



基于 DEA 模型的中国生物产业上市企业绩效评估

丁俊琦^{1)*} 白京羽²⁾ 林晓锋²⁾⁽¹⁾ 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; ⁽²⁾ 国家发展和改革委员会创新驱动发展中心, 北京 100037

摘要 **目的** 随着生物产业的快速发展,越来越多的生物企业涌现,其中以生物医药企业为主。如何促进生物企业产出效率是政府和企业自身最关心的问题。**方法** 论文构建了生物产业上市企业绩效评估 DEA 模型,对全国 370 家生物产业上市企业的投入产出效率情况进行评估。**结果** 全国生物产业上市企业平均综合技术效率为 0.596,还有很大进步空间。**结论** 制约中国生物产业上市企业综合技术效率的主要因素是纯技术效率;较大型生物产业上市企业应优化投入、减少冗余,较小型生物产业上市企业则需要扩大企业规模。

关键词 生物产业,效率,DEA模型,中国

中图分类号 F223

DOI: 10.16476/j.pibb.2020.0199

21 世纪以来,随着生物技术的不断突破和信息技术的应用,生物产业得到快速发展,逐渐成为推动世界经济的又一主导产业^[1]。世界各国纷纷加大了生物产业发展的政策扶持和资金投入,中国也制定了一系列相关措施和发展计划^[2]。在此背景下,以生物医药为主的越来越多的生物企业涌现。根据同花顺财经网数据,2018 年,仅生物医药产业的中国上市企业已有 300 余家,生物农业、生物能源、生物工业等产业的上市企业也在发展中。但是中国生物产业依然存在产业链不完整^[3]、企业核心技术和创新能力缺乏^[4-5]、管理水平和体系制度不完善^[6-7]等问题,上市企业的投入产出效率有待优化。针对这些问题,国内外学者从多种角度开展研究,对企业效率进行科学合理的评估是近年来的研究热点之一。

徐凯等^[8]构建了三个阶段 DEA 模型评估了中国生物医药产业园区的运行效率,发现 DEA 无效的园区多数需要通过扩大规模提高效率。付秀梅等^[9]通过 DEA 模型评估了中国海洋生物医药产业的投入产出效率,发现该产业综合效率较低、产业效率整体上处在上升阶段。周旭霞等^[10]以杭州 24 家生物医药企业为研究对象开展数据包络分析,发现只有为数不多的几家样本企业科技投入达到有

效,生物医药产业的平均效率指数普遍不高。但是,大多数生物产业评估研究仅仅以某一省市或者单一生物产业为研究对象,样本数量较少,且没有综合考虑到生物医药、生物农业、生物能源、生物工业等多种类型生物产业,缺乏针对全国范围内的生物产业上市企业综合效率评价的研究。为了探索中国生物产业发展的制约因素,促进生物企业规模优化和资源配置优化,本文以全国 370 家生物产业上市企业为研究对象,构建 DEA 模型,开展生物产业上市企业绩效评估研究。

1 模型与数据

1.1 研究方法与指标体系

自 1978 年运筹学家 Charnes 等^[11]最早提出数据包络分析以来,在上市企业运行效率的评估中,数据包络分析是最广泛使用的方法之一。

1.1.1 DEA 模型

DEA 方法利用众多决策单元的投入与产出确定生产前沿面,也就是最佳生产状态,再将待评估企业的投入产出情况与生产前沿面进行对比,从而

* 通讯联系人。

Tel: 18800130057, E-mail: dingjunqi@cau.edu.cn

收稿日期: 2020-06-18, 接受日期: 2020-09-28

判断DEA有效性^[12]。DEA方法最基本的模型有基于规模报酬不变假设的CCR模型和基于规模报酬可变假设的BCC模型。CCR模型通过计算决策单元投入和产出的比值与理论比值的距离判断决策单

