

文章编号:1005-0523(2017)06-0082-08

基于 DEA 方法的我国机场运行效率评价

王俊丹,曾小舟,冯琳

(南京航空航天大学民航学院,江苏南京 211106)

摘要:采用数据包络分析(DEA)方法中的 BCC 模型、Malmquist 生产力指数分别从静态、动态角度全面评价机场的运行效率。重点分析我国 2015 年旅客吞吐量在 1 000 万人次以上机场的业务量和机场基础设施之间的效率关系。研究发现,我国机场的运行效率整体较好,综合技术效率均值达到 0.898;但是部分机场基础设施运行效率不高,相对效率只有 0.585,这些机场存在基础设施资源投入不合理的现象。通过对机场基础设施运行效率的评价,可以了解机场的运行效率水平,并针对性的指出了机场效率的改进方向,同时可以作为机场科学进行改扩建的建议。

关键词:数据包络分析;效率;机场运行;相对有效性

中图分类号:F560.6;[U-9]

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2017.06.010

随着我国民航运输的快速发展,机场吞吐量每年以 10% 的速度增加。许多机场特别是吞吐量在 1 000 万人次以上的机场大部分都面临着基础设施不足需要改扩建的问题。正确判断机场运行效率水平和效率区间,都能为机场运行效率的提高以及机场选择合适的时机进行改扩建提供科学的决策。

DEA 方法是效率评价方法中非参数方法的典型代表,不需要事先构造具体的函数形式,能够很好地处理多投入和多产出问题,已被广泛应用于评价非盈利机构如机场、医院、和学校等的运行效率^[1]。

国外使用 DEA 方法评价机场效率的研究工作相对较早,开始于 20 世纪 90 年代,目前在这方面的研究已较为成熟,也取得了大量有价值的研究成果。1997 年, Gillen 等人在评价美国 21 家主要机场的生产经营效率时采用了 DEA 方法,这是在机场效率评价中首次使用了 DEA 模型^[2]。2002 年, Fernandes 研究了 35 个巴西机场的运行效率问题,对机场的空侧效率和路侧效率分别进行了研究^[3]。2004 年, Joseph 第一次从纵向和横向的角度分析机场的运营效率,将不同时间和不同机场作为两个维度进行了分析^[4]。2016 年, Mustafa Lsa Dogan 等人利用 BCC 模型、Malmquist 生产力指数评价土耳其 21 家主要机场的运营效率和生产力,同时结合 Simar-Wilson 双引导回归分析解释机场效率的变化^[5]。相较国外而言,国内关于机场运行效率的研究起步较晚,开始于上世纪 80 年代,目前的研究也并不深入,运用 DEA 方法来评估机场的运行效率就更少了。2006 年, 都业富等采用 DEA 方法并选取财务指标来分析评价我国不同类别机场的运行效率情况^[6]。2008 年, 李琦等结合 DEA 方法、财务分析、聚类分析方法,通过量化机场各类运行指标建立评价指标体系,并从机场运行和机场经营状况两个部分来评价机场的运营效率^[7]。2010 年,曾小舟等使用 DEA 方法测算可变要素和不变要素对机场运行效率的影响^[8]。2014 年,张炜娜等在使用 DEA 方法评价机场运营效率时将机场噪声作为效率评价指标^[9]。

在此基础上,利用 DEA 方法中的 BCC 模型和 Malmquist 生产力指数同时从静态和动态两个角度分析机场的业务量和机场基础设施之间的效率关系,以全面了解机场的运行状态。对机场进行运行效率进行评价时采用了 2015 年的数据,保证了评价结果的时效性,能够科学指导机场选择改扩建的时机。

