

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2022.03.011

江苏省工业企业生产效率分析及评价 ——以国有控股工业企业为例

宋 健, 黄元生

(华北电力大学 经济管理系, 河北 保定 071000)

摘 要: 为研究江苏省工业企业生产效率, 首先通过灰色综合关联分析法找出影响工业生产效率的主要因素, 其次利用数据包络分析法中以产出为导向的BCC模型构建生产效率投入产出模型, 并选择企业单位数、销售费用、管理费用作为投入指标, 利润总额、主营业务收入作为产出指标, 最后以2019年江苏省各地级市国有控股工业企业为研究对象。研究表明: 江苏省2019年国有控股工业企业生产效率为85.6%, 还有14.4%的改善空间; 工业综合技术效率为1的城市有5个, 低于1的有8个; 生产效率较低是由纯技术效率和规模效率无效共同导致的, 且规模效率是主要原因; 江苏省国有控股工业企业为提高生产效率, 需减少约18.4%的企业数, 苏州市和镇江市还得提高相应的利润。据此, 建议从技术革新和资源有效配置两方面同时着手处理, 并采取相应的对策。

关键词: 生产管理; 国有控股工业企业; 生产效率; 灰色关联分析法; 数据包络分析法

中图分类号: F403.8

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2022)03-0077-07

引文格式: 宋 健, 黄元生. 江苏省工业企业生产效率分析及评价: 以国有控股工业企业为例 [J]. 湖南工业大学学报, 2022, 36(3): 77-83.

Analysis and Evaluation of Production Efficiency of Industrial Enterprises in Jiangsu Province: A Case Study of State-Owned Holding Industrial Enterprises

SONG Jian, HUANG Yuansheng

(Department of Economic Management, North China Electric Power University, Baoding Hebei 071000, China)

Abstract: In view of an overall study on the production efficiency of industrial enterprises in Jiangsu Province, firstly, the main factors affecting the industrial production efficiency can be found out by adopting the gray comprehensive correlation analysis method. Secondly, a production efficiency input-output model is to be constructed by using the output oriented BCC model in the data envelopment analysis method, with the number of enterprise units, sales expenses and management expenses selected as the input indicators, and the total profit and main business income selected as the output indicators. Finally, the state-owned holding industrial enterprises in local cities in 2019 is taken as the research object. The results show that the production efficiency of state-owned holding industrial enterprises in Jiangsu Province in 2019 is as high as 85.6%, leaving room for an improvement of 14.4%; there are 5 cities with an industrial comprehensive technical efficiency of 1, leaving other 8 cities with an industrial comprehensive technical

收稿日期: 2021-05-17

作者简介: 宋 健(1997-), 男, 江苏淮安人, 华北电力大学硕士生, 主要研究方向为工业过程技术经济评价,

E-mail: 2304449009@qq.com

通信作者: 黄元生(1958-), 男, 河北保定人, 华北电力大学教授, 博士生导师, 主要研究方向为技术经济及管理,

E-mail: 2410131212@qq.com

efficiency lower than 1. Low production efficiency is brought about by the inefficiency of pure technical efficiency and scale efficiency, with the latter one the primary reason. In order to improve the production efficiency, it is necessary for state-owned holding industrial enterprises in Jiangsu province to reduce the number of enterprises by about 18.4%, while Suzhou and Zhenjiang still have to increase their corresponding profits. Based on this conclusion, it is essential that some corresponding countermeasures and suggestions be taken simultaneously from the two aspects of technological innovation and effective allocation of resources.

