

基于 DEA-Malmquist 的沿海港口转型升级测度及趋势研究

马 赛, 封学军, 蒋柳鹏, 王凯文

(河海大学港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:从港口全要素生产效率视角出发,采用 Malmquist 全要素生产率指数对传统数据包络分析 (DEA) 方法进行改进,克服了传统 DEA 方法不能处理不同时期面板数据的缺点,通过构建基于规模报酬可变的 DEA-Malmquist 模型,可以掌握港口转型升级程度及发展趋势。以山东沿海港口为实例,利用 DEA-Malmquist 模型进行分析,结果表明:山东省沿海港口的总体效率在 2014—2018 年整体呈上升趋势;各个港口发展并不平衡;全省港口的 Malmquist 生产力指数虽然受到了规模效率的制约,但仍呈上升趋势。最后,提出了山东沿海港口转型升级发展的对策建议。

关键词:沿海港口;转型升级;DEA;Malmquist 生产指数

中图分类号:F552 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-9511(2021)01-0020-05

我国经济的快速发展对港口行业的发展提出了更高的要求。针对港口的发展现状,我国政府提出了港口转型升级这一理念,这是我国沿海港口发展的必然趋势。但由于其具有鲜明的时代特征,相关的研究成果比较匮乏^[1]。为了推进我国港口的转型升级,实现港口的可持续健康发展,交通运输部于 2014 年发布了《交通运输部关于推进港口转型升级的指导意见》,而现阶段全国沿海港口正处于转型升级的重要时期,因此,如何明确界定港口转型升级所处阶段和水平成为当前的重要问题。以定量评估的方式研究我国沿海港口转型升级的效率测度,对中国沿海港口总结经验、巩固成果以及探索未来发展方向具有重要的意义。

港口转型升级的效率可以反映港口资源配置是否有效,同港口效率一样,是港口竞争力^[2]、经营管理水平^[3]和港口绩效^[4-6]的总体反应。近年来国内外学者普遍从港口生产效率视角采用数据包络分析 (DEA) 方法对港口效率进行评价。早期,基于 DEA 方法的港口效率评价多是将 CCR、BCC 两种传统模型直接引入。目前能检索到的最早运用 DEA 方法对港口效率进行测度的是 Martinez 等^[7]利用 BCC 模型对 26 个港口效率进行评价。国内的定量研究比国外早,刘大镛^[8]在 1994 年发表的论文中,运用

CCR 模型对交通运输部所属 16 个港口的经济效益进行了评价。之后,国内外使用 DEA 模型评价港口效率的研究逐渐增多,也逐渐拓展了规模收益可变的假定,后续有较多的研究使用 BCC 模型、CCR 模型与 BCC 模型结合。Hung 等^[9]将 CCR-DEA 和 BBC-DEA 方法用于研究亚洲集装箱港口的运作效率和规模效率,指出运用 DEA 方法评价港口效率有潜在优势,值得广泛关注。Chen 等^[10]运用两阶段数据包络分析 (DEA) 方法,选取 20 个集装箱港口城市数据,提出了一种新的方法来衡量不同港口城市系统的可持续发展能力。杨华龙等^[11]对 DEA 模型加以改进,选取集装箱港口的泊位长度、桥吊数量作为输入指标,测算我国集装箱港口的相对效率。

早期研究大都是基于横截面数据,即不考虑时间的变化,只比较同时期内的港口与其他港口的效率,输出的结果事实上属于静态效率,无法反映被评价单元的效率变化和稳定性。近年来,学者们开始引入动态数据评价。Al-Eraqi 等^[12]在评价世界主要集装箱港口的效率时比较了基于横截面数据静态 DEA 模型和 DEA 视窗模型,验证了该方法的优越性在于发现了效率变动的细节和原因。罗俊浩等^[13]采用 SBM-DEA 模型来评价 2005—2011 年中国 8 个集装箱港口的环境效率。刘名武等^[14]采用

