

文章编号: 1674-8190(2021)04-090-09

亚洲 10 大枢纽机场运营绩效预测研究

王占伟¹, 赵明明¹, 李华星²

(1. 滨州学院 机场学院, 滨州 256603)

(2. 西北工业大学 航空学院, 西安 710072)

摘要: 提高机场未来运营绩效是可持续发展的关键, 对其进行准确预测是改善机场运营绩效的基础。考虑到突发事件的影响, 单纯定量预测存在预测失真问题, 本文采用定性定量结合分析法预测亚洲 10 大枢纽机场“十四五”期间的运营绩效, 对比灰色模型定量分析法和 ARIMA 模型的预测结果, 并对机场运营绩效预测结果进行分析。结果表明: 灰色模型定量分析法比 ARIMA 模型更适合预测机场运营绩效; 与实际统计值相比, 灰色模型预测的误差都小于 4%, 预测精度较好; 采用定性定量结合分析法得到了机场未来运营绩效预测的结果, 比单纯定量预测更符合实际情况。

关键词: 枢纽机场; 运营绩效; 预测; 灰色模型; ARIMA 模型; 定性定量结合分析法

中图分类号: V351

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2021.04.10

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on Operational Performance Forecast of 10 Asian Hub Airports

WANG Zhanwei¹, ZHAO Mingming¹, LI Huaxing²

(1. Airport College, Binzhou University, Binzhou 256603, China)

(2. School of Aeronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Improving future airport operational performance is the key to airport sustainable development, and its accurate forecast is the basis for improving the airport operational performance. Considering the impact of emergency events, the quantitative forecast alone has the problem of forecast distortion, so a combination method of quantitative and qualitative analysis is used to forecast the operational performance of 10 Asian hub airports during the 14th 5-Year. The forecast results of grey model quantitative analysis method and ARIMA model are compared. The airport operational performance forecast results are analyzed. The results show that the grey model quantitative analysis method is more suitable to forecast airport performance than ARIMA model. Comparing the actual statistic values, the forecast errors of grey model are less than 4%, which has better forecast results. Using the combination method of quantitative and qualitative analysis, the forecast results of airport future operational performance are obtained, which is more in line with the actual situation than the simple quantitative forecast.

Key words: hub airport; operational performance; forecast; grey model; ARIMA model; combination method of qualitative and quantitative analysis

收稿日期: 2021-04-19; 修回日期: 2021-07-04

通信作者: 李华星, hxli@nwpu.edu.cn

引用格式: 王占伟, 赵明明, 李华星. 亚洲 10 大枢纽机场运营绩效预测研究[J]. 航空工程进展, 2021, 12(4): 90-98.

WANG Zhanwei, ZHAO Mingming, LI Huaxing. Study on operational performance forecast of 10 Asian hub airports[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2021, 12(4): 90-98. (in Chinese)

0 引言

全球特别是亚洲地区的经济近年来发展迅速,在提升本地区航空运输产业发展的同时,也造成各机场之间激烈竞争的局面^[1-3],为了应对这种局面,许多机场都在进行新建或改扩建,例如,2019年,北京大兴机场开通运行4条跑道,2040年前规划新建3条跑道。运营绩效是机场运营状态的核心指标,提高机场的未来运营绩效,是机场可持续发展的关键,对其进行准确预测,是改善机场运营绩效的基础。为了制定相应的战略满足航空运输市场的需求,机场公司需要进行航空运输需求的预测,除了各大机场,还有国际民航组织(ICAO)、国际航空运输协会(IATA)、联邦航空管理局(FAA)、波音公司(Boeing)、空客公司(Airbus)和中国商飞(COMAC)等都十分重视航空运输需求预测。

很多研究者对机场运营绩效进行预测研究。陈太林等^[4]将灰色理论应用于机场航空业务量的预测,提出了灰色模型的预测方法,并指出该方法理论先进,预测结果较为可靠,具有一定的应用价值;林小平等^[5]利用灰色理论,建立了成都双流机场货邮吞吐量的预测模型,通过实际数据与预测结果的比较,证明灰色模型对于双流机场货邮吞吐量的预测具备可行性,同时具有较高的精度;A. Ahmed等^[6]提出了用于机场短期需求预测的时间序列模型,该模型对外界不同因素如何影响机场活动水平做出了评估;B. C. B. Rafael等^[7]提出了一种改进的灰色模型,用于预测航空运输旅客需求的增长,并用美国国内航空运输的数据对灰色模型和提出的模型表现进行了比较;H. K. T. Wai等^[8]运用Box-Jenkins季节ARIMA模型和ARIMAX模型对香港国际机场旅客吞吐量进行预测,并预测2015年机场旅客吞吐量的增长趋势;陈玉宝等^[9]采用组合加权法对首都机场2012—2016年的旅客吞吐量进行预测,发现组合预测法能够提高预测的准确性,减少预测误差;杨新涅等^[10]采用指数平滑模型、灰色模型、线性趋势外推法三种组

