

机场群与区域协同发展关系研究——以长三角机场群为例

王雪莹, 李亚飞*, 王丽燕, 祝子渊, 张晓俏, 王东旭, 却禹程

中国民航大学, 空中交通管理学院, 天津

收稿日期: 2022年3月24日; 录用日期: 2022年4月21日; 发布日期: 2022年4月28日

摘要

以长三角机场群为研究对象, 在收集机场运行数据和区域发展数据的基础上, 分析了长三角机场群与区域的协同发展关系, 建立协同度模型, 模拟评价两者的协同关系和演化特征, 为长三角区域机场和区域发展提供策略。从机场群之间协同发展的角度, 分析影响机场群协同发展的内部因素, 结合机场群与区域之间的发展模型, 总结机场群的发展对区域发展的积极作用。研究分析符合当地区域发展特点的机场群发展战略, 避免同质化的恶性竞争; 以机场与区域发展互动关系为主要依据, 研究区域发展过程中, 机场群所起的作用, 量化分析区域对机场发展的支撑作用, 为机场与区域良性互动发展提供科学支持。

关键词

协同度模型, 长三角机场群, 机场群发展战略

Study on the Relationship between Airport Clusters and Regional Coordinated Development—Taking the Airport Clusters in the Yangtze River Delta as an Example

Xueying Wang, Yafei Li*, Liyan Wang, Ziyuan Zhu, Xiaoqiao Zhang, Dongxu Wang, Yucheng Que

College of Air Traffic Management, Civil Aviation University of China, Tianjin

Received: Mar. 24th, 2022; accepted: Apr. 21st, 2022; published: Apr. 28th, 2022

*通讯作者。

文章引用: 王雪莹, 李亚飞, 王丽燕, 祝子渊, 张晓俏, 王东旭, 却禹程. 机场群与区域协同发展关系研究——以长三角机场群为例[J]. 现代管理, 2022, 12(4): 449-462. DOI: 10.12677/mm.2022.124061

Abstract

Taking the Yangtze River Delta airport group as the research object, based on the collection of airport operation data and regional development data, this paper analyzes the collaborative development relationship between the Yangtze River Delta airport group and the region, establishes a collaborative degree model, simulates and evaluates the collaborative relationship and evolution characteristics of the two, and provides strategies for the Regional Airport and regional development of the Yangtze River Delta. From the perspective of coordinated development between airport clusters, this paper analyzes the internal factors affecting the coordinated development of airport clusters, and summarizes the positive role of the development of airport clusters on regional development combined with the development model between airport clusters and regions. Study and analyze the development strategy of airport group in line with the characteristics of local regional development to avoid homogeneous vicious competition. Based on the interactive relationship between airport and regional development, this paper studies the role of airport clusters in the process of regional development, quantitatively analyzes the supporting role of region on airport development, and provides scientific support for the benign interactive development of airport and region.

Keywords

Collaborative Degree Model, Yangtze River Delta Airport Group, Airport Group Development Strategy

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

机场与其经济腹地的发展之间是一种互动关系，机场通过人流、物流、资金流向区域辐射经济能量 [1]，最终影响区域经济，而区域作为经济腹地能为机场发展提供保障。机场作为区域发展的重要基础设施，对区域经济要素扩张具有重要的引领作用，同时区域经济发展水平，人口密度和交通网络也影响着机场规模、吞吐量和运营效率，机场群对区域发展的影响更为深入。本文从机场群之间协同发展的角度，分析影响机场群协同发展的内部因素，结合机场群与区域之间的发展模型，量化分析区域对机场发展的支撑作用，为机场与区域良性互动发展提供科学支持。

民航发展的超前与滞后和区域发展水平的提升与下降都会对机场群与区域发展的协同度造成影响。机场航空业务的繁荣会推动区域城市化发展，提升机场群与区域发展的协同度；区域城市化发展则为机场发展提供一个良好的发展平台，优化民航的产业结构，提升机场群与区域发展的协同度。

因此机场与其经济腹地之间相互作用，共同发展，两者的因果关系、相互影响方向及 [2] 反馈策略对于探索机场与区域经济的良好互动发展具有良好的借鉴和指导意义。

2. 研究背景及存在问题

2.1. 研究背景

现如今，长三角地区共有 23 个机场，如表 1 所示。

Table 1. The Yangtze River Delta Airport
表 1. 长三角机场

上海浦东 国际机场	上海虹桥 国际机场	南京禄口 国际机场	苏南硕放 国际机场	常州奔牛 国际机场	扬州泰州 国际机场	南通兴东 国际机场
盐城南洋 国际机场	杭州萧山 国际机场	宁波栎社 国际机场	合肥新桥 国际机场	舟山普陀山机场	台州路桥机场	义乌机场
嘉兴机场	安庆天柱山机场	黄山屯溪国际机场	亳州机场	芜宣机场	池州九华山机场	蚌埠机场

2020 年长三角机场群完成货邮吞吐量 580.9 万吨, 较上年增长 2.0%, 位居第二, 完成旅客吞吐量 16116.2 万人次, 较上年下降 39.3%。民航运输作为国家重要交通手段, 为长三角地区城市之间频繁来往以及经济交流等方面提供了保障, 推动了城市间经济和社会的相互发展。

目前长三角机场群存在的问题有:

