

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2021.04.011

# 基于 DEA-Malmquist 模型的安徽省 工业企业全要素生产率研究

张新建, 王建民

(安徽理工大学 经济管理学院, 安徽 淮南 232000)

**摘要:** 为了解当前安徽省工业企业生产率发展状况及其变化趋势, 选取安徽省 2003—2018 年规模以上工业企业的生产投入面板数据, 采用 DEA-BCC 模型与 Malmquist 指数法对安徽省工业企业生产效率进行测算, 寻找影响生产效率的因素。结果表明: 2003—2018 年安徽省工业企业纯技术效率指标呈缓慢下降的变化趋势, 而技术效率、技术进步效率、规模效率指标均呈缓慢上升的变化趋势; 企业生产投入规模与技术进步指标对企业生产率的影响较为明显; 技术效率指数、技术变动指数的变化波动幅度较大, 各地市之间的工业发展存在一定差距。

**关键词:** 数据包络分析; 工业企业; 全要素生产率; Malmquist 指数法; 安徽省

**中图分类号:** F427

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2021)04-0080-07

**引文格式:** 张新建, 王建民. 基于 DEA-Malmquist 模型的安徽省工业企业全要素生产率研究 [J]. 湖南工业大学学报, 2021, 35(4): 80-86.

## Study on Total Factor Productivity of Industrial Enterprises in Anhui Province Based on DEA-Malmquist Model

ZHANG Xinjian, WANG Jianmin

(School of Economics and Management, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui 232000, China)

**Abstract:** In view of a better understanding of the current situation and trend of productivity development of industrial enterprises in Anhui Province, a selection has been made of the panel data of production input of industrial enterprises above designated scale in Anhui Province from 2003 to 2018, followed by a calculation of the production efficiency of industrial enterprises in Anhui Province by using DEA-BCC model and Malmquist index method, thus finding out the factors affecting the production efficiency. The results show that, from 2003 to 2018, the pure technical efficiency index of industrial enterprises in Anhui Province shows a slow downward trend, while the technical efficiency, technological progress efficiency and scale efficiency indicators all show a slow upward trend; the scale of production investment and the index of technological progress both have a significant impact on the productivity of enterprises, and the change of technology efficiency index and technology change index fluctuate greatly, with a certain

收稿日期: 2020-12-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (71473001); 中国博士后科学研究基金资助面上项目 (2017M621324)

作者简介: 张新建 (1995-), 男, 安徽阜阳人, 安徽理工大学硕士生, 主要研究方向为工业效率评价,

E-mail: 1179394823@qq.com

通信作者: 王建民 (1978-), 男, 河南泌阳人, 安徽理工大学教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事可持续发展管理方面的教学与研究, E-mail: 15805543633@163.com

gap in industrial development among cities.

**Keywords:** data envelopment analysis; industrial enterprises; total factor productivity; Malmquist index method; Anhui Province

## 1 研究背景

改革开放以来,伴随着中国工业化进程的快速推进,在中央、地方政府和企业的共同努力下,安徽省工业的高质量发展取得了显著成就。根据2020年《安徽统计年鉴》发布的数据,在2019年,安徽全省规模以上工业增加值增长了7%,居全国第9位,制造业高质量指数居全国第9位、居中部第1位,增幅较为明显。因此,对安徽省工业企业全要素生产率进行研究,以推动安徽省工业高质量发展,具有重要的现实意义。