合方法对未来珠三角地区特征年民航客运量和货运量进行预测;Wang Zhanwei等^[11]采用灰色模型定量分析法对亚洲12个机场的运营绩效进行了预测,利用2014—2017年的统计数据来预测2018—2021年的运营绩效。但由于突发新冠肺炎严重冲击,导致2020、2021年的预测值失真严重,另外上述研究对机场的运营绩效指标包含不够全面,除参考文献[11]之外,其余文献只考虑了航空服务绩效或机场财务绩效。

本文研究的机场运营绩效指标包括航空服务绩效和机场财务绩效,其中,航空服务绩效包含两个子指标:旅客吞吐量和货邮吞吐量,机场财务绩效包含两个子指标:机场整体收益和机场净收入。考虑到突发事件定量预测造成的失真问题,本文采用定性和定量相结合的方法对10大样本机场运营绩效进行预测。

1 机场运营绩效预测方法

1.1 灰色模型

灰色模型是建立在灰色理论基础之上的,需要原始的预测参数序列^[5]。在建立灰色模型GM(1,1)之前,要做两种检验:准光滑性检验和准指数检验,如果这两种检验都通过,则可以建立灰色模型GM(1,1)对参数进行预测,否则要对原始数据进行对数等转换之后再行检验,具体检验和预测流程见参考文献[11-12]。

1.2 ARIMA模型

自回归综合移动平均值(ARIMA)模型提供了一种时间序列预测方法,旨在描述数据中的自相关^[13]。在多元回归模型中,使用预测因子的线性组合预测变量,在自回归模型中,使用变量过去值的线性组合预测变量。“自回归”表明它是变量对自身的回归。移动平均模型不是使用回归中预测变量的过去值,而是使用类似回归模型的过去预测误差^[13]。如果将差分模型与自回归模型和移动平均模型相结合,就得到一个非季节性ARIMA

模型。

任何随时间顺序观察到的对象都是一个时间序列。在预测时间序列数据时,目的是估计观测序列将如何继续。在描述 ARIMA 模型中的时间序列时,使用了诸如“趋势”和“季节性”等需要更仔细定义的术语。当数据长期减少或增加时,就会出现一种趋势,因此序列不必是线性的。有时将趋势称为“变化的方向”,即它可能从增加的趋势变为减少的趋势^[13]。正如相关性是度量两个变量之间线性关系的程度一样,自相关性是度量时间序列的滞后值之间的线性关系。

1.3 评估定量预测模型的精确性

为了评估定量预测模型的精确性,需要对预测值进行检验,根据实际值和预测值的大小,计算残差和相对误差。

预测误差值为预测值与实际值在对应时间的差值,即:

$$e_k = x_k - \hat{x}_k \quad (1)$$

式中: e_k 为在时间 k 的预测误差值; x_k 为在时间 k 的实际值; \hat{x}_k 为在时间 k 的预测值。

预测误差值在一定程度上可以反映出预测模型的成功与否。在本文中,采用两种测量方法来测量预测模型的精度,两种方法分别是平均绝对百分比误差 e_{MAPE} 和最大绝对百分比误差 e_{MaxAPE} ^[14]。

首先计算 e_{MAPE} 。

$$e_{MAPE} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{e_k}{x_k} \right| \times 100\% \quad (2)$$

式中: n 为误差数; x_k 为实际值; e_k 为误差值。

然后计算 e_{MaxAPE} 。

$$e_{MaxAPE} = \max_i \left(\left| \frac{e_k}{x_k} \right| \times 100\% \right) \quad (3)$$

式中: x_k 为实际值; e_k 为误差值。

e_{MAPE} 和 e_{MaxAPE} 两个参数的数值越小,意味着预测结果越精确,越令人满意。当 e_{MAPE} 和 e_{MaxAPE} 的数值小于5%时,说明预测结果精度较高。