基金项目:中央高校基本科研业务费专项(2018B654X14);国家自然科学基金青年科学基金(41401120)

作者简介:马赛(1996—),女,硕士研究生,主要从事水运经济规划与管理研究。E-mail:kdz04527018@126.com

通信作者:封学军(1975—),男,教授,博士,主要从事水运系统与物流工程研究。E-mail:fxj@hhu.edu.cn

DEA-Tobit 两阶段法研究长江中上游集装箱港口运营效率,并分析了影响集装箱港口运营效率的因素。

目前,还未有学者在转型升级视角下对港口效率进行测度分析。本文通过构建基于 BCC(规模报酬可变)的 DEA-Malmquist 投入指向模型,对我国沿海港口转型升级效率进行实证测度分析,为我国港口转型升级效率的提升进行有针对性的探索。

1 研究方法

生产效率的评价主要有非参数化方法 DEA 和参数化方法 SFA 两种,其区别主要在对于生产前沿面的估计。DEA 方法的主要思想是:根据决策单元的投入产出数据,借助数学规划方法来确定生产的前沿面。而各决策单元偏离 DEA 生产前沿面的程度则用来说明该方法的相对有效性。此方法由 Charnes 等^[15]于 1978 年首次提出,之后被广泛运用于多投入、多产出的分析中。

1.1 BCC-DEA 测度模型

规模报酬可变的 BCC-DEA 测度模型在解决多投入、多产出指标问题等方面具有优势,广泛应用于经济体效率评价、技术进步等方面。假设有 n 个决策单元 DMU,每个决策单元有 m 个输入以及 s 个输出,建立 BCC-DEA 模型如下:

$$\begin{cases} \text{Min } \theta_{\text{BCC}} \\ \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n x_i \lambda_i \leq \theta_{\text{BCC}} x_0 \\ \sum_{i=1}^n y_i \lambda_i \geq y_0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \\ \lambda_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \end{array} \right. \end{cases} \quad (1)$$

式中: θ 为效率指数; λ_i 为输入输出的权重; x_{ij} 为第 j 个决策单元的第 i 个输入指标; y_{ij} 为第 j 个决策单元的第 i 个输出指标;凸面条件为 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ 。

1.2 基于 DEA 模型的 Malmquist 法

1994 年, Fare 等^[16]将 Malmquist 全要素生产率指数分解为技术效率变化指数和技术水平变化指数两部分。技术效率变化指数度量了 $t+1$ 期相对 t 期的技术效率变化程度。其后, Fare 等把技术效率变化指数进一步分解为规模效率(S_E)与纯技术效率(P_E),即:

$$T_{EP} = E_{FF} T_E = P_E S_E T_E \quad (2)$$

式中: T_{EP} 为生产率变化指数,若 $T_{EP} > 1$,表示生产能力提高,若 $T_{EP} < 1$,则表示生产能力恶化; E_{FF} 为技术

效率变化指数; T_E 为技术水平变化指数。

1.3 DEA 视窗分析

Charnes 等^[17]于 1985 年提出了可以处理 DEA 面板数据的时间窗口分析方法(window analysis approach)。本文主要研究转型升级视角下港口效率测度,不仅要在全国各大港口以及山东省内各大港口进行内部横向静态比较,还要对同一港口不同年份间进行纵向动态比较,因此采用 DEA 视窗分析。

1.4 研究方法选取

由于沿海港口的公开数据只有总吞吐量、集装箱吞吐量、码头数量和岸线长度等数据,在数据相对匮乏的情况下基于 BCC-DEA 模型进行评价具有较高的准确性。因此选取 BCC-DEA 和 Malmquist 法相结合的投入指向模型对港口转型升级测度进行研究,同时在处理面板数据时采用视窗分析法,对港口转型升级的测度进行横向及纵向比较。