近年来,科研工作者们对于工业全要素生产率方面的研究相对较多。如杨汝岱<sup>[1]</sup>采用OP(Olley-Pakes)、LP(Levinsohn-Petrin)方法,测算了1998—2009年我国制造业企业全要素生产率,其研究发现,统计车间我国制造业企业生产率增速存在较大的波动,增长空间不断缩小。陈伟等<sup>[2]</sup>根据东北地区大中型工业企业2008—2014年的数据,运用DEA(data envelopment analysis)-Malmquist指数方法,测算了东北地区工业企业的技术变化率和资源变化率。其研究表明,东北地区各省份之间,统计年间尚没有建立健全的资源配置与协同机制,没有充分利用相互之间的互补协同优势。杜康等<sup>[3]</sup>根据2001—2016年安徽省大中型工业企业以及16个地级市的面板数据,运用DEA-Malmquist指数法,测算了其全要素生产率及其分解项,结果显示,安徽省大中型工业企业的Malmquist指数以及技术进步指数大部分年份都大于1,全要素生产率提高的主要原因是技术进步。岳会等<sup>[4]</sup>利用DEA模型和Malmquist生产率指数方法,研究了2004—2018年我国棉花生产率全要素变动情况,其结果显示2004—2013年间我国棉花全要素生产率呈现出下降的变化趋势,但是2013年后全要素生产率开始上升,且在2015年达最高点,然后趋于稳定。

综上所述,DEA-Malmquist生产率指数法是研究工业企业全要素生产率的主流方法,科研工作者们在企业、行业以及某一区域产业等方面,对全要素生产率进行了大量的研究,且已颇有成效<sup>[5-9]</sup>。但是,基于安徽省规模以上工业企业的视角,对其全要素生产率的静态、动态分析,以及效率变化规律方面的研究

还相对较少,还需要深入挖掘,以便找出影响安徽省工业企业生产发展的客观因素。因此,本文拟在现有研究成果的基础上,从投入与产出两个方面构建评价指标体系,并且以2003—2018年安徽省规模以上工业企业为研究对象,运用DEA-Malmquist指数方法测算其全要素生产率及其分解项,最后通过实证研究,分析影响安徽省工业企业全要素生产率的主要因素,以期安徽省工业企业的发展提供科学的参考依据。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 研究方法

#### 2.1.1 DEA-BCC模型

数据包络分析(DEA)是由A. Charnes等<sup>[10]</sup>于1978年提出的一种非参数效率评价方法,其基本思想为构建有效的生产前沿面,通过计算不同时期内各决策单元(decision making unit, DMU)与生产前沿的距离,获得各DMU的相对有效值。当前,DEA已经发展了许多扩展模型,主要包括规模报酬不变模型(CCR)和规模报酬可变模型(BCC)等经典模型<sup>[11-14]</sup>,本研究主要采用产出导向的BCC模型,具体的模型描述如下:

$$\begin{aligned} \min & \psi_d + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right), \\ \text{s.t.} & \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + S_i^- = X_{id}, \quad i=1, 2, \dots, m; \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} + S_r^+ = \psi_d Y_{rd}, \quad r=1, 2, \dots, s; \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n; \\ & S_i^- \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, m; \\ & S_r^+ \geq 0, \quad r=1, 2, \dots, s. \end{aligned}$$

以上各式中: $\psi_d$ 为效率值;

$S_i^-$ 、 $S_r^+$ 分别为投入和产出的松弛变量;

$\lambda_j$ 为第 $j$ 个参考单元的权重;

$\varepsilon$ 为非阿基米德无穷小量;

$X_{ij}$ 为投入向量;

$X_{id}$ 为应投入量;

$Y_{rj}$ 为产出向量;

$Y_{rd}$  为有效产出量;

$m$  为投入种类;

$n$  为产出种类;

$s$  为冗余量。

若模型的最优解为  $(\psi_d^*, \lambda_j^*, S_i^-, S_r^+)$ , 则关于 DMU 是否有效有如下判断:

- 1) 若  $\psi_d^*=0$ , 则 DMU 无效;
- 2) 若  $\psi_d^*=1$ , 且  $S_i^-=0, S_r^+=0$ , 则 DMU 强有效;
- 3) 若  $\psi_d^*=1$ , 且  $S_i^- \neq 0, S_r^+ \neq 0$ , 则 DMU 弱有效。