2 数据集

在选择样本机场时,主要遵循以下两个原则之一:(1)东亚、东南亚以及南亚的航空运输枢纽,并且都是所在国家的代表性机场,2019年旅客吞吐量超过4 000万人次;(2)机场公司是上市公司。因此,选取的样本机场为:北京首都(PEK)、东京羽田(HND)、上海浦东(PVG)、广州白云(CAN)、深圳宝安(SZX)、上海虹桥(SHA)^[15]、香港(HKG)、英迪拉·甘地(DEL)、樟宜(SIN)、仁川(ICN)。

航空服务中,最能体现机场运营绩效的指标为旅客吞吐量、货邮吞吐量;在非航服务中,本文选择机场整体收益、机场净收入两个指标。2019年末,突然发生了新冠肺炎,2020年扩散到了全球,这是突发事件,不具有长期性,造成2020年机场运营绩效(SZX和PVG的货邮吞吐量除外)大幅下降,除了SZX和PVG逆势增长的货邮吞吐量以外的其他2020年机场运营绩效的数据不能作为原始数据。因此,对于运营绩效的预测,本文以10大机场2016—2019年的旅客吞吐量、货邮吞吐量、机场整体收益、机场净收入作为原始数据(2020年SZX和PVG逆势增长的货邮吞吐量也作为原始数据),预测2021—2025年的机场运营绩效。由于本文采用的样本机场涉及多个国家(中国、日本、韩国、新加坡和印度),为了确保机场之间具有可比性,所有财务数据(包括机场总收益和净收入)均转换为美元。采用定性定量结合分析法预测机场运营绩效的研究思路如图1所示。

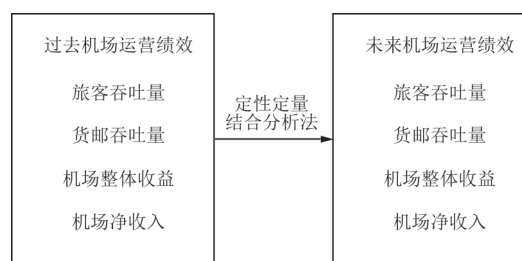


图1 采用定性定量结合分析法预测机场运营绩效
Fig. 1 Using combination of qualitative and quantitative analysis to forecast airport operational performance

样本机场的名称和主要特征如表1所示,每年的平均运营数据(2016—2019)如表2所示。

表1 样本机场及其主要特征一览表
Table 1 List of sample airports and their main characteristics

机场代码	机场	机场公司	国家	是否上市	证券交易所	股票代码
PEK	北京首都	北京首都国际机场股份有限公司(BCIA)	中国	是	香港	00694
PVG	上海浦东	上海机场(集团)有限公司(SAA)	中国	是	上海	600009
CAN	广州白云	广州白云国际机场股份有限公司(GBIA)	中国	是	深圳	600004
SZX	深圳宝安	深圳机场(集团)有限公司(SACL)	中国	是	深圳	000089
SHA	上海虹桥	上海机场(集团)有限公司(SAA)	中国	否	N/A	N/A
HKG	香港	香港机场管理局(AAHK)	中国	否	N/A	N/A
HND	东京羽田	Japan Airport Terminal Co., Ltd. (JATC)	日本	是	东京	9706.T
ICN	仁川	Incheon International Airport Corporation (IIAC)	韩国	否	N/A	N/A
DEL	英迪拉·甘地	Indira Gandhi International Airport (IGIA)	印度	否	N/A	N/A
SIN	樟宜	Changi Airport Group (Singapore) Pte. Ltd. (CAGP)	新加坡	否	N/A	N/A

表2 样本机场年均运营数据(2016—2019年)
Table 2 Annual average operating data of sample airports
(2016—2019)

机场代码	年均旅客吞吐量/人次	年均货邮吞吐量/t	年均整体收益/百万美元	年均净收入/百万美元
PEK	97 794 207	2 000 509	1 400	289
PVG	71 540 859	3 666 841	780	455
CAN	67 179 625	1 810 781	1 021	244
SZX	47 466 654	1 196 723	486	101
SHA	42 902 520	416 784	452	167
HKG	72 236 111	4 898 988	2 602	1 752
HND	84 436 453	1 251 103	1 708	67
ICN	64 882 033	2 838 131	2 356	1 101
DEL	64 368 632	959 190	1 658	500
SIN	63 707 250	2 094 000	1 656	862