Keywords: production management; state-owned holding industrial enterprises; production efficiency; grey relational analysis; data envelopment analysis

江苏省历来是工业大省, 工业总产值稳居全国前三, 工业行业保持良好的发展态势。2019年, 江苏省第二产业的生产总值为40 695.15亿元, 居全国第一, 贡献率占地区生产总值的44.55%, 可以说工业是江苏发展的命脉。生产效率又称为生产率或者劳动效率, 是指生产过程中投入产出比值, 企业的生产效率表现为资源配置能力以及企业生产水平。生产效率评价是工业企业生产过程中非常重要的活动, 对于企业了解自身发展状况、调整发展策略有一定的参考价值^[1-2]。所以研究江苏省工业企业生产效率、总结实际发展状况, 对江苏省工业领域保持稳定良好的发展势头有一定借鉴意义。

1 文献综述

近年来, 关于工业企业生产效率的研究, 国内外学者主要关注各种生产效率的测算方法, 最常用的有参数方法——随机前沿法^[3] (stochastic frontier approach, SFA)、非参数方法——数据包络分析法 (data envelopment analysis, DEA) 等^[4]。

日前, DEA方法成为研究的主流, 国内已有大量学者用DEA模型研究了我国工业企业生产效率。耿杰等^[5]采用最典型的非参数方法DEA-BCC模型, 研究了2018年安徽省16个地级市的工业企业生产效率, 通过比较分析已选定的指标 (以从业人数、流动资产、非流动资产为投入指标, 工业总产值为产出指标), 发现2018年安徽省总体工业生产效率为0.901, 距离生产前沿有效还有一定的改进空间。此外, 将测算方法与传统评价方法 (如层次分析法、模糊综合评价法、灰色系统理论等) 结合, 研究工业企业生产效率也比较广泛。闫淑霞等^[6]为避免研究农业生产过程中部分扰动项的干扰, 采用灰色DEA模型研究了2008—2013年河南省农业生产效率, 确定了影响农业生产效率的主要因素。许祥鹏等^[7]在实证分

析长株潭物流企业时, 基于DEA-AHP/GRA (analytic hierarchy process/grey relational analysis) 模型的效率评价结果较为合理。郭国平等^[8]在评价水上应急资源配置效率时, 发现传统DEA模型只能区别出DEA决策单元是否有效, 无法进一步分析, 因此在DEA有效单元基础上使用TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) 方法二次分析, 得到综合排序, 以长江江苏段10个分局的应急资源配置为例, 验证了该模型的合理性。

国外亦有许多学者根据需要将机器学习算法 (如神经网络、遗传算法)、大数据法、统计分析法等智能优化方法与DEA模型结合, 都得到了较为理想的测算结果。B. D. Rouyendegh等^[9]采用模糊层次分析法 (fuzzy analytic hierarchy process, FAHP) 结合DEA模型来衡量了医院的经营效率, 首先通过数据包络分析法对数据进行量化处理, 然后使用FAHP对模型结构化, 用DEA-FAHP组合方法构建的二阶段多指标排序列表, 使排序更加合理, 避免决策者做出非理性决策。F. Shirazi等^[10]建立了非期望产出的SBM (slack-based measure) 模型研究航空运输行业的运输效率, 以伊朗14家航空公司为例, 研究表明: 采用非鲁棒模型时, Mahan、Taban、Pouya Air和Caspian航空公司的效率值较高; 而使用新的鲁棒模型时, 所有公司的效率值都有降低, 且得分均小于1。

此外, Zhu N.等^[11]将机器学习算法如BP神经网络、遗传算法、支持向量机、改进的支持向量机与传统的DEA模型结合, 并以2016年制造业企业上市公司为实证; 结果表明, 决策单元预测效率的平均准确率约为94%, 4种机器学习算法的综合性能从好到差依次为遗传算法、BP神经网络、改进的支持向量机和支持向量机。Chen Y.等^[12]考虑到DEA模型输入与输出指标较多时会影响效率测算结果, 于是将统计学中最小绝对收缩和选择算子LASSO (least absolute shrinkage and selection operator) 的变量选择

机器学习算法与符号约束凸非参数最小二乘 SCNLS (sign-constrained convex nonparametric least squares) (DEA 的特例) 结合, 作为一种规避维数灾难问题的方法, 被称为 LASSO+SCNLS。还探索了 LASSO 的更高级版本, 即所谓的弹性网 (elastic net, EN) 方法, 将其应用于 DEA, 并提出了 EN+DEA。为了在大范围数据环境下规避 DEA 的维度诅咒, 又提出了一种简化的两步方法, 即 LASSO+DEA。结果表明, 简化的方法可能比现有更复杂的方法更实用, 可以将非常大的维度缩减为更稀疏、更节省的 DEA 模型, 从而获得更大的区分能力, 并减少了维度灾难的影响。