### 2.1.2 Malmquist 生产率指数

Malmquist 指数最早由 Sten Malmquist (1953) 提出, 之后被 Caves (1982) 等运用到生产效率研究中, 即利用 DEA 构造 Malmquist 指数测算生产效率, 该指数计算方法如下:

$$\eta_{TFP} = \left[ \frac{D^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D^t(X_t, Y_t)} \times \frac{D^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D^{t+1}(X_t, Y_t)} \right]^{1/2} = \eta_{effch} \times \eta_{techch} \quad (1)$$

式 (1) 中:  $\eta_{TFP}$  为全要素生产率指数;

$\eta_{effch}$  为技术效率变化指数;

$\eta_{techch}$  为技术进步指数;

$t$  与  $t+1$  分别为  $t$  时期和  $t+1$  时期;

$D^t(X_t, Y_t)$  为安徽工业企业投入产出向量  $(X_t, Y_t)$  在  $t$  时期的技术水平下的生产效率。

当  $\eta_{TFP} > 1$  时, 全要素生产率指数提高; 当  $\eta_{TFP} = 1$  时, 全要素生产率指数不变; 当  $\eta_{TFP} < 1$  时, 全要素生产率指数下降。

在规模效益报酬可变的情况下, 式 (1) 可以分解为纯技术效率指数、规模效率指数和技术进步指数 3 部分的乘积, 即

$$\eta_{TFP} = \eta_{effch} \times \eta_{techch} = \eta_{pech} \times \eta_{sech} \times \eta_{techch} \quad (2)$$

式中:  $\eta_{pech}$  为纯技术效率指数;

$\eta_{sech}$  为规模效率指数。

则有  $\eta_{effch} = \eta_{pech} \times \eta_{sech}$ 。当  $\eta_{effch} > 1$  时, 表示技术效率提高; 反之, 则技术效率下降。同理, 当  $\eta_{techch} > 1$  时, 表示技术进步。

### 2.2 指标选取与数据来源

本文结合国内已有相关文献的研究成果<sup>[10-14]</sup>, 并且根据科学性、可操作性以及数据可得性原则, 选择了 1 个产出指标、3 个投入指标, 构成工业生产效率评价的 DEA 模型。产出指标为规模以上工业总产值 ( $Y_1$ )。3 个投入指标具体为规模以上工业企业单位数 ( $X_1$ )、规模以上工业企业从业人数 ( $X_2$ )、规

模以上工业企业固定资产合计 ( $X_3$ )。其中, 规模以上工业企业单位数代表企业的平均生产投入规模, 规模以上工业企业从业人数代表企业的人力资本投入, 规模以上工业企业固定资产合计代表企业的资金投入。本研究中的各项指标数据均来源于 2004—2019 年各期《安徽统计年鉴》。

## 3 计算结果与分析

### 3.1 静态生产效率分析

通过研究相关文献, 并且与相关领域专家讨论后, 首先对数据进行人工筛选处理, 剔除了规模效率和技术效率混杂在一起的情况, 然后采用 DEAP 2.1 数据分析软件, 选择以产出为导向的 DEA-BCC 模型, 对 2003—2018 年安徽省 16 个地级市的规模以上工业企业的相关指标数据进行计算与分析, 所得计算结果如表 1 所示, 表中 irs 代表规模收益递增, drs 代表规模收益递减。

表 1 2003—2018 年安徽省各地级市工业企业的生产效率平均值与规模收益

Table 1 Average production efficiency and the elowormies of scale of industrial enterprises in Anhui Province from 2003 to 2018

地区	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模收益
合肥市	1.000	1.000	1.000	-
淮北市	1.000	1.000	1.000	-
亳州市	0.762	1.000	0.762	irs
宿州市	0.639	0.783	0.817	irs
蚌埠市	0.809	0.843	0.959	irs
阜阳市	0.497	0.515	0.965	irs
淮南市	0.781	0.800	0.975	irs
滁州市	1.000	1.000	1.000	-
六安市	0.699	0.733	0.953	irs
马鞍山市	1.000	1.000	1.000	-
芜湖市	1.000	1.000	1.000	-
宣城市	0.749	0.766	0.978	irs
铜陵市	0.876	1.000	0.876	irs
池州市	0.574	1.000	0.574	irs
安庆市	0.794	0.873	0.909	drs
黄山市	0.895	1.000	0.895	irs
平均值	0.817	0.895	0.917	

