

基于DEA-SBM模型的我国快递公司运营效率评价

武华琛, 拉尼塔

天津商业大学管理学院, 天津

收稿日期: 2023年10月9日; 录用日期: 2023年11月10日; 发布日期: 2023年11月21日

摘要

本文应用DEA-SBM模型对快递公司的运营效率进行评价, 解决了因传统DEA模型径向和相同比例变化限制导致的高估快递公司运营效率值的问题, 得到相对更加科学客观的快递公司运营效率值。最后, 本文根据DEA-SBM模型的计算结果针对DEA无效的快递公司给出了投入指标和产出指标调整建议, 助快递公司改进自身运营效率。

关键词

DEA-SBM, 快递公司, 运营效率

Evaluation of China's Express Delivery Companies Operational Efficiencies Based on DEA-SBM Model

Huachen Wu, Nita La

School of Management, Tianjin University of Commerce, Tianjin

Received: Oct. 9th, 2023; accepted: Nov. 10th, 2023; published: Nov. 21st, 2023

Abstract

This paper applies the DEA-SBM model to evaluate the operational efficiencies of express delivery companies, solving the problem of overestimating the operational efficiencies of express delivery companies due to the limitations of traditional DEA models in radial and proportional

changes, and obtaining a relatively more scientific and objective operational efficiencies of express delivery companies. Finally, according to the calculation results of DEA-SBM model, this paper gives the input index and output index adjustment suggestions for DEA ineffective express delivery companies, which helps these express delivery companies to improve their operational efficiencies.

Keywords

DEA-SBM, Express Delivery Company, Operational Efficiency

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

新冠疫情过后,在电子商务行业蓬勃发展的带动下,我国快递行业逐步复苏。据国家邮政局发布数据显示,2023年1~8月快递业务量(不包含邮政集团包裹业务)累计完成814.6亿件,同比增长15.9%;快递业务收入累计完成7488.1亿元,同比增长10.7%。由此可见,我国快递行业呈现欣欣向荣的发展态势。在此背景下,各家快递公司的竞争也日趋激烈,如何准确地发现自身短板,并有针对性地优化改善,以高效地实现高质量发展,成为各快递公司亟待解决的问题。运行效率是衡量公司发展良好程度的重要指标之一[1]。对快递公司的运行效率进行评价,不仅可以衡量该公司的相对发展良好程度,而且可以找到公司投入指标或产出指标的改进方向,为公司优化投入产出配置,高效提高运行效率提供科学的决策依据。因此,对快递公司的运行效率进行评价具有一定的现实意义。

现有研究中,用于评价公司运行效率的方法主要为数据包络分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)。DEA是由Charnes等[2]提出的一种非参数方法,用于评估具有多投入指标多产出指标的同质决策单元(Decision Making Unit, DMU)的相对效率。DEA具有不需要预先设置生产函数和估计参数的优点[3],在旅游[4]、农业[5]和健康[6]等多个领域中得到广泛应用。传统DEA模型包括DEA-CCR模型和BCC模型,其特点是投入指标和产出指标需沿径向方向以相同比例变化。张晋萌和李琳娜[7]应用DEA-CCR模型和DEA-BCC模型对我国快递公司效率进行评价,并基于投影测度分析提出相关建议。黄硕[1]应用BCC模型对山东省快递业运营效率进行评价,并对山东省快递行业的发展提出合理相关建议。郭永芳和焦慧媛[8]使用DEA-CCR和DEA-BCC模型对我国上市快递企业经营效率进行评价,并提出相应建议,以提高快递企业的经营效率。上述研究为学者评价行业或公司的运行效率提供了很好的启示。

