

基于 DEA 模型的集装箱港口柔性服务效率评价

陈珊珊, 刘桂云*

(宁波大学 海运学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 随着集装箱港口竞争的日趋激烈, 港口柔性服务需求明显, 对柔性服务效率的评价就显得至关重要. 本文利用投入-产出型 DEA 模型对我国沿海 14 个集装箱港口柔性服务效率进行分析, 对比找出非 DEA 有效港, 进行敏感度分析, 并进一步对影响各港口柔性服务效率的敏感因素进行排序, 最终在此基础上提出相应的改进措施.

关键词: DEA 模型; 集装箱港口; 柔性服务效率

中图分类号: U691

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2016) 03-0128-05

随着全球贸易一体化的发展, 国际间贸易量不断增加, 集装箱海运运输量增长迅速, 推动了集装箱港口的迅速发展. 同时, 集装箱港口所面临的竞争环境不确定性增加, 市场竞争也日益激烈, 因此针对客户个性化、多样化需求的增加, 需逐步采取柔性服务策略. 很多的大型集装箱码头均注重提高柔性服务水平, 诸如提供个性化、差异化服务等, 一些学者也对此进行了研究^[1-2]. 但是针对柔性服务效率问题关注较少, 也没有针对性的评价方法, 亟需进行相关研究.

关于港口效率和绩效的评价方法, 很多学者使用的是 DEA 方法(Data Envelopment Analysis, 数据包络分析). Itoh^[3]利用 DEA 方法研究了日本 1990~1999 年间 8 个国际性集装箱港口的效率变化; Lin 等^[4]运用 5 个 DEA 模型对亚洲的集装箱港口绩效水平进行了研究和评价; 张宇^[5]从投入产出视角出发, 采用主成分分析法与 DEA 模型相结合的方法构建了我国港口技术效率指标评价体系; 罗俊浩等^[6]使用 DEA 两阶段法对 2003~2009 年中国主要的 8 个集装箱港口的效率进行了评价, 同时分析了影响这些港口效率的环境因素.

港口柔性服务效率通过对港口内柔性相关服务成本投入与柔性服务产出的性能进行评价, 目

的是尽可能使活动获得最大的效益. 因此, DEA 模型能够满足“相对柔性评价”的需求, 一方面是对某一范围内受关注的港口柔性服务效率测度值与本港口柔性服务效率测度值的比较, 即港口柔性服务效率的横向比较; 另一方面是对本港口在不同时期内柔性服务效率测度值的比较, 即港口柔性服务效率的纵向比较.

1 DEA 模型

DEA 模型最初由 Charnes 等^[7]于 1978 年提出, 随后被大量地运用到多投入多产出的分析中. DEA 模型基本原理是对一组决策单元的投入及产出数据进行非参数估计, 得到其有效生产面, 从而识别出有效决策单元, 并根据其他决策单元与有效决策单元间的偏离度, 得到其他决策单元的相对效率. DEA 模型评价时, 无需事先确定各评价指标的权重, 可以纯粹基于观察到的数据进行计算评价, 因此可以减少确定各指标权重的主观性.

DEA 模型的一个经典模型是 BCC 模型. BCC 模型是以产出为主要对象, 使用对偶模型能计算并分析各决策单元的产出量合适与否, 同时可以给出各决策单元投入量和产出量的调整方案. 在对偶规划中分别引入松弛变量 s^- 和剩余变量 s^+ ,

收稿日期: 2015-08-10.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.g.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省软科学项目 (2015C25039); 宁波市自然科学基金 (2016A610074).