2 实证与结果分析

2.1 决策单元选择

为对山东省沿海港口的转型升级水平有一个客观的评价,从以下两个角度对山东省沿海港口转型升级的效率进行测度研究:

a. 将山东省与全国沿海省(市)港口情况进行对比,选取辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西等 10 个沿海省(市)作为决策单元,采用 2017 年、2018 年港口相关数据进行测度。

b. 对山东省七大港口进行对比,以青岛港、日照港、烟台港、威海港、潍坊港、滨州港、东营港七大港口为对象进行研究。

2.2 评价指标的选择

港口转型升级的目标可以大体概括为有效提升码头布局专业化、集约化程度,加强港口岸线资源保护与利用以及提升港口专业化、自动化程度等,评价港口转型升级的效率即评估港口专业化、集约化程度以及岸线利用与保护的程度等。一般而言,可以从资本、劳动、土地、员工数等角度反映某一港口的投入。其中,资本投入指标主要包括泊位数量、码头长度、起重机数量等。相比之下,单一港口的产出指标则以货物或集装箱吞吐量、港口利润等指标表征^[18]。考虑到泊位的数量与长度是衡量一个港口或码头规模的重要标志,直接决定了港口的生产能力,又鉴于样本数据的可得性,因此选择泊位数量和长度反应港口的投入,以集装箱吞吐量和货物吞吐量表征港口的产出。

2.3 数据样本

根据所选定的指标,查阅中国港口年鉴、山东省各港口相关统计数据,得到全国沿海省(市)港口泊位数量、泊位长度、货物吞吐量以及集装箱吞吐量等数据。

采用 Coelli 小组开发的 Deap2.1 软件首先对全国沿海 10 个省(市)港口和山东省内港口从投入角度进行规模效率、技术效率分析,然后通过 Malmquist 指数分析法进一步分解全国沿海省份港口和山东省内港口的全要素生产率指数,找到引起效率变化的原因。

2.4 效率分析

2.4.1 全国沿海 10 省(市)港口

采用 deap2.1 软件对全国沿海 10 个省(市)港口进行以投入为指向的 BCC-DEA 测算,得到各效率值如表 1 所示。

表 1 2017—2018 年全国沿海 10 省(市)港口效率

省(市)	2017 年			2018 年		
	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率
辽宁	0.921	0.929	0.856	0.949	0.917	0.870
河北	1.000	0.635	0.635	1.000	0.623	0.623
天津	0.861	0.891	0.767	0.827	0.903	0.747
山东	1.000	0.864	0.864	1.000	0.877	0.877
江苏	1.000	0.691	0.691	1.000	0.757	0.757
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
浙江	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
福建	0.509	0.996	0.507	0.502	0.998	0.501
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	0.547	0.369	0.202	0.694	0.847	0.588
均值	0.884	0.838	0.752	0.897	0.892	0.796

整体来看,2018 年全国沿海 10 省(市)综合效率较 2017 年小幅度上升,平均纯技术效率和平均规模效率均有所提高,使得港口与前沿界面港口之间的平均差距有所减小。我国沿海港口两个年度中,规模效率的平均值都略低于纯技术效率的平均值,即整体而言,规模效率低才是致使综合效率远离前沿界面的更主要因素。

根据各省市沿海综合效率情况,将其划分为 3 个级别。上海市、浙江省和广东省因综合效率值达到 1,属于高效率生产港口,定为一类港口;辽宁省、天津市和山东省 3 省(市)的沿海综合效率未达到前沿港口界面,属于中等效率生产港口,定为二类港口;而其余 4 个省份沿海综合效率相对较低,定为三类港口。

就山东省而言,属于所分的三类港口中,港口综合效率未达到前沿港口界面。山东省港口纯技术效率为 1,而规模效率小于 1,说明山东省港口本身的

技术效率没有投入需要减少、没有产出需要增加。而山东省港口的综合效率没有达到有效(1),是因为其规模效率和投入、产出不相匹配,需要增加规模或减少规模。究其原因,可能是山东省港口基础设施建设不足,产业集群规模较小。