① 机场延误率较高

长三角区域机场两极分化较为严重。客货吞吐量以及起降架次等航空业务集中在主要城市的机场, 2020 年浦东机场等主要机场的旅客吞吐量达 1.1 亿人次/年, 货邮吞吐量达 2.76 亿次/年, 但宁波栎社机场和合肥新桥机场的旅客吞吐量却刚超过一千万, 货邮吞吐量仅 1.9 万。由于长三角地区主要机场容量饱和、空域资源紧张, 最终使延误率升高和服务质量下降, 据统计, 长三角主要机场延误率多年占据全国机场延误率排名前十(见表 2), 2019 年长三角机场群的航班准点率仍排在京津冀、珠三角机场群之后, 位列我国三大机场群之尾(见表 3)。

Table 2. Ranking of punctuality rates of large airports in 2019
表 2. 2019 年大型机场准点率排名

大型机场准点率排名						
排名	三字码	机场	实际出港航班量	出港延误航班量	出港准点率	平均延误时长
1	KMG	昆明长水	3295	569	82.73%	22 分钟
2	CTU	成都双流	3387	651	80.78%	26 分钟
3	XIY	西安咸阳	3283	644	80.38%	26 分钟
4	CKG	重庆江北	2936	674	77.04%	24 分钟
5	PEK	北京首都	5616	1382	75.39%	31 分钟
6	CAN	广州白云	4396	1191	72.91%	30 分钟
7	PVG	上海浦东	4516	1225	72.87%	34 分钟
8	SHA	上海虹桥	2561	842	67.12%	37 分钟
9	SZX	深圳宝安	3162	1080	65.84%	44 分钟
10	HGH	杭州萧山	2552	1063	58.35%	45 分钟

Table 3. Comparison of delays in national airport groups
表 3. 全国机场群延误情况对比

区域	延误总量	延误率	出港航班总量	延误总时长	平均延误时长	雷雨天气占比	雾霾天气占比
长三角	4638	34.74%	13349	524,521 分钟	39 分钟	17.06%	25.40%
珠三角	2558	30.42%	8410	305,527 分钟	36 分钟	14.81%	2.12%
京津冀	1941	24.40%	7956	233,615 分钟	29 分钟	1.06%	7.41%

1) 来源于 2019 年 7 月 1 日, 航班管家智慧出行实验室 2019 年雷雨季第 2 周(2019 年 6 月 24 日~6 月 30 日)的航班数数据报告周报。

② 空域资源紧张

目前长三角机场群的机场分布集中,前文提到长三角地区客货运量持续上升,飞行流量快速增长,根据梁得达等人提供的数据分析[3]:长三角机场群内各个机场的通航点重复度较高,有6家机场的高频通航点开通率达到了95%以上,浦东机场等主要机场的通航点的重复率甚至达到了100%,导致在同一时刻会有多架航班经过同一个航路点[4],空域资源紧张,致使航路拥堵,航班延误,机场服务质量下降,导致机场群航线网络重复建设,航线资源严重浪费。

2.2. 研究问题

以上情况表明,长三角机场群的发展与两方面协同相关,一是机场群内部各机场间的协同关系,二是机场群整体与长三角区域的协同度。

在机场群内部,由于各机场之间的发展不充分不协调,导致各个机场的使用倾向单元化,大型机场占用时刻航路点资源较多,中小机场的使用度未得到最大程度地发挥。因此,本文就长三角机场群内部之间目前存在的协同关系进行分析,建立协同度模型,进一步明确机场群与城市群之间的内在联系。

如何通过改善机场群内部机场之间、机场群与区域间的协同关系,从内因与外因两方面提出具体措施,从而促进长三角机场群的高效发展,为打造世界级机场群提出合理意见,是本文的研究关键。

3. 研究方法和使用数据

3.1. 数据来源

本文的机场航班数据来源于飞常准业内版 app,数据包括合肥新桥国际机场、杭州萧山国际机场等15个机场的进出港时间,延误时长以及延误原因。

关于长三角地区交通状况,本文利用GDP,铁路客周转等11项指标数据与区域发展建立协同模型,从而模拟演变各类因素之间的动态变化,分析影响程度。

(模型数据来源:国家统计局、中国民用航空局、中国经济网、中商情报网、先晓书院)

3.2. 使用方法及模型

3.2.1. 区域与机场群协同度模型构建——复合系统协同度模型

复合系统协同度模型来自于协同论。协同理论最早是由哈肯在20世纪70年代提出,协同运行规律描述的是系统内部各子系统通过协同作用的方式促使系统由无序向有序结构的方向发展[5][6]。目前对于复合系统的协同度的评价方法主要包括灰色聚类法[7]、全面协同度(DTS)模型[8]、以及基于序参量的复合系统协同度测量模型[9]等。本文采用基于序参量的复合系统协同度模型对国内三大机场群协同发展进行评价研究。

为便于模型的表达,将长三角机场群协同发展作为复合系统,可表示为:其中 x_1 、 x_2 、 x_3 分别为外部环境子系统、机场群子系统、空管子系统[10]。考虑子系统 x_i , $i \in [1,3]$,所对应的序参量为 x_{ik} ,其中 $n \geq 1$, k 表示每个子系统序参量的个数,如外部环境系统中 $n = 2$; $\alpha_{ik} \leq x_{ik} \leq \beta_{ik}$, α_{ik} , β_{ik} 分别为序参量的上限值和下限值,浮动范围一般在[5%, 10%]之间变动,这里选取浮动范围为10%,如公式(1):

$$\delta(x_{ik}) = \begin{cases} \frac{x_{ik} - \alpha_{ik}}{\beta_{ik} - \alpha_{ik}}, k \in [1, m] \\ \frac{\beta_{ik} - x_{ik}}{\beta_{ik} - \alpha_{ik}}, k \in [m+1, n] \end{cases} \quad (1)$$