收稿日期:2017-06-28

作者简介:王俊丹(1993—),女,硕士研究生,民航经济性分析。

通讯作者:曾小舟(1965—),男,副教授,主要研究方向为民航经济性分析。

1 模型构建及评价指标选取

1.1 DEA 方法及模型介绍

DEA 方法是由查尔斯、库伯和罗兹等人提出的用于对相同类型的单位进行相对有效性评价的一种方法。DEA 方法经过不断的拓展和完善,产生了许多经典的模型,如 CCR 模型、BCC 模型、FG 模型、ST 模型^[10]。DEA 模型有投入导向型和产出导向型,投入导向型是通过最小化投入但保持产出不变,产出导向型是通过最大化产出但维持投入不变。考虑到机场在现有投入要素的条件下,相较于缩减管理和技术等的投入而言,增加产出量是比较合理的,因此使用基于产出的 BCC 模型。根据 BCC 模型计算出结果可以了解机场横向的、静态的生产效率,但是无法了解跨时期机场效率变化情况,缺少机场在不同时期生产力的变动情况,需要采用 Malmquist 指数(MPI)从纵向分析机场的效率变化情况。

1.1.1 BCC 模型

假设有 n 个机场, DMU_j 代表第 j 个机场,每个机场有 m 种投入和 s 种产出, DMU_j 的投入向量和产出向量分别用 x_j 和 y_j 表示。

BCC 模型如下:

$$\begin{aligned} \max \quad & \theta \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j \in J} X_j \lambda_j + S^- = X_0 \\ & \sum_{j \in J} Y_j \lambda_j + S^+ = \theta Y_0 \\ & \sum_{j \in J} \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j \in J \\ & S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{aligned}$$

其中: θ 为效率指数; S^- 为投入松弛变量; S^+ 为产出松弛变量。

当 θ 等于 1 且 S^- 和 S^+ 都为 0 时,决策单元则被视为有效的 BCC 决策单元。否则,为无效的 BCC 决策单元。

1.1.2 MPI 指数分析方法

MPI 可表示为

$$M_0(X^t, Y^t, X^{t+1}, Y^{t+1}) = \left[\frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \times \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

其中: $\frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)}$ 表示 $t+1$ 时期的生产力指数; $\frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)}$ 表示 t 时期的生产力指数。

MPI 还可以表示成

$$M_0(X^t, Y^t, X^{t+1}, Y^{t+1}) = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \times \left[\frac{D_0^t(X^t, Y^t)}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \times \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

其中: $\frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)}$ 可用于衡量综合技术效率变动(TEC)的情况; $\left[\frac{D_0^t(X^t, Y^t)}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \times \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$ 可用于衡量生产和管理技术是否进步了(TE)。

TEC 可以进一步分解为纯技术效率变动(PTEC)和规模效率变动(SEC)2 部分, Malmquist 生产力指数最终表示为

$$MPI = PTEC \times SEC \times TE$$

表 1 给出了变动值取值范围表示的含义。

表 1 各变动值取值范围的含义
Tab.1 The meaning of each variable value scope

变动值	>1	<1
<i>MPI</i>	生产力得到了改善	生产力处于衰退状态
<i>TEC</i>	综合技术效率得到改善	决策单元的效率恶化
<i>TE</i>	决策单元的技术进步	决策单元的技术退步
<i>PTEC</i>	纯技术效率得到改善	纯技术效率恶化
<i>SEC</i>	规模效率得到改善	规模效率恶化

1.2 评价指标选取

在机场整体运行过程中,导致机场运行效率低下的因素有很多,大体上可把影响机场运行效率的因素归纳如表 2。

表 2 影响机场运行效率的因素
Tab.2 Factors influencing the efficiency of airport operation

影响因素	相关说明
基础设施	陆侧 进出场道路条数、停车位数量、候机楼面积、货运区面积、值机柜台数、行李转盘数、登机门数、安检通道数等
	空侧 跑道条数、跑道长度、滑行道条数、滑行道长度、停机位数量、空中交通管制等
技术条件	进出港流程设计、跑道滑行道布局、航站区布局等
人力资源	员工数量、员工素质、员工学历等
规模大小	规模不足、适度超前、规模过大
竞争因素	邻近区域对客货量的分流

结合影响机场运行效率的因素和指标选取原则,在数据可获取性的基础上考虑到研究目的是分析机场基础设施资源和机场业务量之间的关系,把越小越好且和机场设施资源相关的指标作为投入指标,越大越好且能反应机场的业务量的指标作为产出指标。选取能反应机场基础设施资源的投入情况的机场跑道条数、航站楼面积、货运库面积和停机位数量作为投入指标;将能反应机场业务量水平的旅客吞吐量、货邮吞吐量和起降架次作为产出指标。