综上所述, 将 DEA 方法与其他综合评价方法结合使用的组合方法也越来越受欢迎。然而, 这种以测算方法为基础的组合方法多用于物流、农业等行业, 而有关工业企业生产效率的研究并不多见, 且指标的筛选少有采用量化处理方法, 而使用灰色 DEA 方法对工业企业的生产效率进行研究, 尚未见报道。因此, 本研究拟使用灰色 DEA 方法对江苏省各地级市的国有控股工业企业生产效率进行研究。首先, 通过灰色综合关联分析法, 从可能影响工业企业生产效率的因素中筛选出关键指标, 作为评价指标体系中的投入指标; 其次, 以江苏省 2019 年 13 个地级市国有控股工业企业投入产出数据为例, 采用 BCC-DEA 模型进行评价, 计算出效率值, 并对各城市的生产效率进行排序、分析评价^[13-15]; 最后, 根据模型计算出的结果得到相应的结论, 并给出对策建议, 以期江苏省相关部门拟定精准化措施提供参考。

2 研究方法

2.1 灰色关联度分析

灰色关联度分析主要指在同一系统中, 若两个序列同步变化程度高, 则两者灰色关联度高; 反之, 则关联度低。灰色关联度分析主要有灰色绝对关联度、灰色相对关联度、灰色综合关联度、灰色相似关联度、灰色接近关联度以及邓氏关联度等分析法。

本研究借助灰色综合关联度分析法, 从可能的影响因素中筛选投入指标。

假设序列 X_0 与 X_i 长度相同, 初始值不为 0, 则

$$\rho_{0i} = \theta \varepsilon_{0i} + (1 - \theta) \gamma_{0i}, \quad \theta \in [0, 1]。$$

式中: ρ_{0i} 为灰色综合关联度;

ε_{0i} 为灰色绝对关联度;

γ_{0i} 为灰色相对关联度;

θ 为权重, 一般取值 0.5。

2.2 以产出为导向的 BCC-DEA 模型构建

20 世纪 70 年代末, Charnes、Cooper 以及 Rhodes 3 位专家提出了 CCR 模型, 标志着数据包络分析 DEA 理论的诞生。后来, 随着 BCC 模型、SBM 模型、超效率 DEA 模型的提出, DEA 得到进一步发展。由于 DEA 模型在处理多投入、多产出指标方面具有无可比拟的优势, 因此在各行业中得到了广泛应用。

根据生产过程中规模收益的不同, DEA 模型可以分为 CRS 模型和 VRS 模型。CRS 模型即规模报酬不变, 当投入量等比例增加时, 产出量也同样等比例增加。VRS 模型是指规模报酬可变, 即各投入量等比例增加时, 产出不一定随之等比例增加^[16-17]。因此, 本研究假设国有控股工业企业在生产过程中, 规模报酬可变, 以产出为导向, 建立 BCC-DEA 模型, 模型如下所示:

$$\begin{aligned} & \min \theta, \\ & \text{s.t.} \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j + s^+ = \theta x_0, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^- = \theta y_0; \\ & s^+ \geq 0, \\ & s^- \leq 0. \end{aligned}$$

式中: θ 为待估计参量;

λ_j 为相对于每个决策单元构造有效单元的组比例;

s^+ 、 s^- 分别为松弛变量和剩余变量;

x_0 、 y_0 分别为投入、产出量。

3 实例分析

3.1 投入 - 产出指标确定

通过总结已有的研究结果, 本研究选择企业单位数、主营业务成本、销售费用、管理费用、财务费用、平均用工人数, 以及资产总计作为可能的投入指标 (单位分别为个、亿元、亿元、亿元、亿元、万人), 利润总额和主营业务收入作为产出指标 (单位均为亿元), 根据《江苏统计年鉴—2020》, 得到江苏省 2019 年南京市、苏州市、扬州市、淮安市等 13 个地级市国有控股工业企业可能的投入、产出指标数据, 如表 1 所示^[18-20]。根据表 1 中各项指标数据, 使用灰色系统建模软件求出可能的投入指标与产出指标之间的灰色综合关联度, 具体见表 2。分析表 2 中的数据可知, 各可能投入与产出指标间的平均灰色关联度为 0.739, 因此选取平均灰色关联度大于 0.739 的