第一作者: 陈珊珊 (1992-), 女, 浙江台州人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 港口管理. E-mail: 1198230563@qq.com

*通信作者: 刘桂云 (1972-), 女, 满族, 辽宁鞍山人, 博士/教授, 主要研究方向: 港口和物流管理. E-mail: liuguiyun@nbu.edu.cn

得到最终的规划模型:

$$\begin{aligned} \max \delta &= V_D \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s^- &= x_{j_0}, \\ \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - s^+ &= \delta y_{j_0}, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j &\geq 0, j=1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

式中, x_j 和 y_j 分别为第 j 个决策单元的输入量与输出量; λ_j 为第 j 个决策单元的权重; x_{j_0} 和 y_{j_0} 为评价单元的输入、输出量; δ 表示纯技术效率值; s^- 和 s^+ 为松弛变量. 若 $\delta=1$ 且 $s^- = s^+ = 0$, 说明决策单元 j_0 为 DEA 有效, 即在评价系统中, 保持输入不变, 其输出也不会增加; 若 $\delta=1$ 且 $s^- \neq 0$ 或 $s^+ \neq 0$ 时, 则决策单元为弱 DEA 有效, 也就是可以在缩减部分输入的情况下仍可保持输出不变, 或者在维持输入不变的情况下仍可增加少量输出; 若 $\delta < 1$, 则决策单元为非 DEA 有效, 可调整所有的输入变量为原输入变量的 δ 倍, 而维持总输出的不变.

2 集装箱港口柔性服务效率的 DEA 分析

2.1 评价目的

集装箱港口柔性服务效率在学术界并没有明确的定义, 刘桂云等^[8]指出港口柔性能力是指港口对外部环境反应和适应的能力, 并体现其能动改变外部环境的意图和效果. 结合该定义, 笔者认为可将集装箱港口柔性服务效率概括为集装箱港口对环境的反应性、适应性、改造性和集装箱港口发展中稳定性方面的服务投入产出比, 具体包括集装箱港口投入的设施设备、场地和人力等资源, 以及采取的泊位调度方式等能否换来多服务类别的产出和吞吐量的提升, 即提高服务的投入和产出比率, 满足客户在物流、商务、信息、金融等综合服务类别方面个性化、多样化的服务需求. 集装箱港口在进行柔性服务效率测度与评价时, 关心的是某一范围内受关注港口的柔性服务效率测度值与本港口的柔性服务效率测度值的比较, 以及港口在不同时期柔性服务效率测度值的比较, 通过比较来发现差距与不足, 从而促使集装箱港口不断提高柔性服务效率. 而评价多个具有相同类型样本之间的“相对优劣程度”可以利用 DEA 方法.

2.2 决策变量

在确定决策变量时, 一般要求决策变量的类型一致. 一方面是目标和功能一致, 另一方面是输入指标和输出指标一致. 因此, 在进行集装箱港口柔性服务效率的横向比较时, 要选择同一范围内受其关注的集装箱港口; 在进行纵向比较时, 应该选择本港口所关注的不同时期.

2.3 输入/输出指标体系

集装箱港口运营过程中存在多种不确定性因素, 主要包括经济和市场环境的不确定性、客户需求的不确定性、船舶抵港时间随机延误、计划外船舶临时靠泊、堆场出口箱进场时间不确定性、提箱次序的不确定性等. 由此可知, 集装箱港口是个具有随机性特征的服务系统, 应从柔性服务成本和柔性服务水平来衡量集装箱港口的柔性服务效率, 即将集装箱港口的柔性服务投入成本作为 DEA 模型的输入指标, 柔性服务水平为输出指标.

集装箱港口柔性服务成本是指集装箱港口为维持正常生产服务和应对不确定性、随机性等所提供的服务方式和港口资源, 主要包括集装箱港口采取的靠泊方式、集装箱港口的码头长度、岸吊和场吊数量、堆场面积和员工数量等, 因此可将这些指标作为柔性服务效率的输入指标.

(1)靠泊方式. 集装箱港口是否采用连续泊位的靠泊方式对于集装箱港口的柔性服务效率具有一定影响. 连续泊位情况下, 集装箱港口在同一时间内挂靠船舶的数量可存在一定弹性, 能够更加有效地处理不确定因素造成的船舶挂靠问题, 提高集装箱港口的柔性服务效率.

