

我国机场群效率研究综述

王馨馨, 石丽娜

上海工程技术大学航空运输学院, 上海

收稿日期: 2023年11月6日; 录用日期: 2023年12月20日; 发布日期: 2023年12月28日

摘要

我国航空运输业近年来得到了快速发展, 在《新时代民航强国建设行动纲要》指出了要大力推动我国京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等世界级机场群建设, 为我国机场群形成发展提供契机和提出了要求。在机场群形成过程中出现了协调发展模式不合理、资源配置效率低等问题。本文对我国关于机场群效率的文献, 按照研究内容、研究方法和机场群效率测量指标进行分析, 并针对每部分内容进行分类梳理, 总结我国机场群效率研究现状和不足, 提出未来我国机场群效率研究方向建议。

关键词

机场群效率, 机场群发展模式, 文献综述

Summary of Research on the Efficiency of Airport Clusters in China

Xinxin Wang, Lina Shi

Air Transport College, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Nov. 6th, 2023; accepted: Dec. 20th, 2023; published: Dec. 28th, 2023

Abstract

In recent years, China's aviation transportation industry has experienced rapid development. The Action Plan for Building a Strong Civil Aviation Country in the New Era points out the need to vigorously promote the construction of world-class airport clusters in China, such as the Beijing Tianjin Hebei, Yangtze River Delta, Guangdong Hong Kong Macao Greater Bay Area, and Chengdu Chongqing, providing opportunities and requirements for the formation and development of airport clusters in China. In the process of forming airport clusters, there have been problems such as unreasonable coordinated development models and low efficiency in resource allocation. This article analyzes the literature on airport cluster efficiency in China according to research content, research methods, and airport cluster efficiency measurement indicators. It categorizes and sorts

文章引用: 王馨馨, 石丽娜. 我国机场群效率研究综述[J]. 运筹与模糊学, 2023, 13(6): 7417-7424.

DOI: 10.12677/orf.2023.136729

out each part of the content, summarizes the current status and shortcomings of airport cluster efficiency research in China, and proposes suggestions for future research directions on airport cluster efficiency in China.

Keywords

Efficiency of Airport Clusters, Airport Cluster Development Model, Literature Review

Copyright © 2023 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

2020年民航局两次下发了《长江三角洲民航协同发展战略规划》，对长三角机场群功能定位、航线网络建设差异化发展、上海航空枢纽建设、机场物流与货运发展、空域资源供给等诸多内容进行讨论，对战略规划提出建议和意见。2023年华北局组织召开《京津冀民航发展蓝皮书·2022》发布会，对京津冀地区航空运输市场情况进行系统、全面的梳理，展现了京津冀民航协同发展取得的最新进展，便于全行业各领域更加深入地了解。对京津冀地区航空运输市场进行了全方位多角度的分析、研究。机场作为航空运输系统的关键组成部分，其高效运行对航空运输系统效率的提高有着重要意义，提高机场效率有利于提高我国机场竞争力、实现民航强国。同时，要想提高整个机场行业的效率，不仅需要提高单个机场的运行效率，还要提高机场群的整体效率。

如何对机场群中各机场资源进行合理分配、分工合作，以较少的投入获得较高的产出，使得机场群运行有效率，是当下对机场群研究的热点。通过知网(CNKI)按照主题“机场群效率”进行检索，发现共有期刊81篇，学术论文81篇，会议两篇，报纸两篇，关于对机场群效率的研究文献很少。我国从2007年开始出现“机场群”一词，本文通过对我国相关机场群效率研究文献进行汇总和梳理，从机场群研究内容、机场群效率研究方法和机场群效率评价指标三个方面进行文献梳理，对我国机场群研究现状的特点进行评述，并从各部分对机场群运行效率发展提出了展望，为我国仍处在发展阶段的机场群建设和发展路径提出建议。

2. 机场群及其运行效率

近年来全球的经济迅猛发展，我国航空运输业的运输需求随着全球经济迅猛发展也逐渐增加，机场，航空公司和空管是民航发展的三大系统，而机场作为民航三大系统之一，在运输业的迅速发展过程中，也得到了迅猛发展，我国的航空网络业相对趋于区域化，并以此为契机形成了京津冀、长三角、珠三角和成渝四大机场群，但是相比于其他发达的国家，我国机场群发展相对还不成熟，需要基于我国发展情况借鉴机场群相对成熟欧美机场群的发展路径。

2.1. 机场群

机场群是一个中国学界及业界倡导的原创性概念与实践。随着航空运输业的蓬勃发展，各个机场之间不再是一个孤立的系统，对机场群的研究将会越来越重要。虽然已经有许多关于机场群的研究，但如今仍然没有形成对机场群的统一定义。

