

文章编号: 2095-2163(2021)03-0090-04

中图分类号: F224

文献标志码: A

多式联运对航空客运量的影响分析

余佳莹, 杨绪彪

(上海工程技术大学 航空运输学院, 上海 201620)

摘要: 多式联运是一种新兴的运输方式, 通过整合多种交通资源形成一套完善的体系来提高运输效率。航空客运量可以用来评估民航业的发展状况, 根据分析出的影响客运量变化的因素, 可以为民航系统的发展提供方向。本文利用多元回归分析法, 根据现阶段多式联运发展程度较高的上海虹桥机场数据, 分析铁路、轨道、公路和水运的客运量对航空客运量产生的影响。

关键词: 多元回归分析; 多式联运; 客运量

Analysis on the influence of multimodal transport on air passenger volume

YU Jiaying, YANG Xubiao

(School of Air Transportation, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

[Abstract] Multimodal transport is a new mode of transportation. It can improve the efficiency of transportation by integrating various traffic resources to form a perfect system. Air passenger volume can be used to evaluate the development of civil aviation industry. According to the factors that affect the change of passenger traffic volume, it can provide direction for the development of civil aviation system. Based on the data of Shanghai Hongqiao Airport, which has a higher degree of multimodal transport development, this paper analyzes the impact of railway, rail, highway and water transport passenger volume on air passenger volume by using multiple regression analysis method.

[Key words] multiple regression analysis; multimodal transport; passenger volume

0 引言

交通运输是维护国民正常生活的重要保障, 属于先导性产业。各种交通方式都具有其各自特点, 多式联运的出现增加了交通运输的多样性和灵活性。通过统一化的运输组织和标准化的运载流程, 使得运输中的各环节紧密连接, 运输过程快速便捷, 并且更加经济环保。多式联运的实施可以最大限度地满足旅客的出行需求, 有利于机场进行枢纽化建设, 有助于利用铁路、轨道、公路以及水运拓展机场辐射范围^[1]。因此, 本文基于多式联运的角度分析其他交通方式客运量与航空客运量之间的影响。

1 多式联运涵义

多式联运又称复合运输, 是由 2 种或 2 种以上的交通工具相互衔接、转运而共同完成的运输过程。多式联运削弱了传统上利用单交通方式出行的弊端, 对多种交通方式的特点进行择优补充。

对包含航空运输的多式联运进行划分, 多式联

运可以分为空铁联运、空轨联运、空路联运和空海联运四种。其中, 空铁联运主要用来解决区域内各城市航空旅客的集疏运问题, 同时由于铁路延误率低, 能保证旅客交通时间稳定, 便于规划行程, 更有利于中转换乘飞机; 空轨联运对于距离市区较远的机场具有很大意义, 可以辐射整个市区的旅客, 运量大、速度快且交通时间稳定, 同时可以将轨道车站融入机场主体, 在换乘方面具有很大优势; 空路联运是指传统的高速巴士与航空运输的联运, 机场巴士通常是机场启用后第一个建立的对外公共交通联络方式, 可以实现点对点运输, 且交通设施要求不高, 但公路运输存在一定不确定性, 对于现在旅客高质量的运输发展需求有一定局限性; 空海联运因水运的运量大、价格低廉用于货运居多, 客运方面, 首先港口的地理位置相对于轨道车站或火车站不具有地理优势, 其次不是所有城市都具备水运的基础设施, 因而没在客运联运方面得到大规模发展^[2]。多式联运增强了航空运输与其他运输方式之间的协同, 使得进出机场的交通网络布局趋于完善, 交通方式无

作者简介: 余佳莹(1995-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 交通运输与规划管理; 杨绪彪(1970-), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 交通运输规划与管理。

通讯作者: 杨绪彪 Email: xubiao@qq.com

收稿日期: 2020-10-20

缝连接,交通设施配备齐全,航空枢纽机场之间衔接趋于便利,这都将满足旅客运输方便、快捷、安全、舒适的需要,进一步刺激航空客运需求。

2 样本选取与数据采集

上海虹桥国际机场在同一枢纽内设置了火车站和航站楼,同时地铁、私家车、公交、出租车和长途大巴等多种交通方式也接入机场。在虹桥,从火车站下车,可根据站内指示牌进入航站楼,反之亦可,基本实现了零换乘,换乘时间仅需 15~20 min;城市轨道交通方面,在机场地下接入地铁,乘客可通过乘坐电梯直接进入航站楼;同时,围绕航站楼设立公共交通枢纽,方便旅客往返机场市区。综上,上海虹桥机场具备较完善的多式联运交通设施且是国内较早开展多式联运的机场,所以本文选用上海虹桥国际机场作为案例进行分析^[3]。近年来的上海虹桥机场及其