注: 数据来源于 2004—2019 年《安徽统计年鉴》。

#### 3.1.1 综合效率分析

由表 1 可以得知: 2003—2018 年安徽省 16 个地级市的工业企业综合效率的平均值为 0.817, 表明安徽省工业企业的生产投入要素等比例降低了 18.3%, 可以达到生产有效水平。综合效率的平均值偏低, 表

明安徽省工业企业的生产率相对较低, 资源浪费现象较为严重。其中, 企业生产综合效率值为 1 的有 5 个地级市, 低于 1 的有 11 个地级市。这表明有 5 个地级市的工业企业生产达效率前沿状态, 11 个地级市的工业企业生产处于无效状态。工业企业生产有效的地级市为合肥市、淮北市、滁州市、马鞍山市、芜湖市, 工业基础较好的城市占研究城市总数的 31.25%; 工业企业生产相对较差的地级市是阜阳市、池州市, 其主要原因可能是这些地级市的工业基础相对较差, 起步相对较晚。

### 3.1.2 原因分析

由于  $\eta_{TFP} = \eta_{effch} \times \eta_{techch}$ , 表明综合效率由规模效率与纯技术效率共同决定, 因此分析规模效率、纯技术效率, 有利于找出引起生产效率低的原因。由表 1 可以得知:

1) 统计年间安徽省 16 个地级市的工业企业纯技术效率的平均值为 0.895, 规模效率的平均值为 0.917, 表明被研究的 16 个地级市中, 纯技术效率值相对较低, 规模效率值相对较高。

2) 从纯技术效率来看, 在 11 个生产无效的地级市中, 有 7 个地级市是由于纯技术效率无效原因引起的, 占生产无效地级市总数的 63.6%。

3) 从规模效率来看, 在 11 个生产无效的地级市中, 有 11 个地级市是由于投入规模无效导致的, 占生产无效地级市总数的 100%。

4) 分析规模收益数据可以得知, 在规模无效的 11 个地级市中, 共有 10 个地级市处于规模效益递增状态。因此, 应当适度地增加生产投入规模, 以提高工业企业的生产效率。

综上所述, 可以得知投入规模不当是影响工业企业生产无效的主要原因, 纯技术原因是影响工业企业生产无效的次要原因。安徽省的工业起步较晚, 工业基础较为薄弱, 相比江浙沪的工业化程度较低, 因而在工业发展过程中存在前期急于追求经济效益, 盲目增加投入规模的情况。可见, 投入规模不当和纯技术原因, 影响了安徽省的工业企业的生产效率, 这也比较符合实际情况。

## 3.2 动态生产效率分析

为了更加全面地分析安徽省近年来的工业企业发展趋势, 本研究采用安徽省 16 个地级市 2003—2018 年的面板数据, 运用 Malmquist 指数模型计算其生产效率变化值, 对其动态生产效率进行分析。

### 3.2.1 各年份全要素生产率分析

2003—2018 年间, 安徽省 16 个地级市的工业企业各年份全要素生产率及其分解结果见表 2。由表 2

可以得知:

1) 2003—2018 年, 安徽省 16 个地级市工业企业的全要素生产率的年均增长率为 3.1%, 其中技术效率的年均增长率为 0.3%, 技术进步效率的年均增长率为 2.8%, 可见技术进步效率的促进作用远大于技术效率的促进作用, 表明工业企业全要素生产率的提高主要受技术进步的影响。