2.4.2 山东省内沿海港口

对山东省内沿海港口采用投入指向的 BCC-DEA 视窗分析,数据选用 2014—2018 年青岛港、日照港、烟台港、威海港、潍坊港、滨州港、东营港 7 个港区的相关数据。根据相关文献,确定视窗宽度的方法为:当 t (样本期间) 为偶数时,视窗宽度 $W = (t+1)/2 \pm 1/2$; 当 t 为奇数时, $W = (t+1)/2$ 。因此,选取 3 年作为视窗宽度,则共有 3 个视窗,每个视窗包含 12 个决策单元。第 1 视窗为 W_1 (2014—2016 年),第 2 视窗为 W_2 (2015—2017 年),第 3 视窗为 W_3 (2016—2018 年)。分别对这 3 个视窗进行 DEA 效率测算,计算结果见表 2。

表 2 2014—2018 年山东沿海港口效率

港口	综合效率			平均值
	视窗 1 (2014— 2016 年)	视窗 2 (2015— 2017 年)	视窗 3 (2016— 2018 年)	
青岛港	1.000	1.000	1.000	1.000
日照港	1.000	1.000	1.000	1.000
烟台港	0.886	0.957	0.995	0.946
威海港	0.274	0.201	0.238	0.238
潍坊港	0.287	0.345	0.218	0.283
滨州港	0.526	0.573	0.340	0.480
东营港	0.266	0.247	0.268	0.260
窗口均值	0.606	0.618	0.580	0.601

由表 2 可以看出,2014—2018 年间青岛港和日照港的综合效率在全省港口中最高,且纯技术效率和规模有效,说明青岛港与日照港规模化、集约化程度比较高。烟台港次之,3 个视窗内的效率值分别是 0.886、0.957、0.995,呈上升趋势,逐渐趋近于 1,说明烟台港在 2014—2018 年的内部运营一直不断提升,内部运营效率稳定。其他 4 个港口在 3 个视窗下的效率值均不高,均值均低于 0.5,呈下降趋势,表明这 4 个港口的效率与转型升级水平亟待提高。

若以港口综合效率值表征山东省港口转型升级水平,从以上分析可知,青岛港、日照港处于山东省内港口转型升级的领先地位,存在问题最少,其他港口可能存在一些问题。

2.4.3 全要素生产率分析

运用 Malmquist 全要素生产率指数对效率进行分解,对山东省 7 个沿海港口在 2014—2018 年效率变动情况进行考察,研究其效率变动的源泉。计算

结果见表3和表4。

表3 2014—2018年山东沿海港口效率分年
Malmquist 指数及分解

年度	技术效率 变化指数	技术水平 变化指数	纯技术效率 变化指数	规模效率 变化指数	全要素生产 率变化指数
2014—2015	1.045	0.994	0.988	1.058	1.039
2015—2016	1.011	0.968	0.830	1.218	0.978
2016—2017	1.006	1.054	1.075	0.936	1.061
2017—2018	0.961	1.060	0.979	0.982	1.019
均值	1.014	1.019	0.968	1.048	1.034

表4 2014—2018年山东沿海港口效率分港口
Malmquist 指数及分解

港口	技术效率 变化指数	技术水平 变化指数	纯技术效率 变化指数	规模效率 变化指数	全要素生产率 变化指数
青岛港	1.023	1.056	1.023	1.000	1.080
日照港	1.015	1.028	1.015	1.000	1.043
烟台港	1.020	1.010	1.024	0.996	1.030
威海港	0.930	0.992	1.031	0.902	0.923
潍坊港	1.018	0.987	1.108	0.919	1.005
滨州港	0.965	0.967	1.000	0.965	0.933
东营港	1.012	0.986	1.007	1.005	0.998
均值	0.998	1.004	1.030	0.970	1.002