传统DEA模型因径向和相同比例变化的限制而未充分考虑投入指标和产出指标的松弛量,在评价决策单元的效率时可能出现高估效率值的问题[9][10]。为解决传统DEA模型这一问题,Tone[11]于2001年提出了基于松弛量模型(Slacks-Based Measure, SBM)。DEA-SBM模型基于非径向角度,不严格要求投入指标和产出指标以相同比例变化,全面考虑了决策单元投入指标和产出指标的松弛量,解决了传统DEA模型由于径向和相同比例变化的限制而未充分考虑投入指标和产出指标的松弛量所导致的评价偏差,所得到的评价结果相对更科学合理[10][12]。因此,DEA-SBM模型在环境[13]、教育[14]和创新[15]等领域得到了广泛应用。基于上述DEA-SBM模型的优势,本文采用其对我国7家上市快递公司的运

营效率进行评价, 以得到相对更为科学客观的运营效率结果。同时, 本文将根据运营效率结果提供合理建议, 为快递公司高效地进行高质量发展赋能。

2. 模型构建

2.1. DEA-CCR 模型

假设有 n 个同质决策单元, 各决策单元 $DMU_k (k=1,2,\dots,n)$ 存在 m 种投入指标和 w 种产出指标。 DMU_k 的第 i 项投入指标表示为 x_{ik} , 其权重表示为 v_{ik} ; 第 r 项产出指标表示为 y_{rk} , 其权重表示为 u_{rk} 。DEA-CCR 模型基于生产可能集规模收益不变的前提, 模型原理是每个决策单元都给出自己的最优权重, 以使自身效率最大化。 DMU_k 的相对效率是产出指标的加权和与投入指标的加权和的比值。 DMU_k 的 DEA-CCR 效率表示为 θ_k , DEA-CCR 模型如模型(1)所示。

$$\begin{aligned} \text{Max } \theta_k &= \frac{\sum_{r=1}^w u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}} \\ \text{s.t. } \frac{\sum_{r=1}^w u_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} &\leq 1, j=1,2,\dots,n \\ u_{rk} &\geq \varepsilon, r=1,2,\dots,w \\ v_{ik} &\geq \varepsilon, i=1,2,\dots,m \end{aligned} \tag{1}$$

其中, ε 为非阿基米德无穷小。模型(1)是非线性规划模型, 相对难求解。所以可以假设 $\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 1$, 基于 Charnes-Cooper 变换将其转化为如模型(2)所示的线性规划模型。

$$\begin{aligned} \text{Max } \theta_k &= \sum_{r=1}^w c_{rk} y_{rk} \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m d_{ik} x_{ik} &= 1 \\ \sum_{r=1}^w c_{rk} y_{rj} - \sum_{i=1}^m d_{ik} x_{ij} &\leq 0, j=1,2,\dots,n \\ c_{rk} &\geq \varepsilon, r=1,2,\dots,w \\ d_{ik} &\geq \varepsilon, i=1,2,\dots,m \end{aligned} \tag{2}$$

其中, d_{ik} 为第 i 项投入指标权重; c_{rk} 为第 r 项产出指标权重。模型(2)的对偶模型如模型(3)所示。

$$\begin{aligned} \text{Min } \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m p_i^- + \sum_{r=1}^w q_r^+ \right) \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + p_i^- &= \theta_k x_{ik}, i=1,2,\dots,m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - q_r^+ &= y_{rk}, r=1,2,\dots,w \\ \lambda_j &\geq 0, j=1,2,\dots,n \\ p_i^- &\geq 0, i=1,2,\dots,m \\ q_r^+ &\geq 0, r=1,2,\dots,w \end{aligned} \tag{3}$$