指标作为最终投入指标,即选择企业单位数、销售费用、管理费用为投入指标。然后使用DEAP2.1软件,

对江苏省各地级市的国有控股工业企业生产效率进行计算,得到其生产效率值,具体见表3。

表1 江苏省各地级市国有控股工业企业可能的投入与产出指标数据

Table 1 Possible input and output index data of State-owned industrial enterprises prefecture-level cities in Jiangsu Province

地级市	投入指标						产出指标		
	企业单位数/ 个	主营业务成本/ 亿元	销售费用/ 亿元	管理费用/ 亿元	财务费用/ 亿元	平均用工人数/ 万人	资产总计/ 亿元	利润总额/ 亿元	主营业务收入/ 亿元
徐州市	55	973.40	54.07	68.69	26.52	8.76	2 526.58	70.99	1 392.41
连云港市	45	203.38	6.03	14.34	15.53	1.78	1 157.22	28.96	263.38
宿迁市	21	121.55	19.77	22.43	0.87	2.16	605.96	127.89	316.89
淮安市	50	220.94	12.23	16.33	4.48	1.74	592.90	45.66	393.02
盐城市	84	296.36	7.82	11.30	13.80	1.64	816.59	27.90	353.99
扬州市	80	1 353.69	21.49	61.51	13.35	5.43	1 250.76	85.59	1 539.90
泰州市	45	416.07	6.04	8.76	8.76	1.36	596.63	21.78	469.92
南通市	94	649.37	13.34	39.86	16.98	4.22	1 401.34	127.42	840.50
南京市	206	4 327.79	97.98	243.74	35.10	14.88	5 957.53	477.84	5 527.76
苏州市	133	831.71	24.99	46.63	12.19	4.38	1 313.11	61.82	957.20
无锡市	110	853.73	31.16	48.87	5.99	4.89	1 354.49	118.14	1 020.91
常州市	83	519.77	20.41	32.62	9.20	3.32	775.59	34.38	613.53
镇江市	59	346.00	10.74	15.62	11.47	2.06	633.78	13.44	399.82

表2 各指标间灰色综合关联度

Table 2 Grey comprehensive correlation degree among indicators

指标	利润总额	主营业务收入	灰色综合关联度
企业单位数	0.947 5	0.635 5	0.791 5
主营业务成本	0.652 5	0.732 7	0.692 6
销售费用	0.935 7	0.632 3	0.784 0
管理费用	0.851 7	0.709 1	0.780 4
财务费用	0.820 4	0.625 4	0.722 9
平均用工人数	0.741 9	0.617 5	0.679 7
资产总计	0.747 2	0.702 8	0.725 0

表3 2019年江苏省各地级市国有控股工业企业生产效率值
Table 3 State-owned holding industrial production efficiency values of cities in Jiangsu Province in 2019

地级市	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
徐州市	0.943	1.000	0.943	irs
连云港市	0.655	1.000	0.655	irs
宿迁市	1.000	1.000	1.000	-
淮安市	0.834	1.000	0.834	irs
盐城市	0.756	0.758	0.997	drs
扬州市	1.000	1.000	1.000	-
泰州市	1.000	1.000	1.000	-
南通市	1.000	1.000	1.000	-
南京市	1.000	1.000	1.000	-
苏州市	0.715	0.755	0.947	drs
无锡市	0.843	0.897	0.940	drs
常州市	0.698	0.810	0.862	irs
镇江市	0.689	0.753	0.914	irs
平均值	0.856	0.921	0.930	