2) 全要素生产率的增长率最小的年份是 2013—2014, 为 -22.1%, 最大的年份为 2010—2011 年, 高达 50.2%; 技术进步效率增长率最小的年份是 2007—2008 年, 为 -26.9%, 最大的年份是 2004—2005 年, 为 53.4%; 技术效率增长率最小的年份是 2006—2007 年, 为 -29.2%, 最大的年份是 2007—2008 年, 为 39.6%。

表 2 安徽省各年份的工业企业全要素生产率及其分解结果

Table 2 Total factor productivity of industrial enterprises in Anhui Province with its decomposition results

年份	技术效率	技术进步效率	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
2003—2004	1.097	1.017	1.051	1.004	1.115
2004—2005	0.846	1.534	0.952	0.889	1.298
2005—2006	1.139	0.801	1.059	1.076	0.913
2006—2007	0.708	1.393	0.695	1.017	0.985
2007—2008	1.396	0.731	1.430	0.976	1.021
2008—2009	1.021	0.929	0.971	1.052	0.948
2009—2010	0.963	1.144	0.955	1.008	1.102
2010—2011	1.004	1.496	1.039	0.967	1.502
2011—2012	0.969	0.975	0.954	1.016	0.945
2012—2013	0.921	1.053	0.969	0.951	0.970
2013—2014	1.034	0.753	1.021	1.013	0.779
2014—2015	1.073	1.008	1.003	1.039	1.082
2015—2016	0.968	1.054	0.943	1.027	1.020
2016—2017	1.027	1.186	1.010	1.016	1.218
2017—2018	1.027	0.771	1.046	0.982	0.791
均值	1.003	1.028	0.999	1.004	1.031

从表 2 中的数据来看, 安徽省的工业企业发展起伏较大, 虽然最终实现了 TFP 的增长, 但是其发展不稳定, 波动较大。因此, 一是要注重安徽省各地级市的协调发展, 互相优势互补。特别是皖北城市的工业化程度较低, 但是其劳动力比较充足; 皖南的工业化程度较高, 但是劳动力较少, 这种情况下就可以实现优势互补, 共同发展。二是要注重生产技术、资源管理配置与生产规模之间的相互匹配度, 以提高资源的利用率, 实现工业企业全面高质量发展, 使得其发展稳步上升。

为便于观察,绘制如图1所示的2003—2018年安徽省工业企业生产效率变化趋势图。

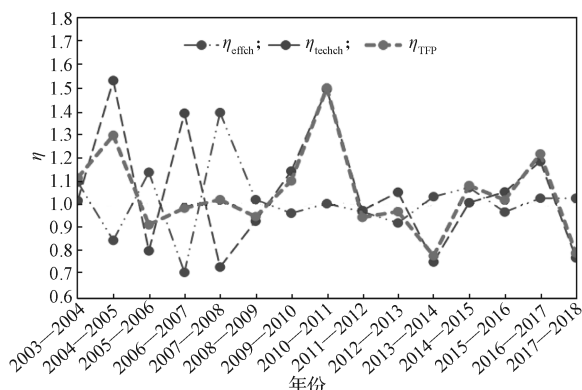


图1 2003—2018年安徽省工业企业生产效率变化趋势图

Table 1 Change trend of production efficiency of industrial enterprises in Anhui Province from 2003 to 2018

由图1可以得知:技术进步率的变化趋势与全要素生产率的变化趋势大致相同,说明技术进步是影响全要素生产率的主要因素。根据各指数曲线波动激烈程度,可以依据考察期内的TFP的变化将其分为两个阶段进一步分析。

第一阶段为2003—2011年,该阶段安徽省工业企业的生产效率变化波动较为激烈,TFP的年均增长率约为11.1%,技术效率与技术进步效率均有所增长,分别为6.0%和14.5%。技术进步效率的增长率大于技术效率的增长率,表明2011年前的TFP的增长率主要与技术进步效率的提高有关,说明该时间段安徽省工业企业技术明显进步,以此促进全要素生产率的提高。这一阶段中,各指数的曲线变化波动剧烈,这主要是由于安徽省2006年中部崛起战略进入实施阶段,加快推动了工业企业的高质量发展,但是安徽省各地级市的工业发展不均衡,导致这一阶段的生产率波动较大。