联运交通方式客运量数据见表 1。

数据选取采用以下原则:

(1)易获取原则:国内民航业相对起步较晚,这就导致客运量数据的选取年份不能过早;再加上民航系统数据还未接入国家统计局,且地方民航由地方机场负责,同时航空公司还掌握一些未对外公开数据,所以数据获取秉承准确性原则,要选择正确正规渠道数据。

(2)相关性原则:选择指标时,要进行科学筛选;指标过多、过少都可能造成模型显著性过低,不具备统计学意义,所以选取指标要合理充分,又要与航空客运量有一定相关性。

(3)可量化原则:由于影响航空客运量的领域广泛,反映出的信息也不是相同的量纲,在进行分析时要对指标数据进行统一量化,从而避免因量纲不同而造成的结果的不准确性。

表 1 上海虹桥机场及其联运交通方式客运量数据表

Tab. 1 Passenger volume data of Shanghai Hongqiao Airport and its combined transport mode

万人

年份	上海虹桥机场航空客运量 y	上海市铁路客运量 x_1	上海市轨道客运量 x_2	上海市公路客运量 x_3	上海市水运客运量 x_4
2010	3 129.88	6 095	1 884	3 634	504
2011	3 311.24	6 198	2 101	3 477	358
2012	3 382.87	6 758	2 276	3 748	353
2013	3 559.96	7 972	2 506	3 476	243
2014	3 797.11	9 194	2 787	3 754	369
2015	3 909.09	9 692	3 068	3 766	386
2016	4 046.01	10 609	3 401	3 402	386
2017	4 188.41	11 617	3 534	3 420	404
2018	4 364.55	12 267	3 706	3 151	448
2019	4 567.66	12 834	3 884	3 168	427

数据来源:上海市统计局历年统计数据

3 多元回归分析

线性回归分析有简单线性回归以及多元线性回归两种类型,一般用来研究变量间是否存在某种线性关系。多元线性回归的数学模型:设随机变量 y 与一般变量 x_1, x_2, x_3, x_4 的线性回归模型为:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \varepsilon. \quad (1)$$

表 2 上海虹桥机场及其联运交通方式相关性表

Tab. 2 Correlation of Shanghai Hongqiao Airport and its combined transport modes

万人

	上海虹桥机场航空客运量 y	上海市铁路客运量 x_1	上海市轨道客运量 x_2	上海市公路客运量 x_3	上海市水运客运量 x_4
上海虹桥机场航空客运量 y	1	0.993	0.993	-0.673	0.189
上海市铁路客运量 x_1	0.993	1	0.994	-0.664	0.229
上海市轨道客运量 x_2	0.993	0.994	1	-0.659	0.189
上海市公路客运量 x_3	-0.673	-0.664	-0.659	1	-0.209
上海市水运客运量 x_4	0.189	0.229	0.189	-0.209	1

根据表 2 结果显示,上海虹桥机场客运量与其他交通方式客运量都有一定相关性,故可以使用多

其中, β_0 为回归常数; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 为回归系数; ε 为随机误差项,通常定为零^[4]。

3.1 相关性分析

对变量上海市航空客运量(万人)、铁路客运量(万人)、上海市轨道客运量(万人)、上海市公路客运量(万人)、上海市水路客运量(万人)做相关性分析,分析结果见表 2。

元线性回归进行分析。其中相关系数较高的有铁路客运量,铁路与航空存在很强的竞争协同关系,但随

着交通需求的增多,人们对于铁路和航空的需求量都在增大,两者之间的竞合关系变化会直接影响航空客运量;其次,与航空客运量相关性极高的就是轨道客运量,近年来上海轨道高速发展,接入虹桥机场的有2号线、10号线,开通两线路以来,每天约有40%的旅客选择通过地铁进出机场;公路方面,与航空呈现明显的负相关性,随着多种对外交通方式的普及,公路呈现的易拥堵、交通时间不可控现象,对公路旅客的出行选择产生不利影响,但对航空旅客的出行选择无显著影响;水运与航空的相关性不高,主要可能是由于水路客运普及不够全面导致,内陆地区无法进行水运,通过水运中转的旅客较少,与航空未产生紧密联系^[5]。