其中, p_i^- 为第 i 项投入指标的松弛量; q_r^+ 为第 r 项产出指标的松弛量; λ_j 是非负密度变量, 用于构建生产可能集[16]。

2.2. DEA-SBM 模型

DEA-SBM 模型中, 投入指标的松弛量表示为 s_{ik}^- , 产出指标的松弛量表示为 s_{rk}^+ 。 DMU_k 的 DEA-SBM 效率表示为 E_k 。DEA-SBM 模型如模型(4)所示。

$$\begin{aligned}
 \text{Min } E_k &= \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(1 - \frac{s_{ik}^-}{x_{ik}}\right)}{\frac{1}{w} \sum_{r=1}^w \left(1 + \frac{s_{rk}^+}{y_{rk}}\right)} \\
 \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &= x_{ik} - s_{ik}^-, i = 1, 2, \dots, m \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &= y_{rk} + s_{rk}^+, r = 1, 2, \dots, w \\
 s_{ik}^- &\geq 0, i = 1, 2, \dots, m \\
 s_{rk}^+ &\geq 0, r = 1, 2, \dots, w \\
 \lambda_j &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{4}$$

根据 Charnes-Cooper 变换, 对模型(4)中的变量进行转换, 令 $t_k = \frac{1}{\frac{1}{w} \sum_{r=1}^w \left(1 + \frac{s_{rk}^+}{y_{rk}}\right)}$, $t_{ik}^- = t_k s_{ik}^-$,

$t_{rk}^+ = t_k s_{rk}^+$, $\mu_j = t_k \lambda_j$, 然后得到 DEA-SBM 的线性规划模型, 如模型(5)所示。

$$\begin{aligned}
 \text{Min } E_k &= t_k - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{t_{ik}^-}{x_{ik}} \\
 \text{s.t. } t_k + \frac{1}{w} \sum_{r=1}^w \frac{t_{rk}^+}{y_{rk}} &= 1 \\
 \sum_{j=1}^n \mu_j x_{ij} &= t_k x_{ik} - t_{ik}^-, i = 1, 2, \dots, m \\
 \sum_{j=1}^n \mu_j y_{rj} &= t_k y_{rk} + t_{rk}^+, r = 1, 2, \dots, w \\
 \mu_j, t_{ik}^-, t_{rk}^+ &\geq 0
 \end{aligned} \tag{5}$$

根据 DEA-SBM 模型的计算结果可以计算各决策单元对应的前沿面参照点。其中, DMU_k 对应的前沿面投影点 $DMU_{k'}$ 的第 i 项投入指标表示为 $x_{ik'}$, 第 r 项产出指标表示为 $y_{rk'}$, 其具体计算如公式(6)和公式(7)所示。

$$x_{ik'} = \frac{t_k x_{ik} - t_{ik}^-}{t_k} \tag{6}$$

$$y_{rk'} = \frac{t_k y_{rk} + t_{rk}^+}{t_k} \tag{7}$$

2.3. 指标体系构建

本文对现有研究[1] [7] [8]进行梳理, 构建我国快递公司运营效率评价的指标体系, 如表 1 所示。各指标具体介绍如下。

Table 1. Evaluation index system for operational efficiencies of express delivery companies

表 1. 快递公司运营效率评价指标体系

指标类型	指标变量	指标名称
投入指标	x_1	固定资产(亿元)
	x_2	网点数量(个)
产出指标	y_1	业务量(亿)
	y_2	营业收入(亿元)

(一) 投入指标

1) 固定资产

我国快递公司的固定资产主要包括运输工具、分拣和包装设备、仓库、计算机设备、修理设备和信息系统等。快递公司固定资产的数量对快递公司的运营效率有直接影响[7]。

2) 网点数量

网点数量对快递公司的服务覆盖范围相关, 网点数量越多意味着服务覆盖范围越广泛。网点数量对快递公司的运营效率有直接影响, 一个快递公司的网点越多, 意味着该公司的运输网络越发达。

