对全要素生产率的高低造成影响。

4)从5个细分产业的TFP指数、EC指数和TC指数来看,发现交通运输制造业的创新效率最高,仪器仪表制造业和专业设备制造业次之,而计算机通信和其他电子设备制造业与电气和器材制造业的创新效率呈下降趋势,说明湖南省装备制造业的投入产出在某些行业中存在问题,需要提高资源的配置能力。

综上所述,提出以下建议:

1)提高资源利用率,发挥集群优势。湖南省交通运输设备制造业和专用设备制造业存在规模效率递减的状态,说明资源没有很好地被利用,而有些中小企业又因为缺乏必要的资金和技术支持而不能更好地发展,因此,可以鼓励企业内部进行资源整合,集群发展,促进企业跨地区、跨行业地联合和重组,可以促进资源的合理利用。与此同时,可以在湖南省内大力打造装备制造业集中地,增加国内外知名度和地方特色,更好地发挥产业集聚的优势。

2)促进湖南省科研院所、高等院校和高端装备制造业的大力合作。湖南省高端装备制造业发展较缓慢的一个主要原因,在于产学研的合作力度有待加强,创新平台、创新人才和科研项目的支撑是推动高端装备制造业发展的重要动力。具体措施包括:加大力度鼓励高等院校的创新型人才加入高端装备制造业的行列;鼓励企业和科研院校建立研发基地,加大知识产权的保护力度,加快研发成果的转化。同时,政府也可以发挥作用,为装备制造业企业提供研发开发经费、产品税收政策等政策支持。

3)引进发达国家装备制造业的关键技术。努力吸收发达国家装备制造业的关键技术并创新,实现本土化,从而促进本土的传统产业实现转型升级。因为从动态数据分析,发现湖南省高端装备制造业技术进步效率较低,缺乏核心技术,所以一方面要引进发达国家的关键技术,另一方面要坚持自主开发,掌握核心技术,同时提高自主创新能力。结合目前的市场形势,虽然湖南省装备制造业具有很多优势和强项,但湖南省装备制造业仍需要对产业结构进行内部调整,致力于打造出一批在知识产权方面和国际竞争方面都具有优势的龙头企业。

参考文献:

[1] AFRIAT S N. Efficiency Estimation of Production

Functions[J]. International Economic Review, 1972, 13(3): 568-598.

[2] 李培哲, 营利荣, 刘勇. 基于DEA与Malmquist指数的区域高技术产业创新效率评价研究[J]. 工业技术经济, 2019, 38(1): 27-34.

LI Peizhe, KAN Lirong, LIU Yong. Research on Innovation Efficiency Evaluation of Regional High-Tech Industries Based on DEA and Malmquist Index[J]. Journal of Industrial Technology Economics, 2019, 38(1): 27-34.

[3] 刘和东, 陈雷. “一带一路”省市高新技术产业创新效率研究: 基于网络DEA的测度方法[J]. 技术与创新管理, 2019, 40(4): 399-404.

LIU Hedong, CHEN Lei. Research on Innovation Efficiency of High-Tech Industry in “Belt and Road” Province-Measurement Method Based on Network DEA[J]. Technology and Innovation Management, 2019, 40(4): 399-404.

[4] 管永刚. 基于超效率DEA模型的高等教育资源配置效率分析[J]. 黑龙江高教研究, 2019, 37(2): 84-88.

GUAN Yonggang. Resource Allocation Efficiency Analysis of Higher Education Based on Super Efficiency DEA Model[J]. Heilongjiang Higher Education Research, 2019, 37(2): 84-88.

[5] PANNU H S, KUMAR U D, FAROOQUIE J A. Efficiency and Productivity Analysis of Indian Pharmaceutical Industry Using Data Envelopment Analysis[J]. International Journal of Operational Research, 2011, 10(1): 121-136.

[6] LEE H, PARK Y, CHOI H. Comparative Evaluation of Performance of National R&D Programs with Heterogeneous Objectives: A DEA Approach[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 196(3): 847-855.

[7] NASIEROWSKI W, ARCELUS F J. On the Efficiency of National Innovation Systems[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2003, 37(3): 215-234.

[8] 李娟, 吴镇雄. 基于SFA方法的制造业上市公司创新效率[J]. 天水行政学院学报, 2018, 19(3): 116-123.

LI Juan, WU Zhenxiong. Innovation Efficiency of Manufacturing Listed Companies Based on SFA Method[J]. Journal of Tianshui Institute of Administration, 2018, 19(3): 116-123.

[9] 张立峰, 宋长生, 杨春昭. 河北某高新区制造业创新效率及影响因素研究: 基于SFA方法的实证分析[J]. 河北企业, 2018(8): 108-110.