元的综合效率^[13]。具体公式如下：

$$MAX h_0 = \frac{\sum_{j=1}^q u_j \cdot y_{jk_0}}{\sum_{i=1}^p v_i \cdot x_{ik_0}} \quad (1)$$

$$s.t. \begin{cases} \frac{\sum_{j=1}^q u_j \cdot y_{jk_0}}{\sum_{i=1}^p v_i \cdot x_{ik_0}} = \frac{u_1 \cdot y_{1k} + u_2 \cdot y_{2k} + \cdots + u_q \cdot y_{qk}}{v_1 \cdot x_{1k} + v_2 \cdot x_{2k} + \cdots + v_p \cdot x_{pk}} \leq 1, (k = 1, 2, \cdots, n) \\ u_j, v_i \geq 0; j = 1, 2, \cdots, q; i = 1, 2, \cdots, p. \end{cases} \quad (2)$$

公式(1)中, h_0 是决策单元 DMU_{k_0} 的效率值; $i = input(i = 1, 2, \cdots, p)$; $k = DMUs(k = 1, 2, \cdots, n)$; $j = outputs(j = 1, 2, \cdots, q)$; x_{ik} , y_{jk} 是第 k 个决策单元的投入和产出; u_j 和 v_i 是权重。如果 $h_0 = 1$, 决策单元达到综合技术效率有效, 即规模效率和纯技术效率有效。

1.1.2 评价指标体系

参考以往关于上市公司投入产出效率研究的文献^[14-16], 本文构建的投入产出评价指标体系如表1所示, 包括2项投入指标和3项产出指标。

Table 1 Evaluation index system of DEA model

表1 基于DEA模型的评价指标体系

一级指标	二级指标	单位
投入指标	期初总资产 (X_1)	亿元
	营业总成本 (X_2)	亿元
产出指标	营业总收入 (Y_1)	亿元
	资产周转率 (Y_2)	%
	总资产报酬率 (Y_3)	%

指标具体解释如下。

a. 投入指标: 包括生物产业上市企业的期初总资产和营业总成本。期初总资产反应了企业的生产规模, 是企业的物质基础, 是企业投入力度最直接的反应。营业总成本是上市企业在营业过程中的消耗总额, 如劳动力雇佣花费、耗材花费、交通物流花费等。

b. 产出指标: 包括生物产业上市企业的营业总收入、资产周转率和总资产报酬率3项指标。营业总收入是企业在产品的生产经营中获得的全部收入, 它与企业的市场占有率有关。资产周转率衡量了上市企业在某个周期内资金从投入到产出的流动性, 也就是资产利用效率, 计算方法见公式(3)。总资产报酬率衡量了上市企业在其资产规模下的盈利能力, 计算方法见公式(4)。

$$\text{资产周转率} = \frac{\text{营业总收入} \times 2}{\text{期末资产总额} + \text{期初资产总额}} \quad (3)$$

$$\text{总资产报酬率} = \frac{\text{税前利润} \times 2}{\text{期末资产总额} + \text{期初资产总额}} \quad (4)$$

1.2 数据来源及处理

本文以同花顺财经网站上所属行业或者主营业务涉及生物产业的上市企业为样本, 投入、产出指标来源于在深圳证券交易所和上海证券交易所的各上市企业2018年年报, 在剔除数据缺失的企业样本后, 一共获得370家上市企业的投入、产出数据。

2 实证分析

2.1 样本统计描述

从区域看, 样本企业覆盖中国29个省(直辖市、自治区), 以广东、浙江、北京、江苏、山东为主。按照同花顺股票网站上的生物产业上市企业所属行业的一级和二级分类, 对370家生物产业上市企业的领域进行分类统计。从内部领域看, 涉及生物医药业的样本企业占比80%, 生物农业、生物质能分别占比8%和6%, 生物工业行业份额最小, 占比3%。生物医药类上市企业又包括生物制品、化学制剂、化学原料药、中药、医药商业、医疗器械、医疗服务等, 其中化学试剂和中药行业的上市企业数量最多(图1、表2)。

由于 Y_3 指标存在负值, 不符合DEAP计算规则, 因此对该指标数据进行归一化处理, 采取min-max标准化方法将原始数据映射到0~1之间, 再进行后续计算, 如公式(5)所示。

$$x_{ij}' = \left[x_{ij} - \min_{i=1,2,\cdots,n} (x_{ij}) \right] / \left[\max_{i=1,2,\cdots,n} (x_{ij}) - \min_{i=1,2,\cdots,n} (x_{ij}) \right] \quad (5)$$