本文的数据来源包括:国际机场协会(ACI)、CAPA Fleet Database、国际航空运输协会(IATA)、中国民用航空局(CAAC)、世界银行集团(WBG)、国际货币基金组织(IMF)、国际权威评级机构晨星网(Morningstar)、机场年度报告、机场月度报告以及机场官方网站等。

根据ACI的排名,广州白云机场2020年的客运量超过4 300万人次,从2019年的全球11位跃居第1位;深圳宝安机场(从第26位上升到第5位)、北京首都机场(从第2位降至第6位)、上海虹桥机场(从第46位上升到第9位)^[16]。

3 实证结果分析

2019年末突发的新冠肺炎,造成2020年机场运营绩效大幅下降,随着疫苗的广泛接种,预计2021年机场运营开始恢复,2022年将恢复到2019年的水平,2023年重新进入上升阶段,因此2021—

2022年机场运营绩效采用定性分析的方法进行预测,2023—2025年的用模型来预测。亚洲枢纽机场年度运营绩效属于平稳的时间序列数据(突发事件需要用定性分析进行修正),ARIMA和灰色模型两种方法都适合对其进行预测和分析,先对两种预测方法进行比较,根据比较结果,选择更优的预测法进行预测。

3.1 两种预测方法的比较

对于两种模型的比较,主要从以下两个方面进行:首先,检查预测模型的适用性;然后,评估预测结果的误差并对两种方法进行对比。

本文采用广州白云国际机场2009—2017年的旅客吞吐量历史数据来预测2018年的旅客吞吐量,并与2018年旅客吞吐量真实数据进行验证,进而对比两种预测方法的准确性。用来预测对比的数据如表3所示。

表3 广州白云机场和北京首都机场旅客吞吐量
(2018年1—9月)

月份	旅客吞吐量/人次	
	广州白云	北京首都
1	5 590 903	8 150 000
2	5 672 647	7 788 000
3	6 053 021	8 593 000
4	5 801 813	8 491 000
5	5 643 567	8 349 000
6	5 466 539	8 007 000
7	5 817 694	8 592 000
8	6 179 923	9 045 000
9	5 546 458	8 204 000

对广州白云、北京首都机场旅客吞吐量进行预测,灰色模型和ARIMA两种预测方法比较结果如表4所示。

表4 两种预测方法比较
Table 4 Comparison of two forecast methods

机 场	$e_{MAPE}/\%$		$e_{MaxAPE}/\%$	
	ARIMA模型	GM模型	ARIMA模型	GM模型
广州白云 (2018年)	3.40	1.44	7.59	2.24
广州白云 (2009—2017年)	2.72	3.10	13.59	11.20
北京首都 (2018年)	3.96	1.72	10.40	2.23
北京首都 (2009—2017年)	3.03	3.51	14.71	11.24

从表4可以看出:两种预测方法的预测结果都是可以接受的,但是相比ARIMA模型,灰色模型更优。用同样的方法对所选择的10大机场的运营绩效指标——旅客吞吐量的预测进行对比分析,发现灰色模型更优。

3.2 采用定性定量结合分析法预测机场运营绩效

本文中机场运营绩效包括旅客吞吐量、货邮吞吐量、机场整体收益、机场净收入4大指标,基于旅客吞吐量预测结果确定了灰色模型预测方法更有效,因此先用灰色模型预测北京首都机场的运营绩效指标——旅客吞吐量,根据文献[11-12],得到使用同样的比较法,发现对于运营绩效指标——货邮吞吐量、机场整体收益、机场净收入的预测结果,灰色模型预测方法同样更有效,因此确定采用灰色模型方法对亚洲10大枢纽机场运营绩效展开预测。

采用灰色模型进行预测,得到2016—2020年10大机场运营绩效的 e_{MAPE} (如表5所示)和 e_{MaxAPE} (如表6所示),其中PVG、SZX预测值的平均绝对百分比误差是2017—2020年的,其他8大机场是2016—2019年的;PVG、SZX预测值的最大绝对百分比误差是2017—2020年的,其他8大机场是2016—2019年的。

表5 预测值的平均绝对百分比误差(2016—2020年)
Table 5 Average absolute percentage error of forecasted values (2016—2020)