纵向分时期比较来看,2014—2018年全省全要素生产率变化指数为1.034,全省港口的生产保障能力呈上升趋势,总体增长率为3.4%。分阶段来看,2015—2016年全要素生产率变化指数小于1,其主要原因为技术水平的下降,说明该时期山东省港口业的技术水平没有进步,甚至有些许退步。其中,纯技术效率的下降导致了技术效率的下降,从而制约了全要素生产率的提高。2014—2018年纯技术效率变化指数小于1,均值为0.968,主要影响时期为2015—2016年,可以体现出这期间政府对山东省港口进行了大规模的投资,但是吞吐量并没有相应的上升。

横向分港口比较来看,全省沿海各港口中青岛港、日照港、烟台港以及滨州港在5年间全要素生产率均有上升趋势。青岛港的全要素生产率较其他港口增长较快,达到了8%,其中增长最快的为纯技术效率,因此青岛港的发展主要是得益于的技术进步。

从技术效率变化指数来看,山东省沿海港口技术效率小幅后退,其主要影响因素为规模效率。纯技术效率有效(大于1)而规模效率无效(小于1)是影响山东省沿海港口生产效率变化的重要原因。分港口来看,青岛港、日照港以及东营港受此影响不大;而其他几个港口的规模效率变化指数均小于1,说明就这几个港口而言,5年的投入、产出不相匹配,需要增加规模或减少规模。

从技术水平变化指数来看,全省沿海港口技术水平变化呈进步趋势,青岛港、日照港、烟台港的技术水平变化指数均大于1,说明5年山东省港口技术水平的升高将一些制度规则的影响抵消。

整体来看,山东省沿海港口在2014—2018年全要素生产率是上升的,变化指数均值为1.002,大于1,说明山东省港口的生产效率总体呈现变好趋势,但变好程度不大。

3 结论和建议

3.1 结论

本文通过构建基于规模报酬可变的DEA-Malmquist的港口转型升级模型,对山东省沿海港口转型升级效率进行实证测度分析,结果显示,山东省的沿海港口综合效率在全国视角下来看,还未达到前沿港口界面,属于中等效率生产港口。山东省内各大港口发展不平衡,其中青岛港与日照港发展最好,在3个视窗内效率值均达到1,而其他几个港口效率均低于0.5。通过对Malmquist全要素生产率指数的分析得出,山东省港口2014—2018年间全要素生产率指数不断增长,可能受到各个方面的制约,即受到国家的政策以及相关年份的经济环境等的影响。而山东省内各港口中,青岛港、日照港、烟台港以及滨州港全要素生产率均处于上升状态,其他港口全要素生产率下降主要是由于规模效率的降低导致技术效率的降低,说明这些港口的投入与产出不相匹配。

3.2 建议

首先,从全国视角来看,山东省应根据自身沿海港口的发展状况和区域经济社会条件来决定资源配置方式。未来几年内,每年港口投资的重点不应是新增港口产能,而是优化目前港口不平衡的结构。从长远来看,山东省需合理控制全省的港口岸线开发规模,确保规模效率的提升,在国家供给侧结构性改革和山东省港口转型升级关键期的大背景下,应转变资源配置方式,以达到港口转型升级的要求。

其次,从全省视角来看,应尽快开展省内港口资源整合。青岛港、日照港、烟台港发展情况较好,应明确各大港口各自的定位,形成错位竞争。青岛港拥有世界最先进的自动化集装箱码头,是大型集装箱核心港区;日照港是以煤炭、矿石等大宗干散货物运输为主的干散核心港区。应先完成三大港的国有资产整合,后继逐步完成全省港口整合。

第三,加强绿色港航、智慧港口建设。以青岛、日照、烟台港3个绿色港口为标杆,大力推进港口岸

电项目建设。落实《山东省港口码头污染防治方案》，加强船舶污染防治工作，提高港口污染防治能力，加强危险化学品港口作业和运输管理。与此同时，搭建智慧港口人工智能平台，提升服务水平。

参考文献:

[1] 王娇娇,封学军,蒋柳鹏. 基于 SEM 的港口转型升级影响因素研究[J]. 华东交通大学学报, 2018, 35(5): 52-59.