注:“irs”表示规模收益递增,“drs”表示规模收益递减,“-”表示规模收益不变。

3.2 综合技术效率分析

由表3中数据可知,整体来看,2019年综合技术效率平均值为85.6%,表明江苏省国有控股工业企业理应在原来的基础上,如果投入指标总体减少14.4%,就可以达到现有的产出值。这表明,江苏省国有控股工业企业生产效率并不高,还有很大改善空间。又由于技术效率由纯技术效率和规模效率共同作用,可通过分析纯技术效率与规模效率寻找综合技术效率较低的原因。由表3中数据还可知,纯技术效率平均值为0.921,规模效率平均值为0.930,两者均未达到1。所以,整体综合技术效率无效是由纯技术效率和规模效率均无效共同导致的,且纯技术效率的副作用更大。总之,江苏省国有控股工业企业想要提高生产效率,需要从技术革新和资源有效配置两方面同时着手处理^[4,16]。

从各城市来看,DEA有效(即生产综合技术效率为1)的城市有宿迁市、扬州市、泰州市、扬州市、南通市、南京市,占38.46%,剩下的8个城市综合技术效率均未达到1.000。其中,徐州市、连云港市以及淮安市这3个城市的纯技术效率均为1.000,但是规模效率低于1.000,规模效率无效且规模收益递增,表明这3个城市在不增加现有投入的基础上可以获得更多产出,资源利用效率较低,资源浪费较严重,而在现有基础上增加投入、提高技术创新能力均不能提高综合技术效率。剩下的盐城市、苏州市、无锡市、常州市、镇江市5个城市的纯技术效率、规模效率均低于1.000,且纯技术效率均低于规模效率。表明这

5个城市 DEA 无效是由于纯技术效率和规模效率都无效共同导致的,并且主要是由于纯技术效率较低导致的。也就是说,如果要提高这些城市的生产效率,一方面要优化资源配置利用率,提高资源的利用效率,并且需要在原有投入基础上增加更多的投入以获得更多产出;另一方面,需注意提高技术水平,加大

技术革新力度。

3.3 无效单元投影分析

由前文论述可知,江苏省国有控股工业企业技术的效率为 85.6%,仍有较大改善空间,因此有必要进一步对各决策单元进行无效单元投影分析,以分析无效的原因,各单元投入冗余与产出不足数值见表 4。

表 4 各单元投入冗余与产出不足数值

Table 4 Input redundancy and output deficiency of each unit

地级市	综合技术效率	投入冗余			产出不足	
		S^{1+} /个	S^{2+} /亿元	S^{3+} /亿元	S^{1-} /亿元	S^{2-} /亿元
徐州市	0.943	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
连云港市	0.655	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
宿迁市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
淮安市	0.834	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
盐城市	0.756	40.152	0.000	0.000	0.000	0.000
扬州市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
泰州市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
南通市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
南京市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
苏州市	0.715	62.360	5.526	0.000	3.064	0.000
无锡市	0.843	51.859	6.100	0.000	0.000	0.000
常州市	0.698	29.172	9.731	9.034	0.000	0.000
镇江市	0.689	12.012	3.823	3.864	7.565	0.000
平均值	0.856	15.043	1.937	0.992	0.818	0.000

注: S^{1+} 表示企业单位数冗余, S^{2+} 表示销售费用冗余, S^{3+} 表示管理费用冗余, S^{1-} 表示利润总额不足, S^{2-} 表示主营业务收入不足。

由表 4 可知,从投入冗余整体上来看,江苏省国有控股工业企业为提高生产效率需减少 196 个企业,占总企业数的 18.4%,销售费用、管理费用两者总共还需减少 38.077 亿元,这其中主要是常州市各费用冗余过多, $S^{2+}=9.731$ 亿元、 $S^{3+}=9.034$ 亿元,占总共需要减少费用的 49.28%。从产出不足来看,只有苏州市和镇江市 2 个城市,合计需提高利润 10.629 亿元,各城市均无需增加主营业务收入。