机场代码	旅客吞吐量/ $\%$	货邮吞吐量/ $\%$	机场整体收益/ $\%$	机场净收入/ $\%$
PEK	1.39	1.79	0.40	0.16
PVG	0.60	1.13	0.30	0.06
CAN	0.11	0.99	0.17	0.27
SZX	0.18	0.78	0.39	0.17
SHA	0.10	0.90	0.37	0.11
HKG	1.65	1.70	0.14	0.74
HND	0.86	1.16	0.10	0.30
ICN	1.20	1.69	0.20	0.33
DEL	2.60	1.65	0.49	0.28
SIN	0.30	2.26	0.30	0.24

表6 预测值的最大绝对百分比误差(2016—2020年)
Table 6 Maximum absolute percentage error of forecasted values (2016—2020)

机场代码	旅客吞吐量/ $\%$	货邮吞吐量/ $\%$	机场整体收益/ $\%$	机场净收入/ $\%$
PEK	2.05	2.64	0.61	0.22
PVG	0.91	1.71	0.32	0.06
CAN	0.21	1.48	0.22	0.32
SZX	0.34	1.10	0.58	0.18
SHA	0.13	1.36	0.52	0.16
HKG	2.42	2.51	0.19	0.97
HND	1.28	1.72	0.12	0.52
ICN	1.83	2.49	0.27	0.42
DEL	3.80	2.43	0.77	0.50
SIN	0.47	3.32	0.44	0.36

从表6可以看出:机场的旅客吞吐量和货邮吞吐量的 e_{MaxAPE} 相对比较大,这主要是由于航空运输市场需求的较大波动造成的。

为了检验模型的精确度,将2016—2020年10大机场的预测误差进行分析。以上海浦东机场为例,旅客吞吐量的 e_{MAPE} 仅为0.60%,货邮吞吐量的 e_{MAPE} 仅为1.13%,机场整体收益的 e_{MAPE} 为0.30%、机场净收入的 e_{MAPE} 仅为0.06%。在预测结果的所有 e_{MAPE} 中,最大的是2.60%;同样,还是以上海浦东机场为例,旅客吞吐量的 e_{MaxAPE} 仅为0.91%,货邮吞吐量的 e_{MaxAPE} 仅为1.71%,机场整体收益的 e_{MaxAPE} 仅为0.32%,机场净收入的 e_{MaxAPE} 仅为0.06%,在预测结果的所有 e_{MaxAPE} 中,最大的是3.80%。预计从2023年开始未来三年机场的运营绩效将稳步提升,所有预测结果的 e_{MAPE} 和 e_{MaxAPE}

都小于4%,因此认为灰色模型预测结果是可接受的。

对10大机场2021—2025年的运营绩效进行预测,考虑到中国大陆疫情控制措施得当、效果良好,2021年五一假期国内出游火爆,但国际防疫形势依然严峻,因此2021—2022年运用定性分析预测法(除了上海浦东和深圳宝安机场货邮吞吐量预测),2023—2025年运用灰色模型定量预测法。

由于新冠疫情突发事件,为了提高预测的可靠性,对2021—2025年预测的数据用定性分析法进行如下修正:

(1) 预计中国大陆5大机场(北京首都、上海浦东、广州白云、深圳宝安、上海虹桥)三大运营绩效指标(旅客吞吐量、机场整体收益、机场净收入)2021年将恢复到2019年80%的水平,2022年将完全恢复并且比2019年增长3%的水平,北京首都机场由于受到北京大兴机场的分流,预计2021—2025年每年比预测值下降20%。

(2) 疫情对货邮吞吐量的增长是把双刃剑,既

促进了一部分机场的增长,又打压了其他机场的增长,深圳宝安机场货邮吞吐量2020年比2019年同期增长9.0%,达到了1 398 782.51 t,上海浦东机场2020年比2019年同期增长1.4%,达到了3 686 627 t,这两大机场需要单独预测(上海浦东和深圳宝安机场货邮吞吐量预测应用2017—2020年的数据进行),其他8大机场货邮吞吐量按照2020年比2019年的同一增长率(方法1)来预测2021—2022年的值,而后与方法2(2021年将恢复到2019年80%的水平,2022年将完全恢复并且比2019年增长3%的水平)预测值进行比较,取较大值作为2021—2022年的预测值,预测过程如表7所示(不包括PVG、SZX)。

(3) 香港、东京羽田、仁川、英迪拉·甘地、樟宜5大非中国大陆机场运营绩效2021年将恢复到2019年50%的水平,2022年将完全恢复到2019年的水平。

预测结果如表8所示。

表7 样本机场货邮吞吐量预测(2021—2022年)
Table 7 Cargo throughput forecast of sample airports (2021—2022)