序参量 $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$ 表示正向指标,即该序参量的取值越大则子系统的有序度越高,其中, $m \in [1, n]$;序

参量 $x_{im+1}, x_{im+2}, \dots, x_{im}$ 为负向指标, 该序参量取值越小, 子系统的有序度越低。

对于子系统 x_i 有序度 $\delta(x_i)$ 的测量, 通常有线性加权法与几何平均法两种方法, 分别为公式(2)和(3)所示:

$$\delta(x_i) = \sum_{k=1}^n W_k \delta(x_{ik}) \quad (2)$$

$$\delta(x_i) = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \delta(x_{ik})} \quad (3)$$

其中 $\delta(x_i) \in [0, 1]$, $\delta(x_i)$ 数值越大, 表示系统有序的程度越高, 数值越小表示系统有序度越低。

W_k 代表序参量的权重, 在前文通过熵权法获得, 本文采取线性加权法来测量子系统的有序度。

假设初始时刻为 t_0 , 则该时刻长三角机场群的 3 个子系统的有序度分别为 $\delta_1^0(x_1), \delta_2^0(x_2), \delta_3^0(x_3)$, 在机场群协同发展过程中的 t_1 时刻, 各子系统的有序度分别为 $\delta_1^1(x_1), \delta_2^1(x_2), \delta_3^1(x_3)$, 则长三角机场群协同发展系统的协同度如公式(4)和(5)所示:

$$C = \theta \sum_i^k \beta_i (|\delta_i^1(x_i) - \delta_i^0(x_i)|) \quad (4)$$

$$\begin{cases} \theta = 1, \delta_i^1(x_i) \geq \delta_i^0(x_i) \\ \theta = -1, \delta_i^1(x_i) \leq \delta_i^0(x_i) \end{cases} \quad (5)$$

机场群协同发展复合系统的协同度 $C \in [-1, 1]$ 。协同度 C 的取值越大, 表明各子系统的协同程度越高; 反之越低。参数 θ 用以判断各子系统的有序度的协调方向, 当 $\theta = 1$ 时, 协同度 C 为正值, 各子系统的有序度上升, 机场群协同发展系统处于协调有序发展状态; 而 $\theta = -1$ 时, 协同度 C 为负值, 说明至少有一个子系统的有序度下降, 此时, 机场群协同发展系统没有实现协调有序发展。 β_i 表示一级指标的权重, 通过熵权法确定。其协同关系如表 4 所示:

Table 4. Synergy relationship of composite systems

表 4. 复合系统的协同度关系

C 值	[-1, 0]	(0, 0.3]	(0.3, 0.7]	(0.7, 1)	1
系统状态	不协同	低度协同	一般协同	高度协同	完全协同

3.2.2. 机场群机场间协同关系研究方法

本文根据所收集的长三角地区机场的航班时刻数据, 利用横向及纵向分析法, 统计一般时段内机场的整体延误情况及航班延误率。数据处理步骤如下:

- ① 通过飞常准 APP 首页机场, 输入机场名字搜索得到机场一天的航班数据。
- ② 选择进港次序, 将每天机场的航班数据统计截图后转成 Excel 表格。
- ③ 将每个机场 8.4~8.10 的数据汇总在一个 Excel 表中, 并且将一天分成 24 个时间段, 统计每隔一个小时的延误航班数、当日航班数、总延误时长以及平均延误时长, 根据延误航班数/当日延误数计算得到当日延误率。

4. 区域与机场群的协同度

4.1. 评价指标体系确立

要准确、完善地对长三角机场群协同度发展水平进行评价, 首先要建立科学的评价指标体系。所选指标既要能全面反映长三角机场群协同发展的特征, 又要能真实反映机场群的协同状况, 同时需要一定

的指导意义。本文依据系统性、动态性、典型性、综合性以及简明科学性原则，建立了由 3 个子系统，共 10 个指标的评价指标体系，具体如表 5 所示：

Table 5. Indicators and meanings of coordinated development in the Yangtze River Delta
表 5. 长三角协同发展指标及含义表

子系统	一级指标	二级指标	含义
外部环境子系统	社会经济	GDP (亿元)	一个国家(或地区)所有常住单位在一定时期内生产活动的最终成果
		人均 GDP (万元)	GDP/年末常住人口数
	综合运输	公路货运量(万吨)	公路运输部门实际运送的货物吨数
		铁路货运量(万吨)	铁路运输部门实际运送的货物吨数
机场群子系统	机场运营	年旅客吞吐量(万人次)	机场进、出港范围的旅客数量
		年货邮吞吐量(万吨)	机场进、出港范围的邮货吨数
	航线网络	通航城市(个)	地区机场连通其他城市机场的数量
		航线数量(条)	规定了飞机具体方向、起讫点和经停点的飞行路线数量
空管子系统	航班平均准点率(%)	航班实际出发时间与计划时间较为一致的航班数量同总航班数量的比率	
	平均延误时间(min)	航班延误的总时间的均值	