从各城市来看,5 个综合技术效率值为 1.000 的城市投入冗余和产出不足都为 0。徐州市、连云港市、淮安市虽然效率值低于 1.000,但是投入冗余与产出不足都为 0。盐城市的综合技术效率值为 0.756, $S^{1+}=40.152$ 亿元,表明盐城市应该减少企业单位数 40.152 个,约 40 个;苏州市的综合技术效率值为 0.715, $S^{1+}=62.360$ 亿元, $S^{2+}=5.526$ 亿元, $S^{1-}=3.064$ 亿元,表明苏州市应减少企业单位数 62.360 个,约 62 个,减少销售费用 5.526 亿元,利润总额应提高 3.064 亿元;无锡市的综合技术效率值为 0.843, $S^{1+}=51.859$ 亿元, $S^{2+}=6.100$ 亿元,表明无锡市应减少企业单位数 51.859 个,约 52 个,减少销售费用 6.1 亿元;常州市的综合效率值为 0.698, $S^{1+}=29.172$ 亿元, $S^{2+}=9.731$ 亿元, $S^{3+}=9.034$ 亿元,表明常州市应减少企业单位数 29.172 个,约 29 个,减少销售费用 9.731

亿元,减少管理费用 9.034 亿元;镇江市的综合技术效率值为 0.689, $S^{1+}=12.012$ 亿元, $S^{2+}=3.823$ 亿元, $S^{3+}=3.864$ 亿元, $S^{1-}=7.565$ 亿元,表明镇江市应减少企业单位数 12.012 个,约 12 个,减少销售费用 3.823 亿元,减少管理费用 3.864 亿元,利润总额应提高 7.565 亿元。

4 结论与建议

4.1 研究结论

本研究以江苏省 13 个地级市 2019 年国有控股工业企业相关数据为研究对象,使用 GRA-BCC 模型测量各城市国有控投工业企业生产的效率,分析了影响生产效率的重要原因,得到以下结论:

1) 江苏省 2019 年国有控股工业企业生产效率为 85.6%,距离生产前沿有效还有 14.4% 的改善空间,生产效率水平一般;国有控股工业企业生产效率无效的城市超出一半,这是由于纯技术效率或规模效率无效导致的,且纯技术效率的负效应更大。这其中,徐州市、连云港市以及淮安市低效是由于企业的粗放式发展及资源的低效化利用;剩余 5 个城市生产无效,一方面是因企业在生产过程中资源低效配置、人员的安排不合理;另一方面,是因技术不足、技术资源匮乏

乏或者缺少生产核心能力。

2) 大部分生产效率无效的城市都存在资源无效配置问题, 只有很少部分归因于产出不足。投入冗余当中, 企业数量过多是资源投入甚至整个生产活动中最主要的问题, 企业间应积极推动业务往来、合作共赢, 政府应鼓励中小微企业重组兼并; 另外, 各个城市必须减少不必要的开支, 节约生产活动费用, 部分城市须降低生产制造成本以提高利润^[21-22]。

4.2 对策建议

为提高江苏省工业企业生产效率, 根据以上分析结果, 提出以下对策建议:

1) 根据实际情况, 适时地逐步调整部分企业发展模式, 实现粗放式发展向集约型发展方式的转变。江苏省要进一步提高企业技术研发力度, 将更多资金投入工业领域的技术革新方面, 优化资源配置利用, 提高资源的利用效率, 减少资源浪费。

2) 徐州市、连云港市以及淮安市 3 个城市的资源利用效率较低, 为有效避免资源浪费, 重点应优化技术创新, 提高自主创新能力, 不需过多增加资源投入量; 而盐城市、苏州市、无锡市、常州市、镇江市这 5 个城市与上述 3 个城市相比, 不仅需要注重资源节约, 还须加大对生产技术的相关资源投入量; 苏州市和镇江市相关企业的工作重点应是降低企业成本, 提高企业利润。此外, 政府相关部门可出台相应政策促进各城市工业企业合理有序发展, 加强城市间互相交流学习; 对于核心技术匮乏的企业可加大技术研发力度、或购买核心技术; 对于发展前景不足的中小微企业应鼓励重组合并。总言之, 企业应加大专业性技术人才的引进力度, 同时也可模仿学习国内外同行业龙头企业的成功经验, 逐步提高企业自主创新能力, 有助于实现企业跨越式发展。