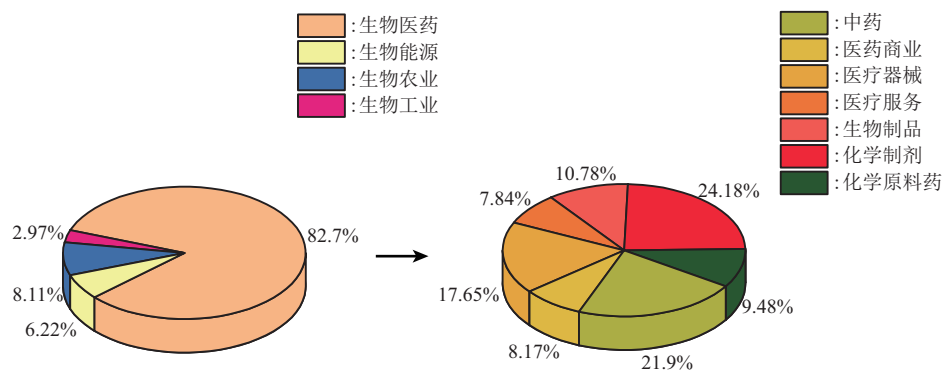


Fig. 1 Classification statistics of listed companies in the biological industry

图1 生物产业上市企业所属领域分类统计

Table 2 Statistical description of sample indicators

表2 样本指标统计描述

指标	观测数	均值	标准差	最大值	最小值
X_1	370	68.98	104.06	943.44	1.67
X_2	370	47.15	106.03	1365.21	0.11
Y_1	370	52.20	117.86	1590.84	0.05
Y_2	370	0.64	0.48	5.80	0.02
Y_3	370	0.07	0.10	0.49	-0.63

2.2 企业绩效评估结果分析

将2018年生物产业各上市企业的投入、产出数据输入DEAP 2.1软件中,得到各评价单元的综合技术效率、纯技术效率、规模效率和规模报酬情况。

2.2.1 按地区分上市企业绩效

按地区分,生物产业上市企业平均综合技术效率、平均纯技术效率和平均规模效率如图2所示。综合技术效率从整体上展示了上市企业的资源配置能力和产出效率。结果显示,全国平均综合技术效率为0.596,距离DEA有效还有40.4%的进步空间。综合技术效率又包括纯技术效率和规模效率,其中,纯技术效率体现了企业在管理、技术等方面的水平,规模效率则用于判断企业的规模是否需要调整。福建、山东、湖北、江苏、甘肃等地上市企业平均综合技术效率相对较高,分别为0.694、0.659、0.655、0.639、0.636。全国平均纯技术效率为0.611,除了陕西、云南等少数地区以外,大部分省市上市企业的平均纯技术效率评估结果与综合技术效率排名一致,说明影响各地生物产业上市企

业综合技术效率的主要因素是纯技术效率。全国平均规模效率为0.978,除了陕西、云南等地上市企业之外,其他地区规模效率均在0.95以上,因此陕西、云南等地上市企业除了增强企业管理水平和技术水平,还应该注意调整企业规模,优化投入。

2.2.2 大型上市企业绩效

表3展示了生物产业上市企业中总资产在150亿元以上的50家上市企业DEA评估结果。结果显示,2018年规模较大的生物产业上市企业综合技术效率评估值为0.615,距离生产前沿面还有很大提升空间^[17]。规模较大的生物产业上市企业纯技术效率均值为0.656,规模报酬均值为0.95,表明较大规模生物产业上市公司应该更加注重管理水平的提高和技术的创新应用。此外,规模较大生物产业上市企业的规模报酬多数为规模递减状态,占比70%,说明这些企业需要调整规模,减少无效的投入。