4.2. 数据收集与处理

本文对机场群与区域协同发展的研究以协同论为基础，通过客观数据量化指标实现，主要搜集 2014~2018 年间，来自国家统计局和中国民用航空总局官网的数据[11]。由于所搜集的指标数据存在量纲上的差异导致的指标数据变异，无法直接用以研究和比较，必须先采用适当的方法对所搜集的数据进行无量纲化处理。常用的无量纲化处理方法有很种，包括归一法、极值化、标准化、均值化、z-score 方法等，各种无量纲化方法都有自己适合的应用场景本文采用 Max-min 标准化方法进行无量纲化处理[12]，使所有指标数据映射在[0, 1]区间内。

计算公式如公式(6)所示：

$$X = \frac{x - \min}{\max - \min} \quad (6)$$

其中，max 表示变量的最大值，min 表示变量的最小值。

4.3. 指标权重确定

确定权重的方法多种多样，大体上可以根据其确定规范分为三类，一类是主观赋权法，如专家议会法、功效系数法，特尔斐法和层次分析法等，主要是依相关领域内专家依据其知识储备和从业经验，根据评价者的主观看法来评价每个指标在分析中所占的权重，可以直接反应指标的重要程度但是受评价者主观认知影响；另一类是客观赋权法，如熵值法、相关系数矩阵法、主成分分析法等，主要依据可搜集的数据，通过某些客观的公式、模型、分析方法计算得出指标的重要程度；以及主客观结合的赋权方法[13]本文采用熵权法对所选指标的权重进行客观赋权。

指标权重如表 6 所示：

Table 6. Weights of coordinated development indicators of Yangtze River Delta airports
表 6. 长三角机场协同发展指标权重

子系统	一级指标	二级指标	二级指标权重
外部环境子系统 (0.3096)	社会经济	GDP (亿元)	0.1027
		人均 GDP (万元)	0.1012
	综合运输	公路货运量(万吨)	0.1057
		铁路货运量(万吨)	0.0733
机场群子系统 (0.4203)	机场运营	年旅客吞吐量(万人次)	0.1048
		年货邮吞吐量(万吨)	0.0989
	航线网络	通航城市(个)	0.1082
		航线数量(条)	0.1085
空管子系统 (0.1271)		航班平均准点率(%)	0.1078
		平均延误时间(min)	0.0890

4.4. 长三角机场群协同度及有序度结果及分析

根据基于序参数的复合系统协同度模型, 将长三角机场的各项指标的统计数据代入公式(4)和公式(5)中, 得到长三角机场群系统各子系统的有序度及长三角机场群系统整体的协同度情况, 如表 7 和图 1 所示:

Table 7. The order of each subsystem of the Yangtze River Delta airport group system and the overall synergy of the Yangtze River Delta airport group system

表 7. 长三角机场群系统各子系统的有序度及长三角机场群系统整体的协同度

年份	外部环境子系统	机场群子系统	空管子系统	协同度
2014 年	0.1447	0.0000	0.1406	—
2015 年	0.0568	0.1128	0.1968	0.0248
2016 年	0.1252	0.2266	0.0941	0.0538
2017 年	0.2482	0.3369	0.0000	0.0750
2018 年	0.3096	0.4203	0.1271	0.0836

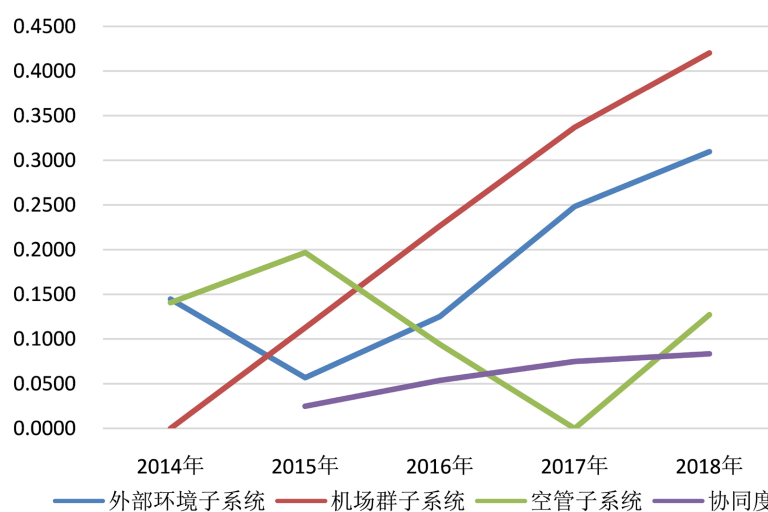


Figure 1. The order of each subsystem of the Yangtze River Delta airport group system and the overall coordination degree of the Yangtze River Delta airport group system
图 1. 长三角机场群系统各子系统的有序度及长三角机场群系统整体的协同度

从整体趋势上看, 2015~2018 年间长三角机场群系统的协同度有稳定的增加趋势, 这与经济的增长、基础设施的完善以及国家的政策颁布与政府扶持有密不可分的联系, 但是协同度终处于低协同度水平, 并于 2018 年达到最大值 0.0836。

分别从各子系统来看, 外部环境子系统的有序度在 2014~2015 年间从 0.1447 下降至 0.0568, 随后逐年上升, 这与 2014 年我国仍处于国际金融危机后深度调整时期以及航油价格下跌有关。长三角机场群子系统有序度逐年上涨至 2018 年的 0.4203, 说明这五年间长三角地区带来的人员流动需求推动长三角机场群快速提升服务水平和质量, 整体向协调发展。空管子系统有序度在 2015~2017 年间出现较大幅度的下降, 随着民航业的不断发展带来的对空域需求的增加, 空中交通管制系统能够提供的保障服务已经趋于饱和, 需要推进空管技术的进步和空域灵活使用, 以提升空管服务水平。