(二) 产出指标

1) 业务量

业务量指快递公司在一定时期内处理的快递件数, 其能够反映在该时期内快递公司的业务产出能力, 可以用来衡量快递公司的发展水平。

2) 营业收入

快递公司的营业收入与公司的业务量密切相关, 可以反映快递公司的盈利能力。

3. 实证分析

3.1. 基础数据

本文数据来源于张晋萌和李琳娜[7], 包括 7 家快递公司, 各公司具体的投入指标和产出指标数据如表 2 所示。

Table 2. Input and output indicator data of express delivery companies

表 2. 快递公司投入指标和产出指标数据

公司	投入指标		产出指标	
	x_1	x_2	y_1	y_2
公司 1	118.94	12,671	30.52	710.94
公司 2	29.4	37,713	50.64	199.82
公司 3	28.2	19,432	47.2	100.25
公司 4	12.95	24,000	38.98	126.57
公司 5	9.94	29,000	62.2	130.6
公司 6	0.0497	10,087	3.13	203.5
公司 7	12.02	24,000	37.7	199.9

3.2. 结果分析

3.2.1. 快递公司运营效率

本文借助 Matlab2016a 软件实现应用 DEA-SBM 模型评价 7 家快递公司的运营效率, 并将其与 DEA-CCR 模型评价的运营效率进行对比。DEA-CCR 模型和 DEA-SBM 模型的评价结果如表 3 所示。为直观地比较不同模型的评价结果, 将两种模型的评价数据用图 1 呈现。

Table 3. The operational efficiencies and ranking results of express delivery companies evaluated by DEA-CCR model and DEA-SBM model

表 3. DEA-CCR 模型和 DEA-SBM 模型评价的快递公司运营效率和排序结果

公司	DEA-CCR	DEA-SBM
	效率(排序)	效率(排序)
公司 1	1.000 (1)	1.000 (1)
公司 2	0.656 (4)	0.398 (4)
公司 3	1.000 (1)	1.000 (1)
公司 4	0.794 (3)	0.540 (3)
公司 5	1.000 (1)	1.000 (1)
公司 6	1.000 (1)	1.000 (1)
公司 7	0.898 (2)	0.692 (2)
平均值	0.907	0.804
有效公司数	4	4

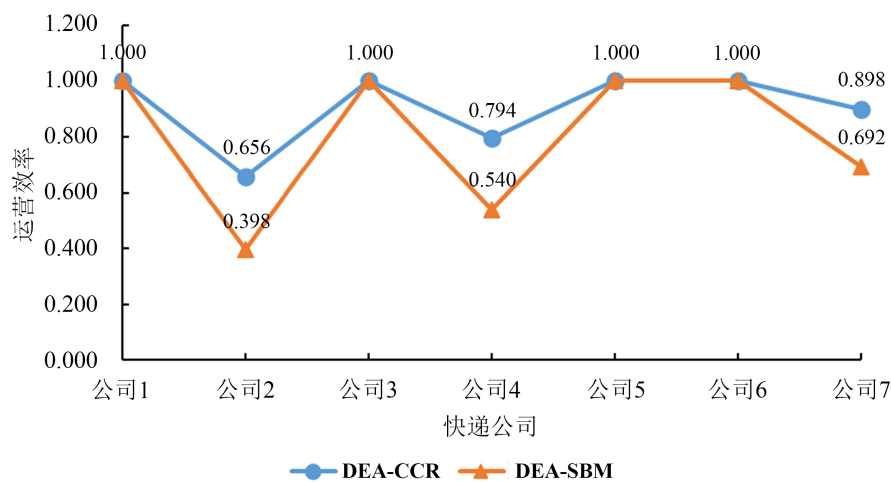


Figure 1. The operational efficiencies of express delivery companies evaluated by DEA-CCR model and DEA-SBM model