参考文献:

- [1] 姬霖, 王帅. 基于 DEA 的吉林省汽车制造企业生产效率分析[J]. 时代汽车, 2021(5): 29-30.
JI Lin, WANG Shuai. Analysis on Production Efficiency of Automobile Manufacturing Enterprises in Jilin Province Based on DEA[J]. Auto Time, 2021(5): 29-30.
- [2] 吴晓雯. 基于 5M1E 分析法的卷烟企业生产效率管理研究[J]. 环球市场, 2018(5): 18-19.
WU Xiaowen. Research on Production Efficiency Management of Cigarette Enterprises Based on 5M1E Analysis Method [J]. Global Market, 2018(5): 18-19.
- [3] 台航, 孙瑞. 财政分权和国有企业生产效率: 基于省级工业企业数据的实证分析[J]. 财贸研究, 2017(8): 95-110.
TAI Hang, SUN Rui. Fiscal Decentralization and Production Efficiency of SOEs: Empirical Analysis on Provincial Industrial Enterprise Data[J]. Finance and Trade Research, 2017(8): 95-110.
- [4] KESHTELI R N, TORABI O, MAHMOUDI E, et al. A Novel Hybrid Approach Based on Fuzzy DEA-AHP[J]. International Journal of Industrial and Systems Engineering, 2018, 29(1): 19-30.
- [5] 耿杰, 董洪光, 高乐红. 安徽省工业企业生产效率评价及促进对策研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2020(5): 636-640.
GENG Jie, DONG Hongguang, GAO Lehong. Research on Evaluation of Production Efficiency of Industrial Enterprises & Improvement Countermeasures in Anhui Province[J]. Journal of Harbin University of Commerce (Natural Sciences Edition), 2020(5): 636-640.
- [6] 闫淑霞, 刘慧敏, 孟凡琳, 等. 基于灰色 DEA 模型的河南省 18 市农业生产效率研究[J]. 河南农业大学学报, 2015(6): 866-870.
YAN Shuxia, LIU Huimin, MENG Fanlin, et al. Study of Agricultural Production Efficiency in 18 Cities in Henan Province Based on Grey DEA Method[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2015(6): 866-870.
- [7] 许祥鹏, 高阳. 基于 DEA-AHP/GRA 的效率评价研究: 以长株潭物流企业为例[J]. 科技管理研究, 2015, 35(17): 66-70, 76.
XU Xiangpeng, GAO Yang. Efficiency Evaluation Research Based on DEA-AHP/GRA: A Case Study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Logistics Enterprises[J]. Science and Technology Management Research, 2015, 35(17): 66-70, 76.
- [8] 郭国平, 周超林, 吴兵, 等. 基于 DEA-TOPSIS 模型的水上应急资源配置效率评价[J]. 安全与环境学报, 2019(1): 134-139.
GUO Guoping, ZHOU Chaolin, WU Bing, et al. Efficiency Evaluation for the Allocation of the Waterway Emergency Resources Based on DEA-TOPSIS Model[J]. Journal of Safety and Environment, 2019(1): 134-139.
- [9] ROUYENDEGH B D, OZTEKIN A, EKONG J, et al. Measuring the Efficiency of Hospitals: a Fully-Ranking DEA-FAHP Approach[J]. Annals of Operations Research, 2019, 278(1/2): 361-378.
- [10] SHIRAZI F, MOHAMMADI E. Evaluating Efficiency of Airlines: A New Robust DEA Approach with Undesirable Output[J/OL]. Research in Transportation Business & Management, 2019, 100467. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100467>.
- [11] ZHU N, ZHU C J, EMROUZNEJADC A. A Combined