机场代码	2019年货邮吞吐量/t	2020年货邮吞吐量/t	2020比2019年同期增减/%	2021年货邮吞吐量/t		2022年货邮吞吐量/t	
				方法1预测	方法2预测	方法1预测	方法2预测
PEK	1 955 286	1 759 281	-38.1	871 196	1 251 383	431 416	1 611 156
CAN	1 919 927	1 210 441	-8.4	1 108 764	1 535 942	1 015 628	1 977 525
SHA	423 615	338 557	-20.1	270 507	338 892	216 135	436 323
HKG	4 810 000	4 500 000	-7.0	4 185 000	2 405 000	3 892 050	4 810 000
HND	1 217 905	830 611	-31.8	566 477	608 953	386 337	1 217 905
ICN	2 764 369	2 725 668	-1.4	2 687 508	1 382 185	2 649 883	2 764 369
DEL	998 635	598 182	-40.1	358 311	499 318	214 628	998 635
SIN	2 010 000	1 569 810	-21.9	1 226 022	1 005 000	957 523	2 010 000

表8 样本机场各年运营绩效预测(2021—2025年)
Table 8 Annual performance forecast of sample airports (2021—2025)

机场代码	年份	旅客吞吐量/人次	货邮吞吐量/t	机场整体收益/百万美元	机场净收入/百万美元
PEK	2021	64 008 731	1 251 383	926.43	196.16
	2022	82 411 241	1 611 156	1 192.77	252.56
	2023	82 545 569	1 557 898	1 166.59	253.96
	2024	84 309 498	1 529 880	1 178.69	263.35
	2025	86 111 122	1 502 366	1 190.92	273.09

续表

机场代码	年份	旅客吞吐量/人次	货邮吞吐量/t	机场整体收益/百万美元	机场净收入/百万美元
PVG	2021	60 922 764	3 614 564	725.33	389.94
	2022	78 438 059	3 574 385	933.87	502.04
	2023	79 717 194	3 534 652	996.52	509.58
	2024	83 114 499	3 495 362	1 098.17	533.05
	2025	86 656 587	3 456 507	1 210.18	557.59
CAN	2021	58 702 780	1 535 942	884.26	220.57
	2022	75 579 829	1 977 525	1 138.49	283.98
	2023	77 470 588	2 006 244	1 159.79	297.18
	2024	81 747 041	2 082 188	1 218.56	321.04
	2025	86 259 558	2 161 006	1 280.30	346.80
SZX	2021	42 345 540	1 491 742	401.74	91.06
	2022	54 519 883	1 599 505	517.25	117.24
	2023	57 048 072	1 715 053	506.01	122.57
	2024	61 441 024	1 838 948	511.32	132.18
	2025	66 172 253	1 971 793	516.68	142.55
SHA	2021	36 510 306	338 892	397.10	138.18
	2022	47 007 018	436 323	511.26	177.91
	2023	47 602 709	429 261	521.79	175.65
	2024	49 692 807	437 801	550.01	178.77
	2025	51 874 675	446 512	579.76	181.94
HKG	2021	35 643 317	4 185 000	1 391.80	977.04
	2022	71 286 633	4 810 000	2 783.60	1 954.08
	2023	71 529 228	4 761 154	2 898.86	2 043.42
	2024	70 864 746	4 649 565	3 022.27	2 131.61
	2025	70 206 437	4 540 591	3 150.94	2 223.61
HND	2021	42 752 550	608 953	914.29	36.57
	2022	85 505 100	1 217 905	1 828.57	73.14
	2023	86 110 896	1 201 993	1 909.01	78.89
	2024	86 158 714	1 175 515	1 994.59	84.97
	2025	86 206 559	1 149 620	2 084.01	91.52
ICN	2021	35 584 850	2 687 508	1 402.04	703.82
	2022	71 169 700	2 764 369	2 804.08	1 407.63
	2023	76 638 816	2 727 361	3 148.76	1 671.75
	2024	81 904 045	2 654 774	3 544.46	1 993.76
	2025	87 531 006	2 584 118	3 989.87	2 377.79
DEL	2021	34 245 350	499 318	1 098.11	276.90
	2022	68 490 700	998 635	2 196.21	553.80
	2023	72 369 229	1 028 777	2 703.80	600.61
	2024	75 076 473	1 047 153	3 344.99	650.56
	2025	77 884 992	1 065 858	3 838.23	704.66
SIN	2021	34 141 500	1 226 022	848.93	428.76
	2022	68 283 000	2 010 000	1 697.85	857.51
	2023	71 651 493	1 975 434	1 707.20	846.68
	2024	75 044 881	1 905 929	1 720.35	837.51
	2025	78 598 979	1 838 870	1 733.60	828.45