2 我国机场运行效率评价结果及分析

2.1 评价样本

选取 2015 年机场旅客吞吐量在 1 000 万人次以上的机场作为样本机场,共有 26 个。样本机场的旅客吞吐量、货邮吞吐量分别占全国总量的 85.66%和 91.06%,且这 26 个机场包含了我国具有重要战略地位的 8 大区域性枢纽机场以及绝大部分省会城市,在我国运输机场中具有相当重要的地位。在评价机场运行效率时从静态、动态 2 个方面进行,考虑到研究结果的时效性,横向研究选取 2015 年的数据,纵向研究选取 2010 年至 2015 年的数据。

2.2 基于 BCC 模型的静态评价结果及分析

收集样本机场的投入产出数据,使用 DEAP2.1 软件进行求解。表 3 列出了 BCC 模型的计算结果,包括综合效率,纯技术效率,规模效率和规模报酬状态。

表3 BCC 模型计算结果
Tab.3 Results of BCC model

机场	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬	机场	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
北京	1.000	1.000	1.000	不变	长沙	1.000	1.000	1.000	不变
浦东	1.000	1.000	1.000	不变	乌鲁木齐	0.902	0.912	0.989	递增
广州	1.000	1.000	1.000	不变	青岛	1.000	1.000	1.000	不变
成都	0.897	0.910	0.985	递增	郑州	1.000	1.000	1.000	不变
深圳	1.000	1.000	1.000	不变	三亚	0.908	1.000	0.908	递增
虹桥	1.000	1.000	1.000	不变	海口	0.793	0.862	0.920	递增
昆明	0.952	0.952	1.000	不变	天津	0.718	0.755	0.951	递增
西安	1.000	1.000	1.000	不变	大连	0.841	1.000	0.841	递增
重庆	0.897	0.900	0.997	递减	哈尔滨	1.000	1.000	1.000	不变
杭州	0.711	0.733	0.970	递减	贵阳	0.778	0.815	0.955	递增
厦门	1.000	1.000	1.000	不变	沈阳	0.590	0.623	0.946	递增
南京	0.585	0.585	0.999	不变	福州	0.824	1.000	0.824	递增
武汉	0.950	0.953	0.997	递增	南宁	1.000	1.000	1.000	不变

各效率状况机场数、综合无效机场原因统计如表 4 所示。

表 4 各效率状况机场数
Tab.4 The number of airports in efficiency

各效率状况		规模报酬状态			合计
		递增	递减	不变	
综合效率	有效	0	0	12	12
	无效	12	2	0	14
纯技术效率	有效	3	0	12	15
	无效	7	2	2	11
规模效率	有效	0	0	14	14
	无效	10	2	0	12

2.2.1 纯技术效率分析

纯技术效率值为 1 时,则表示该机场的纯技术效率有效,该机场和其他机场相比,获得同样多的产出只需要较少的投入,或是投入相同的资源能获得较大的产出。由表 3 和表 4 可知,达到纯技术效率有效的机场有 15 家,这类机场的经营管理水平较高,在给定基础设施资源的条件下能够获得较好的产出效果。昆明、成都、重庆、杭州、南京、武汉、乌鲁木齐、海口、天津、贵阳、沈阳机场纯技术效率值小于 1,说明这些机场在现有的技术条件和运行管理水平下,投入相同的资源仅获得较少的产出,机场设施资源的利用率还有可提高的空间;在目前需求状态下,这类机场设施资源冗余,机场运行管理水平较低,近期内,机场并不适合进行改扩建;改善这类机场的运行效率,应从提高机场运行管理水平和改善机场技术条件入手,通过合理利用资源增加产出。

2.2.2 规模效率分析

规模效率值为 1 时,说明该机场规模效率有效,即机这些机场的资源规模和投入、产出相互匹配,对资源规模的利用效率已经达到最优,机场经营是在最佳规模下进行的,根据表 3 和表 4 可知,这类机场共有 13 家。