国外在70~80年代就已经出现了对多机场体系的研究。国内与之相相似的是“一市两场”概念。张宁

[1]首次在我国用到机场群这个概念,认为机场群是以资源配置优化为目标,在区域内形成机场协同关系,以满足航线布局、空中交通管理与国家区域发展战略等要求。张越、胡华清[2]将机场群定义为由于城市群发展使得航空运输需求增加,单个机场满足不了运输需求,机场群是城市群内各机场为满足需求形成协调配合的整体。张炜娜[3]将机场群定义为航空运输业发展到一定程度后形成的产物,是指根据航线总体布局、航班编排、空中交通管制、机场产业联合、航空运输合理化、地理限制、生态自然环境制约与国家区域发展的战略要求,通过对特定区域内各机场的资源进行优化配置,产生的而一种互相协同运作的关系。屈云茜[4]认为机场群是由两个或两个以上地理位置相距较近的机场组合而成的系统整体,以一个或多个机场为核心机场,各个机场之间存在相互作用。莫辉辉[5]将机场群定义为在一定区域范围内,以一个或多个大型机场为核心,各机场通过基于航空需求的地面运输与区内城市之间形成的空间集群。

根据莫辉辉对机场群概念的描述,从空间角度对机场群、多机场体系和区域机场体系进行区分,如图1,对机场体系主要是指大都市区内的机场之间的主次关系分明,比如上海市的“一市两场”的机场发展模式,机场群则是依托于城市群的基础上,相近城市之间的机场汇总而成的机场网络,是一个整体发展的关系,比如珠三角机场群、长三角机场群和京津冀机场群,区域机场体系则主要是根据我国的经济规划区来划分的,是相对其他两者来说空间范围更加广泛的体系。莫辉辉将多机场体系视为一种特殊的机场群,即空间局限在大都市区范围内的少量机场之间的相互作用集群。

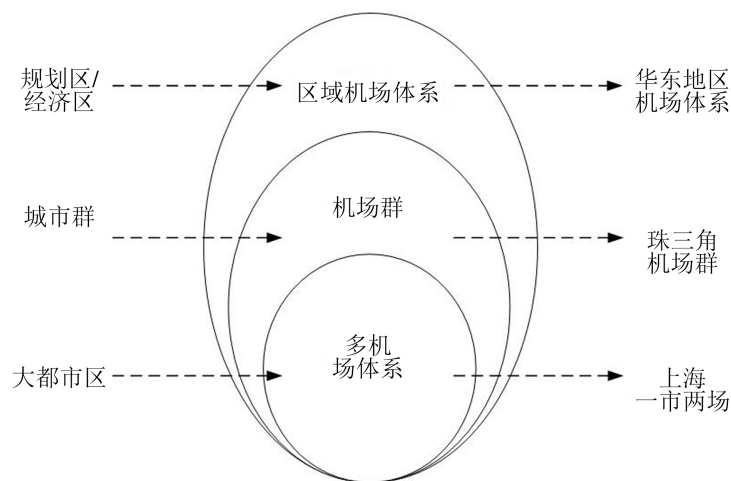


Figure 1. Schematic diagram of the air relationship between airport clusters, multi-airport systems and regional airport systems

图 1. 机场群、多机场体系和区域机场体系空关系示意图

2.2. 机场群运行效率

关于机场群效率的定义,国内外没有形成统一的概念。根据效率的定义是指投入产出比,可将机场群效率定义为在一定产出水平下使用最小投入的能力。机场群效率可以理解为在安全公益的前提下,群内各机场可以满足社会需要并有效利用机场群内的资源。本文机场群效率是指机场群运行效率,机场群在投入方面的资源与在运行产出的收益之比。具体包括的资源有:机场资源、航线资源、空域资源、地面交通资源、外部发展环境资源,是机场群运行效率的综合体。机场群效率是一个综合指标,不仅体现了机场群对群内各种资源的配置能力,同时也反映机场群运行能力。曾竹喧[6]认为机场群效率指的是机场群整体技术效率,是衡量机场群以一定的投入下获得最大产出或者在产出水平固定下控制最小投入能力的方法。

在探讨机场群运营情况时,主要从经营成本和收益等财务指标方面出发对机场群内机场、航空公司和

空管系统多方面进行研究, 多采用综合评价法, 而针对机场群运行则着重研究机场群所能提供的航空运输业务的能力, 主要导向是更多的客货运数量, 主要对其内部各机场功能定位和整体资源分配进行研究。