ZHANG Lifeng, SONG Changsheng, YANG Chunzhao. Research on Innovation Efficiency and Influencing Factors of Manufacturing Industry in a High-Tech Zone in Hebei: Empirical Analysis Based on SFA

- Method[J]. Hebei Enterprise, 2018(8): 108–110.
- [10] 程郁, 陈雪. 创新驱动的经济增长: 高新区全要素生产率增长的分解[J]. 中国软科学, 2013(11): 26–39.
- CHENG Yu, CHEN Xue. Innovation Driven Growth: Decomposition of HEDZs Total Factor Productivity Growth[J]. China Soft Science, 2013(11): 26–39.
- [11] 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.
- [12] 范德成, 杜明月. 高端装备制造业技术创新资源配置效率及影响因素研究: 基于两阶段StoNED和Tobit模型的实证分析[J]. 中国管理科学, 2018, 26(1): 13–24.
- FAN Decheng, DU Mingyue. Research on Technological Innovation Resource Allocation Efficiency and Its Influencing Factors in High-End Equipment Manufacturing Industries: Based on the Empirical Analysis of the Two-Stage StoNED-Tobit Model[J]. China Management Science, 2018, 26(1): 13–24.
- [13] 于霞, 徐敏. 我国高端装备制造业创新绩效的测度及空间集聚性分析[J]. 世界科技研究与发展, 2017, 39(2): 217–223.
- YU Xia, XU Min. Measurement and Spatial Clustering Analysis of China's High-End Equipment Manufacturing Industry Innovation Performance[J]. World Science and Technology Research and Development, 2017, 39(2): 217–223.
- [14] 傅为忠, 聂锡云. 基于StoNED-Tobit模型的高端制造业科技创新效率研究[J]. 科技管理研究, 2019, 39(7): 93–100.
- FU Weizhong, NIE Xiyun. Research on Innovation Efficiency of High-End Manufacturing Industry Based on StoNED-Tobit Model[J]. Science and Technology Management Research, 2019, 39(7): 93–100.
- [15] LI Chang, LI Mingyang, ZHANG Lu, et al. Has the High-Tech Industry Along the Belt and Road in China Achieved Green Growth with Technological Innovation Efficiency and Environmental Sustainability?[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(17): 3117.
- [16] 张云, 王昕. ODI对我国高端装备制造业自主创新能力的研究: 以航空装备制造业为例[J]. 工业技术经济, 2013, 43(12): 137–146.
- ZHANG Yun, WANG Xin. The Study of the Impact of ODI on China's Independent Innovation of High-End Equipment Manufacturing Industry: As an Example of Aviation Equipment Manufacturing[J]. Industrial Technology Economy, 2013, 43(12): 137–146.
- [17] 吴雷. 高端装备制造业创新绩效评价研究[J]. 科技管理研究, 2015, 35(15): 51–56.
- WU Lei. Study on Evaluation of Innovation Performance in High-End Equipment Manufacturing Industry[J]. Science and Technology Management Research, 2015, 35(15): 51–56.
- [18] 黄鲁成, 张二涛, 杨早立. 基于MDM-SIM模型的高端制造业创新指数构建与测度[J]. 中国软科学, 2016(12): 144–153.
- HUANG Lucheng, ZHANG Ertao, YANG Zaoli. The Construction and Measurement of High-End Manufacturing Innovation Index Based on MDM-SIM Model[J]. China Soft Science, 2016(12): 144–153.
- [19] 贺正楚, 潘红玉, 邓英, 等. 中国高端装备制造业的技术创新能力: 2004—2014[J]. 经济数学, 2016, 33(4): 12–21.
- HE Zhengchu, PAN Hongyu, DENG Ying, et al. Technological Innovation Ability of China's High-End Equipment Manufacturing Industry: 2004—2014[J]. Mathematics in Economic, 2016, 33(4): 12–21.
- [20] WANG Ya, PAN Jiaofeng, PEI Ruimin, et al. Assessing the Technological Innovation Efficiency of China's High-Tech Industries with a Two-Stage Network DEA Approach[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2020, 17. doi: 10.1016/j.seps.2020.100810.
- [21] FÄRE R, GROSSKOPF S, LINDGREN B, et al. Productivity Changes in Swedish Pharmacies 1980—1989: A Non-Parametric Malmquist Approach[J]. Journal of Productivity Analysis, 1992, 3(1/2): 85–101.
- [22] LOVELL C A K. The Decomposition of Malmquist Productivity Indexes[J]. Journal of Productivity Analysis, 2003, 20(3): 437–458.
- [23] 朱爱辉, 陈富民. 基于DEA模型的湖南装备制造业技术创新效率研究[J]. 科技与管理, 2015, 17(1): 85–90.
- ZHU Aihui, CHEN Fumin. Research on Technology Innovation Efficiency of Hunan Province's Equipment Manufacturing Industry Based on DEA Model[J]. Technology and Management, 2015, 17(1): 85–90.

(责任编辑: 廖友媛)