规模效率值小于 1 的机场有 13 家,为三亚、大连、福州、成都、重庆、杭州、南京、武汉、乌鲁木齐、海口、天津、贵阳、沈阳机场,这些机场设施资源投入不合理,其投入、产出和机场规模不相匹配,规模的利用效率还有可以改进的空间,可以通过合理配置基础设施资源的投入来提高机场运行效率。这 13 家机场中,三亚、大连、福州、成都、南京、武汉、乌鲁木齐、海口、天津、贵阳、沈阳机场处于规模报酬递增状态,这些机场具有较强的发展潜力,在现有的技术投入、管理水平条件下,增加资源的投入并合理利用可以使得机场业务量的增长比例高于基础设施资源的增长比例。机场可通过改扩建增加机场基础设施资源投入使得机场在最合适的规模下运行,从而提高机场的运行效率。重庆和杭州机场处于规模递减状态,机场增加机场基础设施资源的投入不会带来更大的产出,会造成资源的严重浪费,应该努力提高机场经营管理水平,扩大产出。

2.2.3 综合效率分析

机场运行效率与纯技术效率和规模效率有关,只有纯技术效率和规模效率都有效即相对效率值为 1 时,机场的综合效率才是有效的。根据表 3 可知,综合效率有效的机场有 12 家,分别是北京、上海浦东、广州、深圳、上海虹桥、西安、厦门、长沙、青岛、郑州、哈尔滨和南宁机场,相对于其他机场,这 12 个机场基础设施资源投入合理,利用充分,机场运行管理具有较高的水平。

根据表 3 和表 4,综合效率无效的 14 家机场中,昆明机场综合效率无效是来自于纯技术效率的原因,机场效率的改善应参考纯技术效率机场运行效率改善建议。三亚、大连、福州机场综合效率无效是由于其规模无效,且这 3 家机场呈现规模报酬递增状态,提高机场运行效率增加机场设施资源投入。成都、重庆、杭州、南京、武汉、乌鲁木齐、海口、天津、贵阳、沈阳机场综合无效是纯技术无效和规模无效的双重作用。提高运行效率应考虑两个方面,一是提高机场的技术条件和管理运营水平,改善机场基础设施资源的利用率;二是从机场规模方面入手,适当调整机场基础设施资源的投入,使得机场在最佳规模下运行。

根据效率评价结果还可以计算出,全部机场的纯技术效率均值达到了 0.923,规模效率均值 0.972,综合技术效率均值 0.898。总体而言,我国机场运行效率整体处于一个较高的水平状态,但是机场经营管理水平还有可改善的空间,机场资源配置还未处于最优的状态。

2.3 效率优化

根据前面的分析,可以了解各机场的运行状态,通过计算各非 DEA 有效机场达到最优效率时的投入产出组合,可从定量角度了解各无效机场与高效机场之间的“距离”。考虑到机场在现有投入要素的条件下,相较于缩减基础设施资源等的投入而言,增加产出量是比较合理的,因此使用产出导向的 BCC 模型计算出各个机场的目标值,进而计算出调整比例,如表 5 所示。该调整比例和机场业务量增长比例相比,可反映机场以目前投入的基础设施资源和高效运行条件下可满足机场多长时间内的航空运输需求。

根据表 5 可知各 DEA 无效机场需要进行产出方面的具体调整比例,以成都和南京机场为例进行说明。在现有技术条件和经营管理水平下,成都机场现投入的基础设施资源还能提供多于目前 9.86%、68.51%、12.62% 的旅客吞吐量、货邮吞吐量、起降架次,对比成都机场旅客吞吐量、货邮吞吐量、起降架次年均增长率可知,货邮方面还可满足近期内的需求,应重点关注影响旅客吞吐量和飞机起降架次的有关因素,增加这方面的相关资源投入。南京机场可提供多于目前 93.69%、190.59%、70.97% 的旅客吞吐量、货邮吞吐量、起降架次,在现有基础设施资源的供给能力和高效运行水平条件下能够满足未来较长时期内的航空运输需求,大约在未来 9 年内机场不需进行改扩建。