2.2.3 小型上市企业绩效

表4展示了生物产业上市企业中总资产在11亿元以下的50家上市企业DEA评估结果。结果显示,2018年规模较小的生物产业上市企业综合技术效率评估值为0.696,纯技术效率均值为0.707,规模报酬均值为0.983。同大规模上市企业评估结果类似,小规模生物产业上市公司也需要通过提高管理水平和技术创新来改善效率状态。不同的是,规模较小生物产业上市企业的规模报酬多数为规模递增状态,占比72%,说明规模较小生物产业上市企业的规模有待进一步扩大,规模效率还有一定的提升空间。

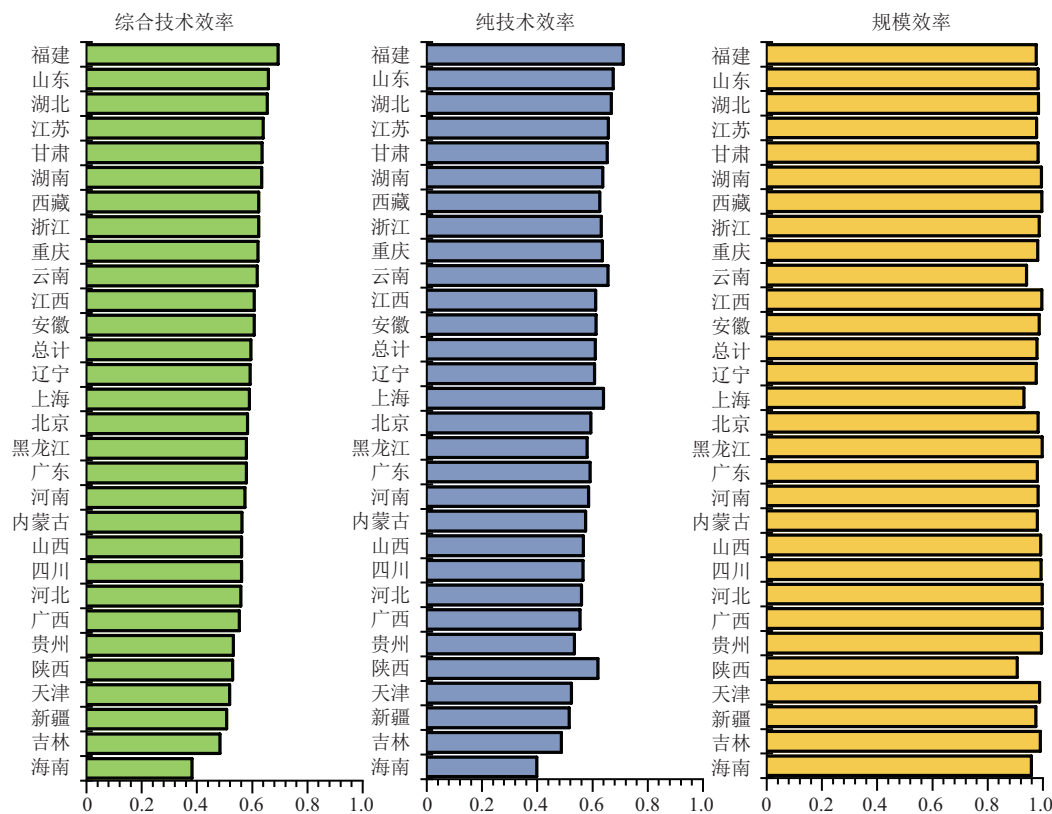


Fig. 2 Regional average comprehensive technical efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency of listed companies
图2 上市企业地区平均综合技术效率、纯技术效率和规模效率