(2)码头长度. 集装箱港口岸线资源是其正常运营和提供柔性化服务的基础性资源. 经济和市场环境的不确定性、恶劣天气、机械故障、管理不善和客户特殊要求等都可能造成集装箱港口服务的不确定性. 连续泊位情况下, 码头长度通过影响集装箱港口同一时间停靠船舶数量来影响其应对不确定性变化的能力, 进而影响柔性服务效率.

(3)岸吊和场吊数量. 装卸、搬运是衔接运输、仓储的中间环节, 在集装箱港口运作中出现频率很高, 因此在应对变化时, 装卸、搬运的柔性高低成为影响柔性服务能力和客户满意度的关键. 集装箱港口的装卸、搬运工作主要通过集装箱港口提

供的岸吊和场吊来实现,因此岸吊和场吊数量是影响集装箱港口提供柔性服务效率的重要因素。

(4)堆场面积. 集装箱港口堆场是集装箱港口提供柔性化服务的重要场所,在集装箱港口中所占比重较大,重要性较强。陆域集疏运环节故障或进出口商计划变动易引起堆场进出口箱的到箱及提箱次序的不确定性。堆场主要通过影响进出口箱的堆放位置和堆放层数来影响集装箱港口的柔性服务能力,进而影响集装箱港口柔性服务效率。

(5)员工数量. 人力资源是集装箱港口最重要的资源。人员数量的可调配性对集装箱港口应对环境变化具有重要作用。员工数量越多,在发生突发事件时,可调配的人力资源越丰富,越能满足集装箱港口的柔性化需求。因此,员工数量是影响集装箱港口柔性服务效率的重要指标。

柔性服务水平主要是通过客户的满意度来衡量,具体体现在集装箱港口所提供的服务类别的数量是否多样化,能否满足不同客户的个性化需求,因此将集装箱港口可提供的服务类别作为输出指标,同时考虑到柔性的一致性,将集装箱码头的吞吐量也作为柔性服务效率的输出指标。

故本文将泊位靠泊方式、码头长度、岸吊和场吊数量、堆场面积及员工数量作为输入指标,将航运服务类别和集装箱码头吞吐量作为输出指标。

2.4 DEA-BCC 双目标模型

由于考虑生产可能集满足锥性可能存在偏差,因此选择 DEA 模型中的 BCC 模型。从投入角度评价决策单元相对效率的 DEA-BCC 模型如下:

$$\begin{aligned} & \min \theta, \\ & \text{s.t.} \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s^- = \theta x_{j_0}, \\ & \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - s^+ = y_{j_0}, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\ & s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n. \end{aligned}$$

相应地,从产出角度评价决策单元相对效率的 DEA-BCC 模型如下:

$$\begin{aligned} & \max \delta, \\ & \text{s.t.} \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s^- = x_{j_0}, \\ & \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - s^+ = \delta y_{j_0}, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\ & s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n. \end{aligned}$$

以上 2 个 DEA 模型是基于投入或基于产出的单一的指标来评价决策单元的相对效率,并对非 DEA 有效的决策单元进行排序。对于同一个决策单元,运用 2 个模型计算的相对效率可能不同,因此不能准确地判定非 DEA 有效决策单元优劣情况。所以,本文参照李光金^[9]评价相对效率的投入-产出型 DEA 对模型进行优化处理,同时考虑投入和产出,得出双目标规划模型。对双目标规划模型进行线性规划处理后,得到如下模型:

$$\begin{aligned} & \max(\delta - \theta), \\ & \text{s.t.} \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s^- = \theta x_{j_0}, 0 < \theta \leq 1, \\ & \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - s^+ = \delta y_{j_0}, \delta \geq 1, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\ & s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n. \end{aligned}$$

如果该模型的最优解存在,且 $\lambda^0 = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T, \delta^0, \theta^0$, 则定义 $\eta = \theta^0 / \delta^0$, 上式不仅反映了最大的产出,也考虑了最小的投入,因此使得描述决策单元的投入产出效率更加客观、真实。