2.4 基于 Malmquist 生产力指数的动态评价结果及分析

收集样本机场 2010 年至 2015 年的投入产出数据,使用 DEAP2.1 软件计算出 2010 年至 2015 年机场的生产力平均变化情况,分析结果如表 6 和表 7 所示。

表 5 非DEA 有效的机场优化调整比例

Tab.5 Non-DEA effective airport optimization adjustment ratio

%

机场	旅客吞吐量 调整比例	货邮吞吐量 调整比例	起降架次 调整比例	旅客吞吐量 年均增长率	货邮吞吐量 年均增长率	起降架次 年均增长率
成都	9.86	68.51	12.62	11	7.02	7.52
昆明	11.69	184.87	4.99	12.23	5.62	9.95
重庆	13.01	199.87	11.16	15.02	9.55	11.61
杭州	50.10	130.18	36.45	11.47	11.23	9.65
南京	93.69	190.59	70.97	10.07	8.72	7.91
武汉	9.38	80.72	4.93	9.02	7.27	6.53
乌鲁木齐	9.65	49.57	9.65	19.25	12.8	15.55
三亚	0.00	0.00	0.00	—	—	—
海口	16.04	132.28	32.51	11.68	9.87	9.95
天津	37.63	32.52	32.52	16.62	4.88	9.23
大连	0.00	0.00	0.00	—	—	—
贵阳	25.50	215.77	22.73	15.25	9.37	12.82
沈阳	60.49	60.49	68.45	9.32	4.03	6.88
福州	0.00	0.00	0.00	—	—	—

表 6 2010 年至 2015 年机场 Malmquist 生产力指数

Tab.6 Malmquist productivity index of airport from 2010 to 2015

机场	TEC	TC	PTEC	SEC	MPI	机场	TEC	TC	PTEC	SEC	MPI
北京	1.019	1.096	1.019	1.000	1.117	长沙	1.000	0.920	1.000	1.000	0.920
浦东	1.000	1.156	1.000	1.000	1.156	乌鲁木齐	1.041	1.000	1.043	0.999	1.042
广州	1.003	1.155	1.003	1.000	1.158	青岛	1.000	1.042	1.000	1.000	1.042
成都	1.016	1.063	1.019	0.997	1.080	郑州	1.016	1.048	1.015	1.002	1.065
深圳	1.012	1.095	1.012	1.000	1.108	三亚	0.999	1.030	1.019	0.981	1.029
虹桥	1.000	1.011	1.000	1.000	1.011	海口	0.955	1.065	0.971	0.984	1.017
昆明	0.992	0.944	0.992	1.000	0.937	天津	0.936	0.930	0.945	0.990	0.871
西安	1.011	1.106	1.011	1.000	1.119	大连	0.978	1.119	1.013	0.966	1.095
重庆	0.998	1.031	0.999	0.999	1.029	哈尔滨	1.000	1.115	1.000	1.000	1.115
杭州	0.981	0.999	0.987	0.994	0.980	贵阳	0.971	1.064	0.980	0.991	1.033
厦门	1.029	1.011	1.029	1.000	1.040	沈阳	0.929	1.076	0.940	0.989	1.000
南京	0.940	1.046	0.939	1.002	0.983	福州	0.983	1.064	1.022	0.962	1.046
武汉	1.032	1.011	1.033	0.999	0.999	南宁	1.000	1.120	1.000	1.000	1.120

表 7 2010 年至 2014 年样本机场 Malmquist 生产力指数结果
Tab.7 Results of Malmquist productivity index of sample airport from 2010 to 2014

年份	TEC	TC	PTEC	SEC	MPI
2011	0.980	1.063	1.008	0.972	1.042
2012	0.958	1.057	0.955	1.033	1.012
2013	1.027	1.407	1.059	0.970	1.445
2014	0.932	0.858	0.953	0.978	0.800
2015	1.077	0.936	1.025	1.051	1.008
均值	0.994	1.049	0.999	0.994	1.042