3.3 预测结果分析

(1) 机场旅客吞吐量。根据预测,“十四五”期间(2021—2025年),广州白云机场旅客吞吐量(从58 702 780人次增长到86 259 558人次)将继续超过香港机场(从35 643 317人次到70 206 437人次),这使广州白云机场保持并巩固粤港澳大湾区第一航空客运枢纽的地位。考虑到北京大兴机场短期的分流效应,根据预测,2022年,东京羽田机场旅客吞吐量将超过北京首都机场,重新成为亚洲第一的航空客运枢纽,不过,2025年,仁川机场将超过东京羽田机场,达到87 531 006人次,首次成为亚洲第一航空客运枢纽,如果北京首都机场关注预测结果并能找到合适的策略,在亚洲长时间保持航空客运枢纽第一的位置也是可能的,这也说明了机场运营绩效预测的重要性的意义。2025年,中国大陆三大传统世界枢纽机场北京首都、上海浦东、广州白云的旅客吞吐量将达到同一数量级8 600万人次,在地理空间布局上更为优化。

(2) 机场货邮吞吐量。新冠肺炎促进了一部分机场的货邮吞吐量的增长,在所选取的样本机场中,上海浦东和深圳宝安两大机场货邮吞吐量不减反增,深圳宝安机场尤为突出,2020年比2019年同期增长9.0%。2021—2025年香港机场依然保持货邮吞吐量亚洲第一,上海浦东机场稳坐第二,仁川机场稳坐第三。2021年开始直到2025年,广州白云机场和深圳宝安机场的货邮吞吐量即将超过北京首都机场,中国大陆的航空货运版图将迎来大洗牌,南强北弱的格局进一步得到加强。

(3) 机场财务绩效。新冠肺炎严重打击了机场的非航服务,机场财务绩效下滑明显,在整个预测期间,仁川机场将超过香港机场,夺取机场总收益和净收入亚洲第一;相对其他亚洲机场,中国大陆5大机场虽然已经上市,但是财务绩效特别是净收入偏低,需要对标其他亚洲枢纽机场特别是已经上市的东京羽田机场来提升财务绩效。中国大陆机场财务绩效争夺战进入白热化,上海浦东机场2025年将超过北京首都机场,广州白云机场2024年将开始超过上海浦东机场和北京首都机场,夺取中国大陆机场总收益和净收入第一。

4 结论

(1) 为尽可能消除突发事件对机场运营绩效

预测的不确定性影响,定性定量结合分析法是有效的。

(2) 机场运营绩效定量预测时,灰色模型优于ARIMA模型。

(3) 2025年仁川机场将首次成为亚洲第一客运枢纽;香港机场将保持货邮吞吐量亚洲第一;仁川机场将成为财务绩效亚洲第一;2024年白云机场将成为中国大陆财务绩效第一机场。建议中国大陆机场重视非航服务创新,提升机场财务绩效,发展临空经济,建设航空大都市,促进机场可持续发展。