3 案例分析

3.1 数据来源

案例主要是为了对集装箱港口的柔性服务效率进行横向评价,因此选取的是某个时间截面的数据。文中选取中国沿海 14 个集装箱港口作为研究对象,分别记为 A 港、B 港、C 港、D 港、E 港、F 港、G 港、H 港、I 港、K...M 港和 N 港。以 2013 年各港口具有代表性的集装箱码头数据作为研究样本,统计数据见表 1。

3.2 评价结果

3.2.1 相对效率评价

笔者运用 DEAP 2.1 软件求解投入型和产出型 DEA-BCC 模型相对效率,用线性规划求解投入-产出型 DEA 模型的相对效率。14 个港口的柔性服务效率的求解结果见表 2。

从表 2 的相对效率分析结果可知:

(1)除了 A 港等处于相对有效的 10 个集装箱港口之外,投入型和产出型 DEA-BCC 模型的柔性服务效率评价结果存在明显差异;

表 1 各沿海港口相应的指标数据

港口	泊位靠泊方式	码头长度/m	岸桥和场吊数/台	堆场面积/万 m ²	员工数/个	航运服务类别	集装箱/万标箱
A 港	10	680	32	40	683	5	180
B 港	10	1 846	61	59	828	7	348
C 港	5	2 300	94	180	980	6	370
D 港	10	730	33	24	692	5	90
E 港	10	3 400	145	225	1 800	5	610
F 港	10	844	58	40	839	5	170
G 港	10	1 700	47	45	664	5	322
H 港	5	3 000	159	149	2 050	8	735
I 港	5	1 258	97	70	850	5	380
J 港	10	2 494	40	84	688	5	148
K 港	5	6 838	204	196	2 665	6	641
L 港	5	2 100	94	143	1 068	6	450
M 港	5	4 090	138	113	2 208	7	428
N 港	5	3 687	275	91	2 002	10	655

注: 数据源于各集装箱码头公司官网及相关统计年鉴。泊位靠泊方式中, 5 表示连续泊位靠泊, 10 表示非连续泊位靠泊; 航运服务类别中, 可提供服务种类最多的 I 港赋值 10, 其余港口给予相对的赋值。

表 2 相对效率分析结果

港口	投入型 DEA- BCC 相对效率	产出型 DEA- BCC 相对效率	投入-产出型 DEA 相对效率
A 港	1.000	1.000	1.000
B 港	1.000	1.000	1.000
C 港	1.000	1.000	1.000
D 港	1.000	1.000	1.000
E 港	0.900	0.921	0.849
F 港	0.933	0.949	1.000
G 港	1.000	1.000	1.000
H 港	1.000	1.000	1.000
I 港	1.000	1.000	1.000
J 港	0.988	0.968	0.948
K 港	1.000	0.872	1.000
L 港	1.000	1.000	1.000
M 港	1.000	1.000	1.000
N 港	1.000	1.000	1.000

(2)比较 E 港和 K 港的评价结果, 可以发现投入型 DEA-BCC 模型与投入-产出型 DEA 模型的评价结果更接近; 比较 F 港和 J 港的评价结果, 可发现产出型 DEA-BCC 模型的评价结果与投入-产出型 DEA 模型的评价结果更接近。即从投入角度和产出角度测算集装箱港口柔性服务效率存在不一致性, 也无法判定哪种模型的计算结果更加可靠;

(3)投入-产出型 DEA 模型既考虑了扩大产出, 也考虑了减少投入, 更能反映集装箱港口的综合效率。因此用投入-产出型 DEA 模型的相对效率对非 DEA 有效的港口柔性服务效率进行排序更合理;