Table 3 DEA evaluation results of large-scale listed companies
表3 大规模上市企业DEA评价结果

企业	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬	企业	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
上海医药	0.875	1	0.875	drs	金正大	0.609	0.62	0.983	drs
万华化学	0.747	1	0.747	drs	金发科技	0.717	0.768	0.934	drs
ST康美	0.349	0.462	0.756	drs	恒瑞医药	0.761	0.8	0.951	drs
复星医药	0.745	1	0.745	drs	新和成	0.557	0.561	0.993	drs
云天化	0.614	0.74	0.829	drs	海正药业	0.454	0.454	0.999	irs
九州通	0.795	0.932	0.853	drs	迈瑞医疗	0.78	0.8	0.975	drs
白云山	0.788	0.871	0.904	drs	国药股份	0.84	0.93	0.904	drs
海王生物	0.724	0.796	0.909	drs	天富能源	0.313	0.313	1	-
启迪环境	0.377	0.377	0.999	-	延安必康	0.445	0.445	0.999	irs
亿利洁能	0.473	0.489	0.966	drs	同仁堂	0.639	0.645	0.989	drs
辽宁成大	0.498	0.522	0.955	drs	中粮生化	0.615	0.636	0.966	drs
人福医药	0.466	0.486	0.959	drs	粤水电	0.468	0.468	0.999	irs
瑞康医药	0.737	0.805	0.915	drs	重药控股	0.8	0.857	0.934	drs
云南白药	0.705	0.762	0.926	drs	步长制药	0.611	0.613	0.997	drs
科伦药业	0.533	0.547	0.974	drs	东阳光	0.604	0.604	1	-
国药一致	0.327	0.33	0.991	drs	南京医药	0.818	0.888	0.921	drs
华邦健康	0.401	0.401	0.999	-	华东医药	0.872	0.977	0.892	drs
三聚环保	0.537	0.546	0.983	drs	梅花生物	0.609	0.609	1	-
中国医药	0.779	0.847	0.92	drs	大北农	0.665	0.695	0.958	drs
天士力	0.649	0.673	0.964	drs	华润三九	1	1	1	-
健康元	0.508	0.508	1	-	华北制药	0.496	0.496	0.999	irs
铁汉生态	0.41	0.41	0.998	irs	丽珠集团	0.54	0.541	0.999	-
吉林敖东	0.335	0.339	0.988	drs	现代制药	0.606	0.606	1	-
诚志股份	0.356	0.357	0.997	drs	美年健康	0.595	0.595	1	-
药明康德	0.658	0.661	0.995	drs	方大炭素	0.953	1	0.953	drs

irs表示规模报酬递增，drs表示规模报酬递减，-表示规模报酬不变。

Table 4 DEA evaluation results of small-scale listed companies
表4 小规模上市企业DEA评价结果

企业	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬	企业	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
华森制药	0.753	0.768	0.98	drs	海辰药业	0.851	0.859	0.991	drs
泰合健康	0.531	0.539	0.984	irs	万向德农	0.607	0.611	0.995	irs
第一医药	0.721	0.725	0.995	irs	龙津药业	0.531	0.549	0.968	irs
我武生物	1	1	1	-	黄山胶囊	0.586	0.588	0.997	irs
开开实业	0.685	0.691	0.992	irs	陇神戎发	0.54	0.544	0.994	irs
新天药业	0.712	0.717	0.993	irs	国发股份	0.465	0.47	0.989	irs
钱江生化	0.484	0.502	0.965	irs	药石科技	0.894	1	0.894	drs
蔚蓝生物	0.759	0.76	0.999	irs	易明医药	0.639	0.651	0.982	irs
九典制药	0.787	0.791	0.996	irs	赛隆药业	0.672	0.679	0.99	irs
四环生物	0.49	0.51	0.961	irs	万方发展	0.233	0.273	0.854	irs
沃华医药	0.722	0.728	0.991	irs	山河药辅	0.713	0.715	0.997	irs
宝莱特	0.781	0.782	0.998	irs	兴齐眼药	0.64	0.657	0.975	irs
戴维医疗	0.53	0.533	0.994	irs	爱朋医疗	0.956	0.981	0.975	drs
乐心医疗	0.746	0.755	0.989	irs	明德生物	1	1	1	-
广生堂	0.592	0.61	0.97	irs	博济医药	0.615	0.619	0.994	irs
南卫股份	0.614	0.625	0.983	irs	华信新材	0.702	0.705	0.997	drs
三鑫医疗	0.721	0.73	0.988	irs	大理药业	0.653	0.67	0.975	irs
新光药业	0.766	0.767	0.999	irs	正海生物	0.98	1	0.98	drs
艾德生物	0.754	0.796	0.948	drs	嘉应制药	0.769	0.775	0.992	irs
盘龙药业	0.675	0.681	0.991	irs	ST运盛	0.66	0.661	1	-
启迪古汉	0.406	0.411	0.989	irs	冠昊生物	0.736	0.74	0.995	irs
诚意药业	0.792	0.804	0.984	drs	天目药业	0.742	0.765	0.97	irs
威尔药业	0.847	0.88	0.962	drs	南华生物	0.583	0.589	0.99	irs
同和药业	0.543	0.547	0.993	irs	华塑控股	1	1	1	-
奥翔药业	0.611	0.614	0.995	irs	*ST金泰	1	1	1	-