3.2 方差分析

研究得到的 Anova 表见表3。由方差分析表3可知,显著性水平 $Sig. = 0.000 < 0.05$, 具有显著性特征,可以继续使用多元线性回归进行分析。

表3 Anova 表
Tab. 3 Anova table

	平方和	自由度	均方	F	显著性
回归	2 024 937.71	4	506 234.428	130.855	.000
残差	19 343.29	5	3 868.658		
总计	2 044 281.00	9			

表4 系数表

Tab. 4 Coefficient table

模型	未标准化系数		标准化系数	t	显著性	共线性统计		
	B	标准错误	Beta			容差	VIF	
1	(常量)	2 267.421	538.558		4.210	0.008		
	上海市铁路客运量 x_1 /万人	0.107	0.081	0.564	1.330	0.241	0.011	94.937
	上海市轨道客运量 x_2 /万人	0.282	0.282	0.420	1.002	0.363	0.011	92.965
	上海市公路客运量 x_3 /万人	-0.056	0.122	-0.027	-0.459	0.665	0.556	1.799
	上海市水运客运量 x_4 /万人	-0.170	0.333	-0.025	-0.512	0.631	0.823	1.215
2	(常量)	2 033.904	165.939		12.257	0		
	上海市铁路客运量 x_1 /万人	0.109	0.075	0.576	1.462	0.194	0.011	94.534
	上海市轨道客运量 x_2 /万人	0.286	0.263	0.425	1.087	0.319	0.011	92.910
	上海市水运客运量 x_3 /万人	-0.158	0.309	-0.023	-0.510	0.628	0.829	1.206
3	(常量)	1 967.862	98.178		20.044	0		
	上海市铁路客运量 x_1 /万人	0.095	0.066	0.501	1.450	0.190	0.012	81.267
	上海市轨道客运量 x_2 /万人	0.333	0.232	0.495	1.433	0.195	0.012	81.267
4	(常量)	2 066.411	74.555		27.717	0		
	上海市铁路客运量 x_1 /万人	0.189	0.008	0.993	24.354	0	1	1

因变量:上海虹桥机场航空客运量

3.3 多元回归系数

通过多重共线性诊断分析得知4个自变量之间存在一定的多重共线性,在多元线性回归模型中,过多的变量会导致多重共线性的产生,可以利用向后剔除变量方法来选择变量。向后剔除变量方法就是用可能影响上海虹桥机场航空客运量的4个变量建立回归方程,然后从这4个影响因素变量中筛选变量,找出作用最小的变量,从而将这个变量删除出去。利用SPSS软件,可输出具体的系数,见表4。在剔除的过程中4个模型,其中模型1为包含了4个变量的全模型,从模型2到模型4依次剔除变量 x_3, x_4, x_2 , 从表4中可以看出,只有模型4中 x_1 的显著性水平小于0.05,即回归参数通过了显著性水平检验,说明自变量 x_1 (上海市铁路客运量)对上海虹桥机场航空客运量的影响是显著的^[6]。进而,建立最终的回归方程为:

$$y = 2\ 066.411 + 0.189x_1 \quad (2)$$

通过以上建立的回归方程可知,上海虹桥机场航空客运量主要受上海市铁路客运量的影响,上海市铁路客运量对应的参数估计值为0.189,则表明上海市铁路客运量每增加1万人次,上海虹桥机场航空客运量将增加1 890人次,伴随着国内高速铁路的快速发展,铁路客运量增加是必然趋势。

4 结束语

本文分析4种交通方式客运量与航空客运量之间的影响,得到结论如下:

(1)随着国内高速铁路的快速发展,空铁联运逐渐成为一种新型的交通方式,但航空铁路之间也同时存在着明显的竞争关系,旅行时间介于2~4 h的城市间,铁路相对航空具有极大优势,但依然可能存在少量选择航空的旅客;在旅行时间4~6 h的城市间,航空铁路不分伯仲,两者竞争最为激烈;在大于6 h的城市间,随着距离的增长,航空相对铁路的优势会越来越大,但是由于铁路相对低廉的票价,依然会存在选择铁路的旅客。由表2的相关系数中可知,航空与铁路存在着极强的相关性,协调航空与铁路的竞合关系是发展多式联运的重要方向^[7]。

(2)轨道交通是现阶段城市交通中最主流的交通方式,并以其运量大、速度快、拥堵风险低的优势逐渐成为人们出行首选。纵观国内主要枢纽机场,大部分都将轨道交通接入机场,且利用轨道交通进出机场的旅客比例占比所有进出机场交通方式中最高,而且在北京的大兴国际机场、南京禄口国际机场以及上海浦东国际机场的规划中都设有专用的机场联络线,相对于一般的轨道线路更加快速高效。根据多元回归分析的结果可知,轨道交通客运量的变化也会对航空客运量的变化产生显著影响。