图 1. DEA-CCR 模型和 DEA-SBM 模型评价的快递公司运营效率

表 3 中 DEA-SBM 模型的评价结果显示, 快递公司 1、3、5 和 6 的运营效率最高, 为 1, 表明这些快递公司为 DEA 有效, 投入和产出配置合理, 实现了运营效率最大化。快递公司 2、4 和 7 的运营效率小于 1, 表明这些快递公司为 DEA 无效, 投入和产出配置不合理, 在一定程度上存在部分投入指标有冗余和产出指标较少的问题。其中快递公司 2 的运营效率最低, 为 0.398。根据表 3 结果可以看出, DEA-SBM 模型的评价结果的排序与 DEA-CCR 模型的评价结果的排序相同, 且二者评价的有效公司数相同, 但 DEA-SBM 模型所评快递公司效率的平均值 0.804 小于 DEA-CCR 模型所评快递公司效率的平均值 0.907。其原因是: DEA-SBM 模型克服了 DEA-CCR 模型因径向和相同比例变化的限制而未充分考虑投入指标和产出指标的松弛量, 在评价决策单元的效率时可能出现高估效率值的问题。

从图 1 可以看出, DEA-SBM 模型评价结果的整体趋势与 DEA-CCR 模型评价结果的整体趋势相同。具体地, 快递公司 1、3、5 和 6 的运营效率等于 1, 为 DEA 有效; 快递公司 2、4 和 7 的运营效率小于 1, 为 DEA 无效, 其原因是公司的投入产出配置不合理。但 DEA-SBM 模型评价的效率值普遍小于

DEA-CCR 模型评价的效率值, 这是由于 DEA-SBM 模型克服了 DEA-CCR 模型在评价决策单元的效率时可能出现高估效率值的问题。

3.2.2. 快递公司运营效率改进

本文应用 DEA-SBM 模型计算得到 7 家快递公司投入指标的冗余值和产出指标的缺少值, 具体数据如表 4 所示。

Table 4. Redundant values of input indicators and missing values of output indicators of express delivery companies
表 4. 各快递公司投入指标的冗余值和产出指标的缺少值

公司	投入指标冗余值		产出指标缺少值	
	s_1^-	s_2^-	s_1^+	s_2^+
公司 1	0	0	0	0
公司 2	0	228	22	0
公司 3	0	0	0	0
公司 4	0	88	7	0
公司 5	0	0	0	0
公司 6	0	0	0	0
公司 7	0	26	6	0

快递公司 1、3、5 和 6 运营效率为 1, 不需再调整投入指标和产出指标。根据表 4 可以看出, 快递公司 2、4 和 7 的运营效率低的主要影响因素为网点数量冗余和营业收入少。这 3 家快递公司的投入指标和产出指标的改进建议具体如下。

(一) 快递公司 2 应根据实际情况减少 228 个网点, 并可以通过减少成本等方式增加 22 亿元的营业收入, 从而改进自身运营效率, 达到 DEA 有效。

(二) 快递公司 4 应根据实际情况减少 88 个网点, 并可以通过减少成本等方式增加 7 亿元的营业收入, 从而改进自身运营效率, 达到 DEA 有效。

(三) 快递公司 7 应根据实际情况减少 26 个网点, 并可以通过减少成本等方式增加 6 亿元的营业收入, 从而改进自身运营效率, 达到 DEA 有效。

前沿面投影点为生产前沿面上的 DEA 有效决策单元。本文根据 DEA-SBM 模型计算得到 7 家快递公司对应的前沿面投影点。各前沿面投影点的投入指标和产出指标具体数据如表 5 所示。

Table 5. Input and output indicator data of corresponding frontier projection points for express delivery companies
表 5. 各快递公司对应的前沿面投影点的投入指标和产出指标数据

前沿面 投影点	投入指标		产出指标	
	x_1	x_2	y_1	y_2
公司 1	118.94	12,671	30.52	710.94
公司 2	7.36	37,713	50.64	428.22
公司 3	28.20	19,432	47.20	100.25
公司 4	5.93	24,000	38.98	214.83
公司 5	9.94	29,000	62.20	130.60
公司 6	0.05	10,087	3.13	203.50
公司 7	5.69	24,000	37.70	225.76