- Machine Learning Algorithms and DEA Method for Measuring and Predicting the Efficiency of Chinese Manufacturing Listed Companies[J/OL]. *Journal of Management Science and Engineering*, 2020, 10.001. <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2020.10.001>.
- [12] CHEN Y, TSIONAS M G, ZELENYUK V, LASSO+DEA for Small and Big Wide Data[J/OL]. *Omega*, 2021, 102419. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102419>.
- [13] 潘晓欣. GRA-DEA模型下山西省各城市水资源利用效率评价[J]. *黑河学院学报*, 2020, 11(2): 78-80.
PAN Xiaoxin. On Appraising Water Resource Utility Efficiency for Cities in Shanxi Province Based on GRA-DEA Model[J]. *Journal of Heihe University*, 2020, 11(2): 78-80.
- [14] 王欢. 安徽省大中型工业企业生产效率研究: 基于DEA与Tobit方法[J]. *科技和产业*, 2011, 11(1): 49-55, 88.
WANG Huan. Research on the Efficiency of Production of Large and Medium-Sized Industrial Enterprises in Anhui Province[J]. *Science Technology and Industry*, 2011, 11(1): 49-55, 88.
- [15] 王有文. 基于GRA-DEA模型的有关农民收入的九城市的评价[J]. *数学的实践与认识*, 2018, 48(6): 314-320.
WANG Youwen. Appraising Nine Cities About Peasants' Income Based on GRA-DEA Model[J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2018, 48(6): 314-320.
- [16] 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.
ZHANG Xinjian, WANG Jianmin. Study on Total Factor Productivity of Industrial Enterprises in Anhui Province Based on DEA-Malmquist Model[J]. *Journal of Hunan University of Technology*, 2021, 35(4): 80-86.
- [17] 王兵, 罗佑军. 中国区域工业生产效率、环境治理效率与综合效率实证研究: 基于RAM网络DEA模型的分析[J]. *世界经济文汇*, 2015(1): 99-119.
WANG Bing, LUO Youjun. An Empirical Study on Regional Industrial Production Efficiency, Environmental Governance Efficiency and Comprehensive Efficiency in China: An Analysis Based on RAM Network DEA Model[J]. *World Economic Papers*, 2015(1): 99-119.
- [18] ZHANG X X, SUN D, ZHANG X F, et al. Regional Ecological Efficiency and Future Sustainable Development of Marine Ranch in China: An Empirical Research Using DEA and System Dynamics[J/OL]. *Aquaculture*, 2021, 736339. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736339>.
- [19] 徐冬冬, 黄震方, 倪金星, 等. 江苏省工业生产效率的空间格局演化与影响因素[J]. *经济地理*, 2017, 37(6): 114-121.
XU Dongdong, HUANG Zhenfang, NI Jinxing, et al. Spatial Pattern Evolution and Influencing Factors of Industrial Production Efficiency in Jiangsu[J]. *Economic Geography*, 2017, 37(6): 114-121.
- [20] 刘妍璐, 马赞甫. DEA交叉效率评价下的层次分析模型[J]. *统计与决策*, 2020, 36(3): 171-174.
LIU Yanjun, MA Zhanfu. Analysis of Hierarchy Model Based on DEA Cross Efficiency Evaluation[J]. *Statistics & Decision*, 2020, 36(3): 171-174.
- [21] 涂正革, 刘磊珂. 考虑能源、环境因素的中国工业效率评价: 基于SBM模型的省级数据分析[J]. *经济评论*, 2011(2): 55-65.
TU Zhengge, LIU Leike. Efficiency Evaluation of Industrial Sectors in China Accounting for the Energy and Environment Factors: Based on Provincial Data by a SBM Approach[J]. *Economic Review*, 2011(2): 55-65.
- [22] 周竹梅, 单文梅. 基于DEA-FAHP模型的企业环境效率测算[J]. *统计与决策*, 2017(2): 178-182.
ZHOU Zhumei, SHAN Wenmei. Empirical Study on the Relationship Between Environmental Information Disclosure and Enterprise Value Based on DEA-FAHP Model[J]. *Statistics & Decision*, 2017(2): 178-182.

(责任编辑:姜利民)