3. 机场群效率研究内容分析

我国对机场群的研究内容广泛, 主要从机场、空管两个角度对机场群发展模式、功能定位、资源配置、航线网络、航班时刻等方面进行了较为广泛的研究。针对机场群效率的研究, 通过整理和归纳分析近年的相关文献, 发现国内外关于机场群运行效率研究主要集中于三个方面: 一是机场群发展模式和功能定位角度对机场群运行效率进行研究, 选取发展运行能力较强, 比较有代表性的机场群对其发展模式进行效率测算和分析, 为机场群发展模式选择和功能定位提出建议; 二是从机场群资源配置角度研究机场群的运行效率, 对机场群各机场的资源配置效率进行测算, 包括机场资源、航线网络配置资源和时刻资源等, 通过计算与评价机场群整体和各子系统机场运行效率来研究机场群的运行效率; 三是从影响运行效率的各项指标因素角度考虑, 通过定性和定量的方法研究分析影响运行效率的主要因素, 对影响程度较高的因素提出有效的改进策略。

3.1. 机场群发展模式

随着机场群的形成和不断发展, 机场群协调性问题日益严重, 关于如何提高机场群协调性的研究也逐渐增多, 我国各机场群存在不同程度的同质化严重、功能定位不合理等问题。郑燕琴[7]将机场群协调发展分为了发展模式、规划布局和总延误成本最小化三个部分, 并归纳已取得的成果, 分析其对我国机场群协调发展的借鉴意义。本小节主要讨论机场群在选择的发展模式方面的效率情况。

翁亮[8]使用 DEA 模型对机场群的协调发展性进行了有效评价, 并从系统论和协同学原理的角度定义机场群, 在分析了区域内各机场之间的协调发展原理之后, 对京津冀区域机场群内各个机场之间的综合效率进行测算, 指出了区域内各个机场之间相互配合、协调发展的重要性。张炜娜[3]为了计算京津冀机场群协调发展效率, 建立了机场群协调效率的 DEA 交叉模型, 建立了用于评价多个机场之间协调发展效率的 DEA 交叉模型, 该交叉模型可用于评价两两机场之间的协调效率和发展效率。杨新涅[9]提出了机场群的综合分类模型并以珠三角为例, 进行机场功能定位, 该方法的分类结果客观性强。张莉[10]提出了在将来一定时间内机场群发展的新模式趋势, 认为多核机场群是未来机场群的主要模式, 并通过对比分析多核机场群与单核机场群的特点, 发现前者在服务能力、服务范围等多方面具有更好的优势。曾竹喧[11]使用数据包络分析对机场群效率分析, 针对效率测算结果从机场群协作发展模式和资源配置等方面提出了建议。梁的达[12]认为机场群协调效率是对相邻机场间竞争问题的分析和探索, 并对机场的发展提供建议。高黎[13]使用数据包络分析对我国四大机场群效率进行了分析, 认为需要重视机场之间的相互协调, 同时需要注意机场群之间各部门的资源分配。李林林[14]提出“区域多枢纽机场”定义, 阐述了区域多枢纽机场协同发展的运营模式, 即单中心、多中心和混合中心枢纽群, 分别从国内市场、国际市场和航空公司的航线网络布局三个角度出发阐述了区域多枢纽机场协同发展的方式。景崇毅[15]在对机场群效率的研究中发现, 在区分主次模式的机场群发展模式往往具有更高的运营效率, 且次要机场效率一般低于主要机场。宋如博[16]列举了并行模式和互补模式两种机场群运行模式, 作者已经讨论了两者的平均运行效率的差异及原因, 补充模式的运行效率明显高于并行模式, 并用中介模型对其进行了检验。

我国学者对机场群发展模式进行探讨并对运行效率测算, 对我国机场群发展模式进行了许多探讨研究。

3.2. 机场群资源配置

机场群资源配置角度研究机场群的运行效率, 对机场群各机场的资源配置效率进行测算, 包括机场

资源、航线网络配置资源和时刻资源等, 通过计算与评价机场群整体和各子系统机场运行效率来研究机场群的运行效率。

彭瑛[17]建立了多机场群运行综合评估指标体系研究机场群空域运行效率, 对空域资源配置效率进行分析。王飞[18]运用 Malmquist 指数方法分析了长三角碳排放的静态和动态效率。王茜[19]用数据包络分析法对我国的三大机场群效率进行测算, 从资源配置角度研究机场的投入产出比例结构, 分析原因并提出调整建议。马睿馨[20]选取长三角机场群、京津冀机场群和纽约机场群, 使用并行 DEA 方法对其运行效率进行测算并进行冗余分析, 认为我国机场群资源配置有待优化。乔晓莹[21]基于航班的进离场流程对比分析了我国四大机场群的运行效率, 通过使用组合熵权秩和比法确定了评价指标的权重, 分别对我国四大机场群中的首位机场进行综合评价。