分析结果给出了各组成成分对全要素生产率变化的贡献。根据表 6 的评价结果,2010 年至 2015 年期间,Malmquist 生产力指数大于 1 的机场有 19 家,说明这些机场的运行效率在此期间有实质性的改善,然而有 7 家机场的 Malmquist 生产力指数小于或等于 1,机场运行效率出现下滑趋势。以北京机场为例进行分析,其 MPI 为 1.117,机场 2010 年至 2015 年生产率呈现进步状态,TC 值和 TEC 值均大于 1,增长率分别为 1.9%和 9.6%,机场生产率进步是由于综合技术效率的提高、生产和管理技术的进步两方面的作用,且技术变化对生产率变化起了主要贡献。根据表 7,2010 年至 2015 年我国机场 Malmquist 生产力指数呈现波动状态,均值为 1.042,由此可知我国机场生产力水平整体上呈现波动式增长,机场业务量的增长主要依赖生产和经营管理技术的进步。

3 结论

采用 DEA 方法中的 BCC 模型和 Malmquist 生产力指数从静态和动态角度全面评价我国 2015 年旅客吞吐量在 1 000 万人次以上的机场的运行效率。研究结果表明,我国机场的运行效率整体较好,综合技术效率均值达到 0.898;由于机场实际经营管理水平较低,相对效率只有 0.585,部分机场运行效率不高,存在基础设施资源利用不足现象,而且经营管理水平提升速度缓慢,存在较大的效率改善空间。我国机场大规模处于规模报酬递增阶段,机场具有较强的发展潜力,可以通过改扩建机场实现机场业务量的有效提升。同时,近年来,由于机场越来越注重生产和经营管理技术在机场运行中的作用,使得我国机场生产效率呈现波动式增长。

参考文献:

- [1] 段永瑞. 数据包络分析——理论与应用[M]. 上海:上海科学普及出版社,2006.
- [2] GILLEN D, LALL A. Developing measures of airport productivity and performance:an application of data envelopment analysis[J]. Transportation Research Part E, 1997(4): 121-125.
- [3] FERNANDES E. Efficient use of airport capacity[J]. TranspnRes A, 2002, 36(12): 225-238.
- [4] JOSEPH S. Performance based clustering for benchmarking of US airports[J]. Transpn Res A, 2004, 38(8): 329-346.
- [5] MUSTAFA L D, ASIR G. An evaluation of the operational efficiency of turkish airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index:2009-2014 case[J]. Transportation Policy, 2016:92-104.

- [6] 都业富,朱新华,冯敏. DEA 方法在中国民用机场评价中的应用研究[J]. 中国民航大学学报,2006,12(4):21-25.
- [7] 李琦,夏洪山,胡华清. 机场运营效率评价方法研究[D]. 南京:南京航空航天大学民航学院,2008.
- [8] 曾小舟,江可申,唐笑笑. 基于 DEA 方法的我国机场不变生产要素利用率分析[J]. 价格月刊,2010,4(395):80-82.
- [9] 张炜娜,徐月芳. 基于数据包络分析的我国机场效率分析[D]. 南京:南京航空航天大学,2014.
- [10] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京:科学出版社,2004:75.

Evaluation of Airport Operation Efficiency Based on DEA Method

Wang Jundan, Zeng Xiaozhou, Feng Lin

(College of Civil Aviation, Nanjing university of aeronautics and astronautics, Nanjing 211106, China)

Abstract: This paper adopted BCC model and Malmquist productivity index from data envelopment analysis (DEA) method to evaluate horizontally and vertically the airport operation efficiency. It mainly evaluated airports with more than 10 million passenger throughput in 2015 in China by analyzing the efficient relationship between the volume of business and airport infrastructures. The study found that operating efficiencies of airports with more than 10 million passenger throughput in 2015 in China are basically good with the mean value of comprehensive technical efficiency reaching 0.898. The operating efficiency of airport infrastructures of some airports is not high with the relative efficiency being only 0.585, which has been caused by unreasonable resource investments of airport infrastructures. Through the empirical analysis of airport operating efficiency, it finds out the operation efficiency of the airports and points out the improvement direction of the airport efficiency, which at the same time can be served as scientific guidance for the airport reconstruction.

Key words: data envelopment analysis; efficiency; airport operation; relative effectiveness

(责任编辑 姜红贵)