irs表示规模报酬递增, drs表示规模报酬递减, -表示规模报酬不变。

3 结论与建议

本文构建生物产业上市企业绩效评估DEA模型,实证分析了全国370家生物产业上市企业的投入产出效率情况。根据评估结论,针对国内生物产业发展情况提出相应政策建议。

a. 优化生物产业结构,促进生物产业高质量发展。评估结果显示,全国生物产业上市企业平均综合技术效率为0.596,距离DEA有效还有40.4%的进步空间。大多数生物产业上市企业的综合技术效率有待提高,这与付秀梅等^[9]、周旭霞等^[10]采用小样本生物企业开展的DEA评估结果一致。因此,中国生物产业不仅要发展企业数量,更要注重企业质量。

b. 加强生物产业创新驱动,提供企业核心竞争力。中国生物产业上市企业投入利用率低,主要因素是纯技术效率普遍较低。对比国际大型生物技术上市公司,中国生物技术公司研发投入不高,2019年全球研发投入占比前十名的企业来自美国、欧洲和日本^[18]。在新一代信息技术和生物技术不断演进的背景下,中国生物产业的发展必须依靠核

心技术和研发能力,以基因工程、细胞工程、微生物工程、酶工程和蛋白质工程五大生物工程为核心,促进医学、农业、工业、能源等领域的生物技术研发。如医学领域的生物芯片、病毒生物技术、新型疫苗等技术,农业领域的生物源农药、肥料、饲料等技术,工业领域的生物材料、酶制剂等技术以及可再生生物质能源技术。通过科技创新增强企业核心竞争力,提高技术效率。

c. 建议调整生物产业企业规模。除陕西、云南等地上市企业之外,全国生物产业上市企业规模效率均在0.95以上;较大型生物产业上市企业的规模报酬多数为规模递减状态,而较小型生物产业上市企业多数处于规模递增状态。因此,建议较大型生物产业上市企业优化投入、减少冗余,较小型生物产业上市企业扩大规模。尤其是陕西、云南等地上市企业,除了增强企业管理水平和技术水平,也要注意调整企业规模、发挥好企业规模效应。

参 考 文 献

[1] 赵奚. 吉林省生物产业发展困境探析与突破. 科技和产业, 2020, 20(4):109-111
Zhao X. Science Technology and Industry, 2020, 20(4): 109-111