4.5. 序参量敏感性分析

为进一步指导提高长三角机场群的协同度, 需对每个指标进行序参量敏感性分析, 以确定每个指标对协同度影响的剧烈程度。本文对 2018 年的 10 个序参数分别进行增减 10% 的处理, 得到其变化后的协同度和协同度变化率, 分别如表 8 和表 9 所示:

Table 8. Positive sensitivity analysis of synergy degree of Yangtze River Delta airport group composite system
表 8. 长三角机场群复合系统协同度正向敏感性分析

指标	2018 年协同度	参数变化率%	变化后协同度	协同度变化值	协同度变化率%
GDP (亿元)	0.0836	10	0.0919	0.0083	9.9625
人均 GDP (万元)	0.0836	10	0.0908	0.0072	8.5954
公路货运量(万吨)	0.0836	10	0.0937	0.0101	12.0697
铁路货运量(万吨)	0.0836	10	0.1067	0.0232	27.7058
年旅客吞吐量(万人次)	0.0836	10	0.0908	0.0072	8.6574
年货邮吞吐量(万吨)	0.0836	10	0.0979	0.0143	17.1481
通航城市(个)	0.0836	10	0.0970	0.0134	15.9858
航线数量(条)	0.0836	10	0.0935	0.0099	11.8970
航班平均准点率(%)	0.0836	10	0.0899	0.0063	7.4990
平均延误时间(min)	0.0836	10	0.0812	-0.0024	-2.8673

Table 9. Negative sensitivity analysis of synergy degree of Yangtze River Delta airport group composite system
表 9. 长三角机场群复合系统协同度负向敏感性分析

指标	2018 年协同度	参数变化率%	变化后协同度	协同度变化值	协同度变化率
GDP (亿元)	0.0836	-10	0.0667	-0.0169	-20.1605
人均 GDP (万元)	0.0836	-10	0.0670	-0.0166	-19.8833
公路货运量(万吨)	0.0836	-10	0.0589	-0.0247	-29.5822
铁路货运量(万吨)	0.0836	-10	0.0628	-0.0208	-24.8747
年旅客吞吐量(万人次)	0.0836	-10	0.0690	-0.0146	-17.4148
年货邮吞吐量(万吨)	0.0836	-10	0.0596	-0.0240	-28.6931
通航城市(个)	0.0836	-10	0.0517	-0.0319	-38.1669
航线数量(条)	0.0836	-10	0.0520	-0.0316	-37.8205

Continued

航班平均准点率(%)	0.0836	-10	0.0773	-0.0063	-7.4966
平均延误时间(min)	0.0836	-10	0.0846	0.0010	1.1915

由表 8 可知,除平均延误时间这一负向指标外,将系统中每个二级指标的序参量增加 10%,整体系统的协同度均有不同幅度的增加,其中铁路货运量指标带来的增长率最大,为 27.71%;年货邮吞吐量、通航城市、公路货运量、航线数量也带来了较大增长,增长率分别为 17.15%、16.00%、12.07%、11.90%。其余指标影响均小于 10%,效果不显著。

由表 9 可知,除平均延误时间这一负向指标外,将系统中每个二级指标的序参量减少 10%,整体系统的协同度均有不同幅度的减少,且除航班平均准点率外所有指标带来的减小量均较大,平均延误时间变化影响不显著。

通过上述分析可知,除平均延误时间外所有指标的水平的骤然减小都会带来协同度的减少,而其他交通方式的同步发展与航线网络的合理建设对于提高长三角机场群复合系统协同度具有重要意义。

5. 机场群内部各机场间的协同关系

影响机场群内部机场间协调发展问题的关键在于大小型机场的内部资源分配不合理,导致大型机场航班数多,航班延误率高,延误时长较长,而小机场航班数少,机场配置资源未得到合理应用。本文选取长三角地区大中小型机场 2021 年 8 月 4 日至 8 月 10 日的航班数据,对单个机场进行整体延误时间汇总,整体延误率等计算,横向对比拥堵时段等数据处理。

① 各机场之间的航班资源分配不均

选取杭州萧山国际机场,常州奔牛国际机场作为对比组,延误情况见表 10、表 11、图 2~4。

Table 10. Delays at Hangzhou Xiaoshan International Airport

表 10. 杭州萧山国际机场延误情况

杭州萧山国际机场延误情况								
日期	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.1	8.11
合计延误时间	150	141	130	110	102	85	86	88
航班数	227	229	213	191	197	171	176	179
延误率	66.08%	61.57%	61.03%	57.59%	51.78%	49.71%	48.86%	49.16%