[2] ELSAYED A, KHALIL N S. Evaluate and analysis efficiency of Safaga Port using DEA-CCR, BCC and SBM models-comparison with DP World Sokhna[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, 245(4): 042033.

[3] WANKE P F. Physical infrastructure and shipment consolidation efficiency drivers in Brazilian ports: a two-stage network-DEA approach[J]. Transport Policy, 2013, 29(9): 145-153.

[4] 梁子宁. 大连港口转型升级发展战略研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2015.

[5] HUNG S W, LU W M, WANG T P. Benchmarking the operating efficiency of Asia container ports[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 203(3): 706-713.

[6] 曾嘉文. 香港国际航运中心的转型升级及其影响因素探析[D]. 广州: 暨南大学, 2013.

[7] MARTINEZ B E, DIAZ A R, NAVARRO I M, et al. A study of the efficiency of Spanish Port authorities using data envelopment analysis[J]. International Journal of Transport Economics, 1999, 26(2): 237-253.

[8] 刘大熔. 多指标体系的港口效率评价模型[J]. 上海海运学院学报, 1994(2): 1-8.

[9] HUNG S W, LU W M, WANG T P. Benchmarking the operating efficiency of Asia container ports[J]. European

Journal of Operational Research, 2010, 203(3): 706-713.

[10] CHEN C, LAM J S L. Sustainability and interactivity between cities and ports: a two-stage data envelopment analysis (DEA) approach[J]. Maritime Policy and Management, 2018, 45(7/8): 944-961.

[11] 杨华龙,任超,王清斌,等. 基于数据包络分析的集装箱港口绩效评价[J]. 大连海事大学学报, 2005(1): 51-54.

[12] AL-ERAQI A S, MUSTAFA A, KHADER A T. Efficiency of middle eastern and east African seaports: application of DEA using window analysis[J]. European Journal of Scientific Research, 2008, 23(4): 598-613.

[13] 罗俊浩,崔娥英,季建华. 考虑 CO₂ 排放的中国八大集装箱港口环境效率评价研究: 基于 SBM-DEA 模型[J]. 科技管理研究, 2014, 34(21): 66-69.

[14] 刘名武,王玄霜. 基于 DEA-Tobit 的长江中上游集装箱港口运营效率研究[J]. 数学的实践与认识, 2019, 49(14): 36-46.

[15] 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.

[16] FARE R, GROSSKOPF S, NORRIS M, et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries[J]. American Economic Review, 1994, 84(1): 66-83.

[17] CHARNES A, CLARK C T, COOPER C W, et al. A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U. S. air forces[J]. Annals of Operations Research, 1984, 2(1): 95-112.

[18] 张小蒂,邓娟. 中国港口效率测度及提升研究[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2013, 43(4): 39-51.

(收稿日期:2020-03-11 编辑:胡新宇)

(上接第 19 页)

[22] 周淑梅,武菁,王国贞. 华北平原农田生态系统服务评价及灌溉效益分析[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(9): 1360-1370.

[23] 倪红珍. 水经济价值与政策影响研究[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2007.

[24] 成波,李怀恩,徐梅梅. 渭河流域关中段工业用水效益分摊系数及效益的时空变化研究[J]. 西安理工大学学报, 2017, 33(1): 1-6.

[25] 冯晓晶,金科,梁忠民,等. 引江济太工程调水效益评估[J]. 水电能源科学, 2012, 30(6): 135-138.

(收稿日期:2020-03-24 编辑:陈玉国)