第二阶段为2011—2018年,该阶段安徽省工业企业的生产效率变化波动较为缓和,TFP的年均增长率为3.8%,技术效率的年均增长率为0.29%,技术进步效率的年均增长率约为3.7%,全要素生产率均为正数。这一阶段中,各指数的曲线波动较为缓和,表明安徽省工业企业的发展逐渐平稳。由图1中曲线走势还可以得知,2011年以后,技术进步的变化趋势与全要素生产率的变化趋势几乎一致,并且技术进步效率的年均增长率远大于技术效率的年均增长率,这一现象表明这一阶段中全要素增长率是由技术进步效率主导的。

### 3.2.2 地区全要素生产率分析

2003—2018年间,安徽省各地级市的工业企业全要素生产率分析结果见表3。

表3 安徽省各地级市2003—2018年工业企业全要素生产率及其分解结果

Table 3 Total factor productivity with its decomposition results of industrial enterprises in Anhui Province from 2003 to 2018

地区	技术效率	技术进步效率	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
合肥市	1.000	1.040	1.000	1.000	1.040
淮北市	0.971	1.029	0.972	0.999	0.999
亳州市	1.008	1.006	0.992	1.017	1.014
宿州市	1.024	1.004	1.015	1.009	1.029
蚌埠市	1.006	1.027	1.004	1.002	1.033
阜阳市	1.027	1.023	1.034	0.993	1.051
淮南市	0.973	1.045	0.977	0.996	1.017
滁州市	0.986	1.006	0.990	0.996	0.992
六安市	1.003	1.005	1.002	1.002	1.008
马鞍山市	0.996	1.089	0.997	0.999	1.084
芜湖市	1.000	1.051	1.000	1.000	1.051
宣城市	1.009	1.025	1.011	0.998	1.034
铜陵市	1.009	1.061	1.000	1.009	1.070
池州市	1.017	1.013	0.982	1.036	1.030
安庆市	1.010	1.009	1.009	1.001	1.020
黄山市	1.007	1.023	1.000	1.007	1.030
均值	1.003	1.028	0.999	1.004	1.031

由表3可知,安徽省16个地级市2003—2018年的全要素生产率均值为1.031,年均增长率为3.1%。技术效率、技术进步效率、纯技术效率及规模效率的年均增长率分别是0.3%、2.8%、-0.1%、0.4%,其中技术进步效率的增长幅度最大。因此,技术进步是促进安徽省工业企业全要素生产率提高的主要因素。可见安徽省在工业企业发展中注重科技的利用,以提高资源的综合利用率。当前,科学技术是第一生产力,科技的提高与不断发展是加快推动安徽省工业企业高质量发展的重要保障。

从各地级市来看,安徽省2003—2018年各地级市工业企业全要素生产率小于1的仅淮北市、滁州市,其TFP分别是0.999、0.992,可能是由技术水平起点较低以及技术效率、纯技术效率与规模效率的抑制作用导致的;全要素生产率大于1的地级市有14个,占研究总数的87.5%。各地级市指数值均不低于1的有合肥、宿州、蚌埠、六安、芜湖、铜陵、安庆和黄山,表明这些地级市的工业企业发展较为全面。亳州、阜阳、淮南、马鞍山、宣城与池州在技术效率、纯技术效率与规模效率方面都存在各自的问题,但是各地级市工业企业全要素生产率与技术进步效率均

大于1,进一步验证了安徽省工业企业全要素生产率的提高主要受技术进步的影响这一结论。这也与安徽省各地级市工业企业 GDP 排名基本相符合。

综上所述,可知安徽省工业企业的经济发展状况良好,且各地级市之间的工业经济发展质量差距逐步缩小,将最终实现所有地级市的 TFP 均大于1。

## 4 结论与建议

为了解安徽省16个地级市工业企业的生产效率状况与变化趋势,采用 DEA-BCC 与 Malmquist 模型,对安徽省工业企业2003—2018年的全要素生产率及其分解项进行了测算,并对测算结果进一步分析,结果发现:

1) 工业企业生产投入规模对生产率的影响较为明显,安徽省16个地级市中有11个地级市的工业企业处于生产无效状态,大部分地级市的工业企业规模处于递增状态,因此,生产投入规模不当是导致生产无效的主要原因。

2) 安徽省16个地级市中,合肥、宿州、蚌埠、六安、芜湖、铜陵、安庆和黄山的工业企业发展较为全面,工业经济发展状态良好;亳州、阜阳、淮南、马鞍山、宣城与池州的全要素生产率均大于1,但其纯技术效率、技术进步效率与规模效率均存在各自的不足;淮北、滁州的全要素生产率均小于1,表明其工业经济发展较为缓慢。

3) 考察期内安徽省工业企业全要素生产率与技术进步效率大于1的年份个数相同,并且两者波动变化呈正相关,由技术进步推动全要素生产率的提高较为明显,即技术进步是安徽省工业企业全要素生产率提高的主要影响因素。

根据以上结论,针对安徽省工业企业当前的发展状况,提出如下建议,以期为安徽省工业企业提高生产效率提供参考:

1) 安徽省工业企业应在政府的工业发展规划下,依据企业自身状况,制定科学的企业生产计划,控制生产投入规模,避免资源浪费。企业的生产投入规模应符合市场情况,不可一味追求眼前的经济效益而盲目投入,科学合理的生产投入规模才能促进企业良好的经济发展。

2) 着力提高安徽省工业企业的创新效率。政府应当加大对工业企业研发投入的扶持力度,提高研发人员的水平与数量。要支持工业企业布局高新科技创新资源,特别是高水平科研院所、大学、科技园以及重点实验室等适合安徽省工业发展的重大科研项

目集中协同发展,进一步优化安徽省工业企业创新资源的合理配置。

3) 积极建立工业企业与市场之间的双向沟通机制。企业应及时了解市场信息,实现市场信息的有效流通,在瞬息万变的市场环境下作出相应的生产调整,进而提高企业的工业效率,实现企业健康稳定的可持续发展。

此外,本研究仅针对 DEA-BCC 模型开展了研究,未能与 DEA 等诸多扩展模型相互结合印证,进行对比分析,因此,今后应结合本文结论与其他省份工业企业全要素生产率变动及其模型方法进行对比研究,以探寻工业企业全要素生产率影响来源更为科学的规律与结论。

## 参考文献:

- [1] 杨汝岱. 中国制造业企业全要素生产率研究 [J]. 经济研究, 2015, 50(2): 61-74.  
YANG Rudai. Study on the Total Factor Productivity of Chinese Manufacturing Enterprises [J]. Economic Research Journal, 2015, 50(2): 61-74.
- [2] 陈伟, 景锐, 张慧泉, 等. 东北地区大中型工业企业技术创新效率评价: 基于 DEA-Malmquist 指数方法 [J]. 华东经济管理, 2017, 31(2): 66-71.  
CHEN Wei, JING Rui, ZHANG Huiquan, et al. The Evaluation of Large and Medium-Sized Industrial Enterprises Technological Innovation Efficiency in Northeast China: Based on the DEA-Malmquist Index Method [J]. East China Economic Management, 2017, 31(2): 66-71.
- [3] 杜康, 袁宏俊, 郑亚男. 安徽省大中型工业企业全要素生产率及影响因素研究: 基于 DEA-Malmquist 生产率指数法 [J]. 科技管理研究, 2019, 39(6): 41-48.  
DU Kang, YUAN Hongjun, ZHENG Yanan. A Study on Total Factor Productivity and Influencing Factors of the Industrial Enterprises in Anhui Province: Based on the DEA-Malmquist Productivity Index Method [J]. Science and Technology Management Research, 2019, 39(6): 41-48.
- [4] 岳会, 于法稳. 我国棉花全要素生产率研究: 基于 DEA-Malmquist 指数法的分析 [J]. 价格理论与实践, 2019(8): 141-144.  
YUE Hui, YU Fawen. Research on Cotton Total Factor Productivity in China: Analysis Based on DEA-Malmquist Index Method [J]. Price: Theory & Practice, 2019(8): 141-144.
- [5] 张丽, 郑军. 基于 DEA-Malmquist 模型的山东省农业生产效率测算研究 [J]. 湖北农业科学, 2019,