(4) 相对亚洲其他枢纽机场,中国大陆机场财务绩效特别是净收入偏低,这与中国作为世界第二大航空运输市场的地位形成鲜明的对比。

(5) 本文的局限性在于没有包括2019年旅客吞吐量4 000万以上的其他亚洲枢纽机场,后续研究可以朝着这个方向,对亚洲主要枢纽机场的运营绩效进行全面的预测。

参考文献

- [1] GRAZIANO A, FABRIZIO E. Efficiency and patterns of service mix in airport companies: an input distance function approach[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2010, 46(5): 693-708.
- [2] CHANG Y C, YU M M, CHEN P C. Evaluating the performance of Chinese airports[J]. *Journal of Air Transport Management*, 2013, 31: 19-21.
- [3] LIU Dan. Measuring aeronautical service efficiency and commercial service efficiency of East Asia airport companies: an application of network data envelopment analysis[J]. *Journal of Air Transport Management*, 2016, 52: 11-22.
- [4] 陈太林, 张伟, 谢永亮, 等. 预测机场航空业务量的灰色模型方法[C]// 第十届全国结构工程学术会议. 北京: 中国力学学会, 2001: 5.
CHEN Tailin, ZHANG Wei, XIE Yongliang, et al. Grey model method of airport traffic prediction [C]// The 10th Chinese Structure Engineering Conference. Beijing: CS-TAM, 2001: 5. (in Chinese)
- [5] 林小平, 袁捷. 基于灰色模型的成都双流机场物流预测[J]. *武汉理工大学学报(交通科学与工程版)*, 2007, 31(3): 457-459.
LIN Xiaoping, YUAN Jie. Forecast of logistics of Chengdu Shuangliu Airport based on gray-model[J]. *Journal of Wuhan University of Technology (Traffic Science and Engineering)*, 2007, 31(3): 457-459. (in Chinese)
- [6] AHMED A, GUZHVA V S. A time-series modelling approach for airport short-term demand forecasting[J]. *Journal*

- of Airport Management, 2010, 5(1): 72-87.
- [7] RAFAEL B C B, RAFAEL B C P, GABRIEL L, et al. Damp trend grey model forecasting method for airline industry[J]. Expert Systems with Applications, 2013, 40(12): 4915-4921.
- [8] WAI H K T, HATICE O, ANDREW G, et al. Forecasting of Hong Kong Airport's passenger throughput[J]. Tourism Management, 2014, 42: 62-76.
- [9] 陈玉宝, 曾刚. 基于组合预测方法的民航旅客吞吐量预测研究——以首都机场为例[J]. 中国民航大学学报, 2014(2): 61-66.
CHEN Yubao, ZENG Gang. Civil aviation passenger throughput forecasting research based on combination forecasting method: capital airport[J]. Journal of Civil Aviation University of China, 2014(2): 61-66. (in Chinese)
- [10] 杨新涅, 王翩然. 基于组合预测的民航运输量分析——以珠三角地区为例[J]. 数学的实践与认识, 2019(8): 301-310.
YANG Xinsheng, WANG Piaoran. Analysis of civil aviation traffic in the pearl river delta region based on combined forecast [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2019(8): 301-310. (in Chinese)
- [11] WANG Zhanwei, SONG W K. Sustainable airport development with performance evaluation forecasts: a case study of 12 Asian airports [J]. Journal of Air Transport Management, 2020, 89: 101925.
- [12] 刘思峰, 曾波, 刘解放, 等. GM(1,1)模型的几种基本形式及其适用范围研究[J]. 系统工程与电子技术, 2014, 36(3): 501-508.
LIU Sifeng, ZENG Bo, LIU Jiefang, et al. Several basic models of GM(1,1) and their applicable bound[J]. Systems Engineering & Electronics, 2014, 36(3): 501-508. (in Chinese)
- [13] HYNDMAN R J, ATHANASOPOULOS G. Forecasting: principles and practice [M]. London: Bowker-Saur, Pharo, 2014.
- [14] CHANG C J, LI D C, DAI W L, et al. Utilizing an adaptive grey model for short-term time series forecasting: a case study of wafer-level packaging [J]. Mathematical Problems in Engineering, 2013(6): 58-63.
- [15] 新浪财经. 上海机场 2020 年报和 2021 年畅想 [EB/OL]. [2021-04-19]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1696085027697124145&wfr=spider&for=pc>.
Finance Sina. 2020 report and 2021 imagination of Shanghai Airport [EB/OL]. [2021-04-19]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1696085027697124145&wfr=spider&for=pc>. (in Chinese)
- [16] 环球时报. 亚特兰大机场世界排名第一“宝座”被广州白云拿下 [EB/OL]. [2021-04-19]. https://mbd.baidu.com/newspage/data/landingsuper?context=%7B%22nid%22%3A%22news_9674762366633991994%22%7D&n_type=-1&p_from=-1.
Times Global. The first ranking of Atlanta Airport in the world was taken by Guangzhou Baiyun [EB/OL]. [2021-04-19]. https://mbd.baidu.com/newspage/data/landingsuper?context=%7B%22nid%22%3A%22news_9674762366633991994%22%7D&n_type=-1&p_from=-1. (in Chinese)

作者简介:

王占伟(1976—),男,博士,讲师。主要研究方向:航空运输管理

赵明明(1989—),女,硕士,讲师。主要研究方向:航空运输管理。

李华星(1957—),男,博士,教授。主要研究方向:流体力学、航空运输管理。

(编辑:丛艳娟)