- [2] 白京羽,林晓锋,丁俊琦.我国生物产业发展现状及政策建议.中国科学院院刊,2020,**35**(8):1053-1060
Bai J Y, Lin X F, Ding J Q. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, **35**(8):1053-1060
- [3] 张沈生,李璇,张露露.沈阳高新区生物医药产业发展的问题与对策.辽宁经济,2020,**431**(2):66-67
Zhang S S, Li X, Zhang L L. Liaoning Economy, 2020, **431**(2):66-67
- [4] 韩如月.生物农药应用中存在的问题及对策.南方农机,2017,**48**(18):163
Han R Y. China Southern Agricultural Machinery, 2017, **48**(18):163
- [5] 周启微,张兰春,胡炜彦,等.云南省生物医药产业发展现状与问题研究.科技和产业,2020,**20**(3):173-177
Zhou Q W, Zhang L C, Hu W Y, *et al.* Science Technology and Industry, 2020, **20**(3):173-177
- [6] 潘炼峰,吴辰钟.我国生物能源产业发展中的问题及解决对策.经营与管理,2017(2):96-98
Pan L F, Wu C Z. Management and Administration, 2017(2):96-98
- [7] 李艾军.我国生物柴油产业存在问题与发展建议.精细与专用化学品,2019,**27**(6):1-5
Li A J. Status quo and development suggestions of biodiesel industry in China. Fine and Specialty Chemicals, 2019, **27**(6):1-5
- [8] 徐凯,孙利华.基于三阶段DEA模型的中国生物医药产业园区效率评价.中国新药杂志,2019,**28**(6):646-650
Xu K, Sun L H. Chinese Journal of New Drugs, 2019, **28**(6):646-650
- [9] 付秀梅,姜姗姗,苏丽荣.中国海洋生物医药产业投入产出效率研究——基于DEA模型.中国渔业经济,2017,**35**(5):16-24
Fu X M, Jiang S S, Su L R. Chinese Fisheries Economics, 2017, **35**(5):16-24
- [10] 周旭霞,韩丽峰,杨莲芬.科技投入产出效率及优化分析——以杭州生物医药产业为例.中共杭州市委党校学报,2014(6):78-84
Zhou X X, Han L F, Yang L F. Journal of the Party School of CPC Hangzhou, 2014(6):78-84
- [11] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. Eur J Opera Res, 1978, **2**(6):429-444
- [12] 严也舟,王歆尧.基于DEA模型的电子信息上市企业技术创新效率研究.科技与经济,2020,**33**(2):31-35
Yan Y Z, Wang X Y. Science Technology and Economy, 2020, **33**(2):31-35
- [13] 许金富,杨少雄,林建新.基于DEA-Tobit模型的长江经济带体育产业效率研究.福建师范大学学报(自然科学版),2020,**36**(3):107-116
Xu J F, Yang S X, Lin J X. Journal of Fujian Normal University (Natural Science Edition), 2020, **36**(3):107-116
- [14] 刘泽辉,秦紫妍,李华军.DEA视角下高新技术上市公司融资效率分析——以广东省为例.商业会计,2020(3):45-49
Liu Z H, Qin Z Y, Li H J. Commercial Accounting, 2020(3):45-49
- [15] 徐越.基于DEA模型的交通运输业上市公司投资效率实证研究.广西质量监督导报,2020(2):190-200
Xu Y. Guangxi Zhiliang Jiandu Daobao, 2020(2):190-200
- [16] 杨雅琴.我国环保行业上市公司经营效率的测度与评价——基于DEA-Malmquist模型的实证分析.经济师,2020(1):122-124
Yang Y Q. China Economist, 2020(1):122-124
- [17] 肖文,林高榜.政府支持研发管理与技术创新效率——基于中国工业行业的实证分析.管理世界,2014,**30**(4):71-80
Xiao W, Lin G B. Management World, 2014, **30**(4):71-80
- [18] Hernández H, Grassano N, Tübke A, *et al.* The 2019 EU industrial R&D investment scoreboard. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019: 62

Efficiency Evaluation of Listed Enterprises in China's Biological Industry Based on DEA Model

DING Jun-Qi^{1)*}, BAI Jing-Yu²⁾, LIN Xiao-Feng²⁾

¹⁾College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

²⁾Innovation Driven Development Center, National Development and Reform Commission, Beijing 100037, China)

Abstract Objective With the rapid development of the bio-industry, more and more biological enterprises, mainly biomedical enterprises, have emerged. How to promote the output efficiency of biological enterprises is the most concern of the government and enterprises themselves. **Methods** This paper constructs a DEA model to evaluate the input-output efficiency of 370 listed companies in China's biological industry. **Results** The research results show that the average comprehensive technical efficiency of listed companies in China's biological industry is 0.596, and there is still much room for improvement. **Conclusion** The main factor restricting the overall technical efficiency of listed companies in China's biological industry is pure technical efficiency. Large-scale listed biological companies should optimize investment and reduce redundancy, while smaller-scale listed biological companies need to expand their scale.

Key words biological industry, efficiency, DEA model, China

DOI: 10.16476/j.pibb.2020.0199

* Corresponding author.

Tel: 86-18800130057, E-mail: dingjunqi@cau.edu.cn

Received: June 18, 2020 Accepted: September 28, 2020