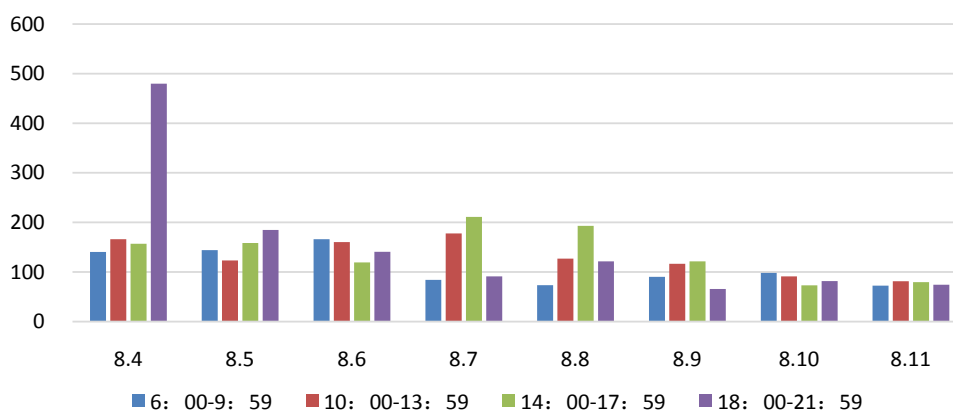


Figure 2. Hangzhou Xiaoshan International Airport 8.4~8.10 delay time

图 2. 杭州萧山国际机场 8.4~8.10 延误时间

Table 11. Delays at Changzhou Benniu Airport
表 11. 常州奔牛机场延误情况

常州奔牛机场延误情况							
日期	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.10
合计延误时间	430	95	202	100	136.5	163	39.9
航班数	29	33	25	25	31	20	19
延误率	72.41%	39.39%	60.00%	56.00%	58.06%	60.00%	47.37%

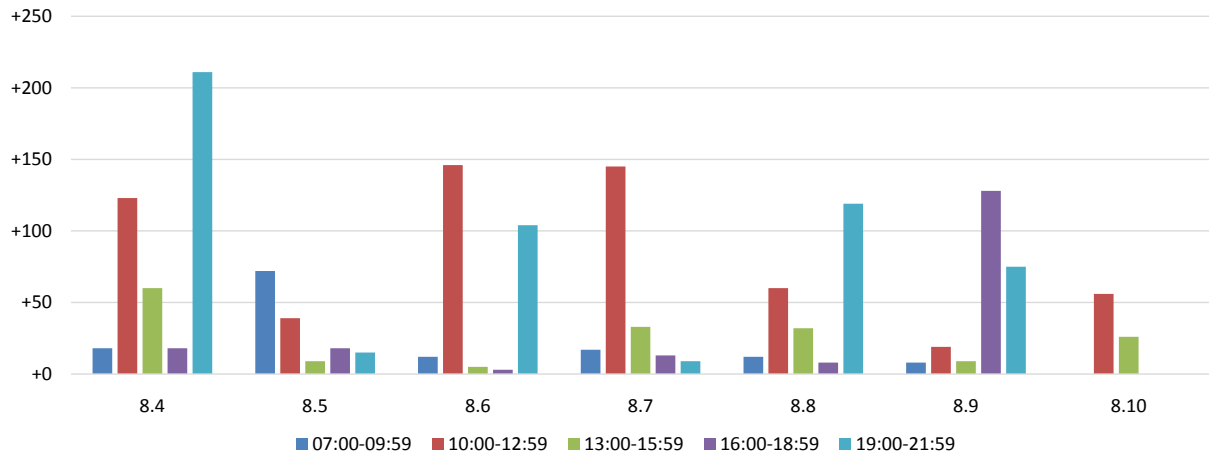
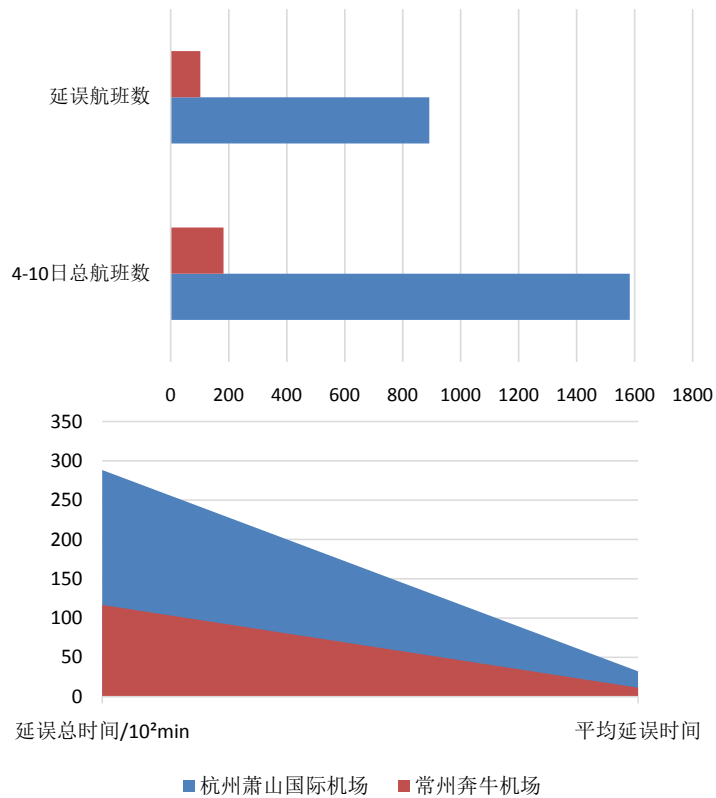