快递公司 1、3、5 和 6 与自身对应的前沿面投影点重合, 运营效率为 1。快递公司 2、4 和 7 根据上述改进建议调整投入指标和产出指标后, 运营效率可以达到表 5 中对应的前沿面投影点的运营效率水平。

4. 结论

本文应用 DEA-SBM 模型对我国快递公司的运营效率进行评价, 解决了 DEA-CCR 模型和 DEA-BCC 模型由于径向和相同比例变化的限制而未充分考虑投入指标和产出指标的松弛量所导致的高估快递公司运营效率的问题。此外, 本文根据 DEA-SBM 模型的计算结果针对 DEA 无效的快递公司给出了投入指标和产出指标调整建议, 助快递公司改进自身运营效率。但在评价快递公司效率时, 本文未考虑 DEA-SBM 模型的最优解不唯一性对评价结果的影响, 未来的研究可以考虑构建第二目标函数模型, 确定唯一的最优解, 以避免最优解不唯一性对评价结果产生影响, 进一步增强评价结果的客观性。

基金项目

天津市研究生科研创新项目资助(2022SKYZ308)。天津市大学生创新创业训练计划项目(202310069059)。

参考文献

- [1] 黄硕. 基于 DEA-BCC 模型的山东省快递业运营效率评价[J]. 商场现代化, 2021(10): 56-58.
- [2] Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978) Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operation Research*, 2, 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [3] Xiong, B., Zou, Y., An, Q., et al. (2022) Cross-Direction Environmental Performance Evaluation Based on Directional Distance Function in Data Envelopment Analysis. *Expert Systems with Applications*, 203, 117327. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117327>
- [4] 戴斯玮, 戴志敏. 旅游产业效率时空演变与影响因素研究——以长江经济带为例[J]. 调研世界, 2023(9): 71-79.
- [5] 王官伟, 戴明华, 高语晗, 等. 基于 DEA-Tobit 模型我国农产品流通效率评价及影响因素分析[J]. 北方园艺, 2023(17): 136-145.
- [6] 符佳玮, 冯薇, 舒燕. 我国省级健康服务效率的测度与区域差异分析——基于“健康中国”视角[J]. 中国卫生事业管理, 2023, 40(8): 561-566.
- [7] 张晋萌, 李琳娜. 基于 DEA 模型的我国快递公司效率评价[J]. 全国流通经济, 2019(1): 36-37.
- [8] 郭永芳, 焦慧媛. 基于 DEA 模型的我国上市快递企业经营效率研究[J]. 投资与创业, 2022, 33(4): 58-60.
- [9] 刘勇, 张俊飏, 张露. 基于 DEA-SBM 模型对不同稻作制度下我国水稻生产碳排放效率的分析[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(6): 177-186.
- [10] 任玉芬, 方文颖, 王雅晴, 等. 我国城市水资源利用效率分析[J]. 环境科学学报, 2020, 40(4): 1507-1516.
- [11] Tone, K. (2001) A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 130, 498-509. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5)
- [12] 袁永旭, 张亚飞, 马瑞敏, 等. 基于 SBM-Tobit 模型的在线健康社区知识交流效率研究[J]. 情报科学, 2021, 39(5): 106-114.
- [13] 张雪纯, 曹霞, 宋林壕. 中国减污降碳效率测度及影响因素研究——基于超效率 SBM-Tobit 模型[J]. 生态经济, 2023, 39(10): 174-183.
- [14] 王超, 蒋萍, 王丽蓉. 基于 DEA 分析法的湖南省高等教育经费使用效率评价研究[J]. 现代职业教育, 2023(27): 97-100.
- [15] 施雄天, 李博亚, 戴丽莉, 等. 我国高新技术产业创新效率测度及时空演化分析[J]. 技术与创新管理, 2023, 44(5): 541-551.
- [16] 李峰, 朱平, 梁樑, 等. 基于最近距离投影的 DEA 两阶段效率评价方法研究[J]. 中国管理科学, 2022, 30(10): 198-209.