(4)从投入-产出型 DEA 模型的相对效率可知, A 港、B 港和 C 港等 12 个港口柔性服务效率为弱 DEA 有效。E 港和 J 港为非 DEA 有效, 这 2 个港口柔性服务的相对效率关系为 J 港>E 港, 即 J 港的柔性服务效率要优于 E 港。

3.2.2 敏感性分析

集装箱港口柔性服务效率的敏感性分析是考虑非 DEA 有效的港口中各输入变量对输出结果的影响程度, 找出非 DEA 有效的主要原因, 提出改进建议。通过将非 DEA 有效的 E 港和 J 港的 5 个投入变量逐个与产出进行组合, 运用上述投入-产出型 DEA 模型运算, 所得结果见表 3。

根据表 3 的敏感度分析可知:

(1)对于 E 港而言, 员工数量对其柔性服务效率的影响最大, 其次为岸桥和场吊数量、码头长度、泊位靠泊方式和堆场面积。因此, E 港可优先从员工数量、岸桥和场吊数量和码头长度 3 个方面考虑来提高集装箱港口的柔性服务效率, 同时可以考虑采用连续靠泊方式和适当减少堆场面积;

(2)对于 J 港而言, 员工数量、岸桥和场吊数量

表3 敏感性分析

港口	泊位靠泊方式	码头长度/m	岸桥和场吊数量/台	堆场面积/万 m ²	员工数量/个
E 港	0.461	0.594	0.618	0.378	0.699
J 港	0.278	0.273	0.821	0.352	0.861

对其柔性服务效率的影响很大,堆场面积次之,泊位靠泊方式和码头长度对于其柔性服务效率的影响相对较弱。因此,J港应首先从员工数量、岸桥和场吊数量 2 个方面考虑来提高集装箱港口柔性服务效率,其次考虑堆场面积因素,最后可以考虑泊位靠泊方式和码头长度。

4 结语

利用改进的 DEA 模型(即投入-产出型 DEA 模型)分析了我国沿海 14 个集装箱港口柔性服务效率,比较并得到非 DEA 有效港口的排序。通过对非 DEA 有效港口的敏感度分析,发现影响各港口柔性服务效率的敏感因子。据此,给出相应的措施建议,以提高港口的柔性服务效率,增强其在沿海集装箱港口中的竞争力。

参考文献:

- [1] 刘桂云,真虹,赵丹.港口功能的演变机制研究[J].浙江学刊,2008(1):183-186.
- [2] 刘桂云.柔性化港口的构建[J].水运管理,2011,33(12):20-23.
- [3] ITOH H. Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of data envelopment analysis[J]. Review of Urban & Regional Development Studies, 2002, 14(2):133-152.
- [4] LIN L C, TSENG C C C. Operational performance evaluation of major container ports in the Asia-Pacific region[J]. Maritime Potty & Management, 2007, 34(6): 535-551.
- [5] 张宇.基于 DEA 模型的港口技术效率探析[J].电子测试,2013(11):214-215.
- [6] 罗俊浩,崔娥英,季建华,等.基于 DEA-TOBIT 两阶段法的集装箱港口效率及效率影响因素研究[J].科技管理研究,2013,33(5):236-239.
- [7] 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.
- [8] 刘桂云,真虹.港口柔性评价[J].浙江大学学报(理学版),2009,36(3):358-364.
- [9] 李光金.评价相对效率的投入——产出型 DEA[J].管理科学学报,2001(4):58-62.

Evaluation of Flexible Service Efficiency of Container Ports Based on DEA

CHEN Shan-shan, LIU Gui-yun*

(School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The demand of container port's flexible service has been increasing significantly with growing intensive competition, which brings the need of evaluation of flexible service efficiency. In this article, the input-output type of DEA model is used to analyze the flexible service efficiency for up to 14 container ports in China and to identify the non-efficient ports through comparison. The sensitivity of DEA non-efficient port is analyzed, with the sensitive factors of flexible service efficiency being ordered and some measures for improvment being proposed.

Key words: DEA model; container port; flexible service efficiency

(责任编辑 章践立)