- 58(21): 219-223.  
ZHANG Li, ZHENG Jun. Study on the Estimation of Agricultural Production Efficiency in Shandong Province Based on DEA-Malmquist Model[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2019, 58(21): 219-223.
- [6] 王哲, 沙国, 胡伟. 安徽省战略性新兴产业全要素生产率测度: 基于 DEA-malmquist 指数模型 [J]. 华东经济管理, 2017, 31(6): 25-30.  
WANG Zhe, SHA Guo, HU Wei. Measurement of Total Factor Productivity of Strategic Emerging Industries in Anhui Province: Based on DEA-Malmquist Index Method[J]. East China Economic Management, 2017, 31(6): 25-30.
- [7] 郭艳. 基于 DEA 的 Malmquist 指数分析法在农业生产效率评价中的应用 [J]. 科技通报, 2014, 30(7): 10-13, 16.  
GUO Yan. Evaluation of the Efficiency of Agricultural Product Based on DEA Malmquist Index[J]. Bulletin of Science and Technology, 2014, 30(7): 10-13, 16.
- [8] 孟晓娜, 苗成林, 孙丽艳, 等. 基于 Malmquist-DEA 法的煤炭企业安全效率评价及影响因素研究 [J]. 煤矿安全, 2019, 50(8): 244-248.  
MENG Xiaona, MIAO Chenglin, SUN Liyan, et al. Evaluation on Safety Efficiency of Coalmine Enterprises and Its Influencing Factors Based on Malmquist-DEA Method[J]. Safety in Coal Mines, 2019, 50(8): 244-248.
- [9] 邱静. 我国高技术制造业全要素生产率及其时空差异分析: 基于三阶段 DEA-Malmquist 模型 [D]. 广州: 广东省社会科学院, 2019.  
QIU Jing. Analysis of Total Factor Productivity and Its Spatio-Temporal Differences on High-Tech Manufacturing Industry in China: Based on the Three-Stage DEA-Malmquist Model[D]. Guangzhou: Guangdong Academy of Social Sciences, 2019.
- [10] 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.
- [11] 周志翔. 整数 DEA 理论、方法及其应用研究 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2014.  
ZHOU Zhixiang. Research on Theory, Modeling and Application of Integer DEA[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2014.
- [12] 刘井建, 梁冰. Malmquist 生产率指数评析结果: 技术变动的新诠释 [J]. 运筹与管理, 2010, 19(1): 170-175.  
LIU Jingjian, LIANG Bing. Evaluation Results of Malmquist Productivity Index: New Insight of Technical Change[J]. Operations Research and Management Science, 2010, 19(1): 170-175.
- [13] 王贵东. 1996—2013 年中国制造业企业 TFP 测算 [J]. 中国经济问题, 2018(4): 88-99.  
WANG Guidong. Calculation on the TFP of Manufacturing Enterprises in China During 1996—2013[J]. Economic Issues in China, 2018(4): 88-99.
- [14] 马勇, 黄猛. 长江经济带开发对中部崛起的影响与对策 [J]. 经济地理, 2005, 25(3): 298-301.  
MA Yong, HUANG Meng. The Impact and Countermeasure of the Development of the Yangtze River Economic Zone to the Growing up of Central Area of China[J]. Economic Geography, 2005, 25(3): 298-301.

(责任编辑: 廖友媛)