Figure 3. Changzhou Benniu Airport 8.4~8.10 delay time
图 3. 常州奔牛机场 8.4~8.10 延误时间



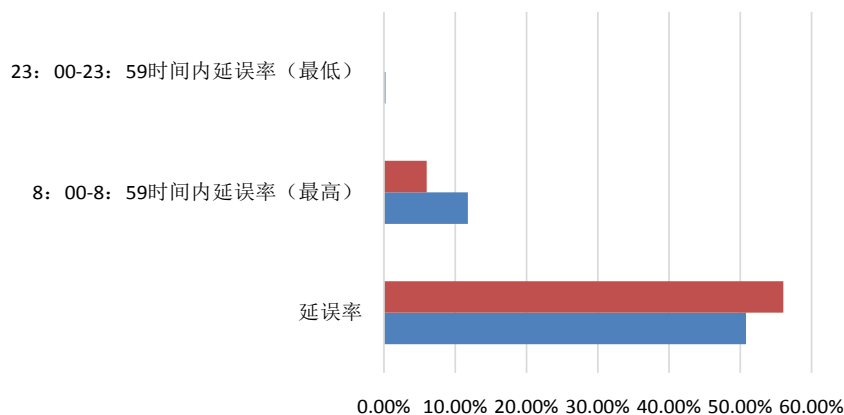


Figure 4. Comparison of delays at Hangzhou Xiaoshan Airport and Changzhou Benniu Airport

图 4. 杭州萧山机场与常州奔牛机场延误情况对比

对比两个机场数据，虽然常州奔牛国际机场的吞吐能力较杭州萧山国际机场略低，但其吞吐能力并未充分得到发挥，不饱和度高，仍有较充分的运载空间。而杭州萧山国际机场的承载能力近于饱和。据此，可以显现出长三角机场群内部航班资源分配不合理不协调，部分中小型机场资源未得到充分利用，未将长三角机场群的吞吐能力最大化。

② 机场的延误情况间接影响长三角机场群的整体发展

经统计，长三角大型机场中，2021年7日内上海浦东国际机场与杭州萧山国际机场延误航班过半(见图5、图6)，且与2019年全国大型机场准点率排名中的数据相比，延误率变化在10%以内；2019~2021年内长三角地区客货运量变化在20%以内，根据统计学检验理论可以得出，机场群内部机场与航班的协同关系对机场群整体发展有间接影响。

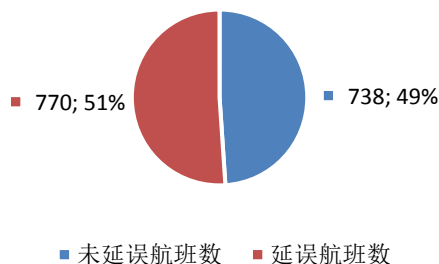


Figure 5. Flight delay rate at Shanghai Pudong Airport

图 5. 上海浦东机场航班延误率

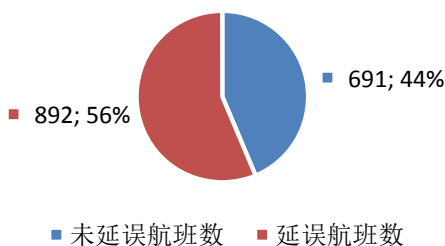


Figure 6. Flight delay rate at Hangzhou Xiaoshan Airport

图 6. 杭州萧山机场航班延误率

6. 机场群与区域协同度关系分析

通过分析数学模型，可以看出提高机场和区域的协同度可以促进机场群的快速发展，而强化机场群发展也有利于提高机场和区域协同度的提高。

首先通过上述敏感度分析，不难看出机场群子系统对于机场区域协同度的负向影响十分明显，而机场与区域协同度对于机场群子系统的敏感度是十分高的，再一次说明了机场群的发展同机场区域协同度具有与十分密切的关系。同时，结合长三角机场群复合系统协同度正向敏感度分析，可以发现要提高机场同区域的协同度，要以维持机场群子系统双变量稳定为前提，以科学提高通航城市数量、丰富航线分布为辅助，增加某机场通航城市数量、丰富某个机场的航线，但同时为了达到某地区政府相关市场行为而完全没有预备的削减某个机场的航线是完全不可取的，地方政府要强化市场引导，实现信息互联互通，依靠运筹学等学科作为支撑，科学布局航线，加强空空联运，使得扭转长三角地区长期以来的低协同度情况成为可能。

其次，区域内地方政府的交通体系建设要具有前瞻性，这也就意味着，区域内各城市主体在建设公共交通的过程中，要统一谋划，打造一到两个铁路枢纽，带动长三角区域东西南北“四翼”协同发展。通过长三角机场群复合系统协同度正向敏感度分析我们可以看到，铁路、公路对于机场和区域的协同度的正向影响是十分大的，如果能够合理部署铁路、公路布局，根据实际条件打造将区域内各个机场打造成综合交通枢纽或者类交通枢纽，逐步实现“路路通机场，场场通高铁”，将区域内机场群子系统连接起来，形成一张高效率的交通网，客观上会促进机场群的发展，不仅可以承载科学机场布局带来的巨大客流量，同时由于铁路数量的增加，机场和区域协同度也获得了显著提升。同样，从正向敏感度分析中我们可以看到，货邮吞吐量的影响非常大，因此要采用打造旅客枢纽的方式，打造货物中转枢纽，优化货运航线分布密度，促进当地经济的发展。

总之，机场群系统和机场区域协调发展系统是高度联系的，子系统任何变量的改变都会导致系统发生有“量变到质变”的变化。对此，作为区域当局要强化正向引导，减少负向措施带来的不良影响，以相关学科知识作为支撑，积极谋划，促进机场群发展，推进机场和区域深度协调建设，逐步形成机场群发展和机场区域协同发展互相促进的良好循环。