(3)公路客运是大部分机场首先发展的对外交通方式,具体特点是舒适、便捷、且可以实现点对点的直接运输,但在发展中却暴露出消费高、交通时间不稳定、且停车位难寻等问题,不再成为吸引客流的首要交通方式。未来多式联运发展中公路客运量的影响虽然不大,但也不可忽视。

(4)水路方面,上海坐拥港口的天然地理优势,多式联运中的空海联运也得到一定发展,但影响并不显著;放眼国内其他区域,尤其是在国内内陆地区,空海联运会有一定局限性,与航空客运量的变化相关性不强。

参考文献

- [1] 陈军,邵凤茹,李小燕. 机场多式联运之国际经验[J]. 中国民用航空, 2013(8):40-41.
- [2] 蒋洋,张星臣,王永亮. 多式联运运输方案选择的交叉熵方法[J]. 交通运输系统工程与信息, 2012, 12(5):20-25.
- [3] 蔡丽筋. 综合交通枢纽地下空间规划方法初步研究—以南京禄口机场为例[D]. 南京:东南大学,2012.
- [4] 蔡文婷,彭怡,陈秋吉. 基于多元回归模型的航空运输客运量预测[J]. 航空计算技术, 2019,49(4):50-53,58.
- [5] 李在林. 民航客运需求影响因素的灰色关联分析[J]. 经济视角, 2011, (20):186.
- [6] 鲁亚. 基于多元回归模型的公路客运量预测分析[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版, 2016(8):152-155.
- [7] ZHAO Xin, CAI He, ZHENG Weiqing. Evaluation of multimodal transport service quality[J]. China Transportation Review, 2017, 39(10):44-48.

(上接第89页)

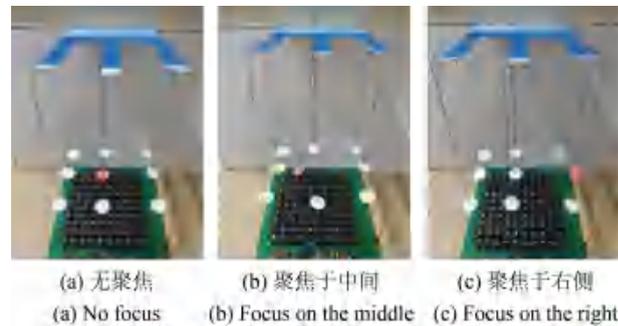


图10 超声波换能器聚焦点位置

Fig. 10 Focus point position of ultrasonic wave transducer

5 结束语

本文主要通过研究相控阵的发展背景与应用场景,介绍了实现超声波触觉反馈的原理,并提出了一种基于超声波相控阵聚焦技术来模拟空中触觉的方法。文中详细论述了面阵超声波相控阵的硬件和软件设计思路和实现方法,并通过超声波声场的仿真验证,验

证了超声波聚焦的情况。通过仿真实验的验证,本次研究基本实现了预期的超声波触觉反馈功能。同时通过验证超声波聚焦的可行性,为后续扩大阵列数量以及未来与虚拟现实技术相结合提高交互自然性和舒适度提供了一种方案基础。今后,将在阵列数量上扩大规模以实现适配各种虚拟现实场景下的应用。

参考文献

- [1] 杨鹏. 基于超声波辐射压力的空中触觉反馈技术[D]. 长春:吉林大学,2019.
- [2] 骆英,仇鹤,张文干,等. 基于FPGA的高集成度超声波相控阵激发系统[J]. 仪表技术与传感器, 2014(2):26-28,44.
- [3] 骆晓祥. 32通道模块化超声相控阵硬件系统的研究[D]. 成都:西南交通大学,2016.
- [4] HOSHI T, TAKAHASHI M, IWAMOTOT, et al. Noncontact tactile display based on radiation pressure of airborne ultrasound[J]. IEEE transactions on haptics, 2010, 3(3):155-165.
- [5] 周桂荣,李德来. 使用Field-II进行超声波束形成的设计仿真[J]. 中国医疗器械信息, 2015, 21(6):11-14, 18.
- [6] 张永宏,葛武健,孙亚杰. 一种相控阵超声波检测系统的实现方法[J]. 计算机仿真, 2013, 30(8):417-420.