7. 结论与建议

本文以机场群与区域协同发展关系——以长三角机场群为例进行了研究，构建了复合系统协同度模型，子系统有序度模型，探讨了机场群与区域的协同发展关系，并对长三角地区的主要机场与城市群进行了敏感度分析，结论如下：虽然长三角机场群与区域的协同度逐年递增，但长三角机场群与区域的协同度仍处于低协同度水平。于机场群而言，现在的长三角机场群与区域发展处于很低的协同水平。

根据上述结论，本文为长三角区域的机场群与区域的协同发展提出以下建议：

1) 形成“2+3+X”机场布局

据数据分析统计，浦东、虹桥机场客运货量仍远多于杭州萧山、南京禄口等机场[14]，从航线来看，长三角地区干线机场优势明显，支线机场航线重合度高，同质化严重。因此，在依托上海作为国际航空枢纽优势的同时，也要兼顾提升杭州等城市的区域航空枢纽功能，激发民航对城市化的动力。建议在机场群内部，通过航线优化，逐步形成“2+3+X”机场布局——即2个超级国际机场，3个重要中转枢纽机场，X个骨干机场，利用主基地航空公司和有利政策，发挥航线优势，将上海双机场打造成国际超级中转枢纽，将南京、杭州、合肥三座城市的机场打造成重要中转枢纽，深度开发机场航线，同时形成X个骨干机场，增强通航的便捷性和迅速性。

2) 明晰骨干机场的自身定位

长三角机场群与区域发展协同度处于很低的水平,因此要对机场群优化分工布局,整合机场群资源,正确定位各机场,实现错位发展,建立机场群发展协调机制,提高机场资源利用效率;在发挥上海国际枢纽优势,辐射带动长三角区域发展的同时,苏浙皖三省也要发挥各自的区域优势,相互协调,提升都市圈一体化水平,促进区域城市化水平提升,实现长三角区域机场群与区域的协同发展。

3) 加强与铁路部门的合作

区域当局可以达成相关协议,在部分骨干机场设立高铁站。因为航线的开辟比较复杂,但铁路的布局却相对成熟,在机场群内部提供空铁联运服务会起到良好的正向反馈。因此,利用骨干机场优势,建设好空铁联运,针对不同对象设立具体出行方案,将有效利用支线机场富裕时刻资源,减少枢纽机场的延误率。

4) 提高控制交通管制服务水平

长三角机场群隶属于华东空管局主管范围,华东空管要加强各机场塔台管制员的培训,同时各机场地面要优化航空器滑行、推出程序[15],在保证安全的情况下,提高放行效率,减少航班延误,提高正点率。

5) 提高区域市场吸引力

根据前面提出的“2 + 3 + X”机场布局,利用好区域内东航等航空公司设有主基地的优势,优化航线布局,按照“政府补贴 + 市场引导”的模式,补贴一部分航线,发掘一部分市场,从而提高区域吸引力,让市场资本“走进来,分下去”,这样不仅减轻枢纽机场压力,同时还强化了机场群系统的强度,促进机场与区域协同,搭建新时代空中版“京杭大运河”。

基金项目

中国民航大学大学生创新创业训练计划资助(项目编号: IECAUC2021021); 教育部人文社会科学研究青年基金项目资助(21YJCZH075)。

参考文献

- [1] 刘海波, 刘明君. 机场与腹地经济互动发展分析[J]. 兰州商学院学报, 2009(4): 63-67.
- [2] 张啸虎. 机场与区域经济互动发展关联性研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学.
- [3] 梁的达, 吴文韬, 刘杰. 长三角机场群运行现状及对策研究[J]. 交通与港航, 2020, 7(4): 2-8.
- [4] 沈敏路. 澳门国际机场发展战略研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2008.
- [5] Haken, H. (2004) Synergetics: Introduction and Advanced Topics. *Springer*, **67**, 773-774. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-10184-1>
- [6] 夏业领, 何刚, 王雯雯. 资源型城市生态经济系统协同度评价——基于复合系统协同度模型[J]. 安徽理工大学学报: 社会科学版, 2017, 19(4): 44-51.
- [7] 官建成, 张华胜. 界面管理水平评价的灰色聚类方法与应用[J]. 北京航空航天大学学报, 2000, 25(4): 465-469.
- [8] 郑刚, 朱凌, 金珺. 全面协同创新: 一个五阶段全面协同过程模型——基于海尔集团的案例研究[J]. 管理工程学报, 2008, 22(2): 24-30.
- [9] 孟庆松, 韩文秀. 复合系统协调度模型研究[J]. 天津大学学报, 2000, 33(4): 444-446.
- [10] 陈飞超. 基于复合系统协同度模型的京津冀机场群协同发展研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 中国民航大学, 2019.
- [11] 李海超, 盛亦隆. 区域科技创新复合系统的协同度研究[J]. 科技管理研究, 2018, 38(21): 29-34.
- [12] 李兴奇, 高晓红. 无量纲化方法的有效性评价[J]. 统计与决策, 2021, 37(15): 24-28.
- [13] 何超, 李萌, 李婷婷, 彭雪, 李婕, 赵锦慧. 多目标综合评价中四种确定权重方法的比较与分析[J]. 湖北大学学报

报(自然科学版), 2016, 38(2): 172-178.

[14] 杨晨, 薛美根, 吉婉欣, 等. 长三角交通一体化发展的若干思考[J]. 城市交通, 2020, 18(4): 64-70.

[15] 张序, 陈琳, 姚果, 等. RNP 运行在蓉-拉航线上的优势研究[J]. 长沙航空职业技术学院学报, 2012, 12(3): 57-62.