3.3. 机场群效率影响因素

机场群是一个很复杂的系统, 受到很多因素的影响。基于机场群效率研究文献, 机场群的发展模式、机场群的规模、航空公司数量、机场群内部地面交通运行效率以及发展历程等因素都会影响机场群的运行效率。

国外对机场群运行影响因素的分析集中于机场设施设备资源、空域资源等方面。我国对机场群运行效率的影响因素较少, 只是在部分文献中提及。张宁[1]指出机场群决策的 7 个资源要素, 包括航空活动需求, 空域资源, 航线资源, 土地资源, 航空煤油, 技术和资金。陈团生[22]认为航空客流发展水平和航空公司数是机场群发展的影响因素; 褚衍昌[23]将影响机场效率的因素分为内部微观影响因素、行业中观影响因素和外部宏观影响因素, 这三部分分别对应机场自身资源、航空运输产业和经济环境。其中, 机场效率受微观因素的直接影响, 受中观因素的间接影响。屈云茜[4]认为机场群的运行受自然环境与社会环境影响, 同年欧阳杰[24]从管理方面提出机场群发展的影响因素为地理位置、市场需求、政府政策、航空公司战略和机场管理, 陈欣[25]构建了复合系统耦合协同发展度评价模型, 对长三角多机场复合系统评价, 研究表明地区经济发展水平的高低是影响机场与区域耦合协同发展程度的关键因素。李若琪[26]在提出可控和不可控因素, 可控因素受到机场经营者的控制, 在短期内可以根据机场的运行状况改变; 不可控因素指不受机场控制但会对机场效率产生影响的因素, 也称为外部环境因素。陆燕楠[27]总结了影响中小规模机场运营的内外因素, 分别从横向和纵向两方面, 对比中小规模机场的运行效率差异, 运用回归模型研究了影响因素。梁的达[28]认为机场群运行与机场、航空公司、空域资源、地面交通和机场群外部发展环境有关。通过对相关文献的梳理, 可以看到政府政策、经济水平、其他运输方式的竞争、机场资源、航线资源、空域资源、地面交通资源等因素均对机场群运行效率产生影响。

通过归纳文献对机场群效率影响因素的阐述, 可见机场群效率影响因素可以分为地面资源包括机场、城市交通群发展水平、空域资源和包括航空公司在内的外部环境四方面。

4. 机场群效率研究方法综述

经过文献阅读可以发现, 对机场群效率的计算和评估主要用的是综合评价法, 该方法运用多个指标对多个参评单位进行评价, 包括分层评级法、数据包络分析法和模糊综合评价等。对机场群运行效率情况的评价方法又可以细分为分层评级法和前沿分析法。总结前人的相关研究文献, 发现主要是用的前沿法对机场群的运行效率进行计算和评估。本文主要对使用以上两种方法对机场群运行效率的文献进行综合梳理。

4.1. 分层评级法

戴杰辉[29]针对空管系统延误效能进行了模糊层次综合评估, 杨新涅[30]和张建平[31]分别针对区域

管制中心和终端区空中交通运行品质进行了综合评估。彭瑛[17]建立了关于多机场群的综合评估模型。应用基于状态分类的多层次综合评估模型, 构建评估目标层、准则层和指标层, 将运行效能等级和交互影响等级各分为4个等级。最后对16个典型的多机场群应用该模型, 评估选出最优方案, 最后进行仿真验证指标体系可行性。梁的达[12]在文章中通过构建组合权重法和灰色关联度法结合使用的综合评价方法评价我国长三角机场群的运行效率, 提出效率提升的建议。李林林[14]构建了航线网络协同程度综合评价模型, 将评价指标划分三级, 用主成分分析法对区域多枢纽机场航线网络协同程度进行评价研究。

在对机场群运营效率情况的研究中多数用到综合评级法, 建立多层次指标, 涵盖财务指标和运行效率指标, 对指标的赋权方法也采用主客观相结合的方法, 对机场群效率进行客观和主观相结合的方法和进行研究和评价。

4.2. 前沿分析法

对机场群效率的研究多采用前沿分析法(FA), 即将运行效率最高的几个机场连接起来形成生产前沿面, 其他机场则被包含在这个前沿面里面, 到这个生产前沿面的距离就代表了该运行的无效值。在梳理文献时可见对机场群效率测算使用到最多的方法是数据包络分析法。

张炜娜[3]建立了机场群协调效率的DEA交叉模型, 建立了用于评价多个机场之间协调发展效率的DEA交叉模型, 该交叉模型可用于评价两两机场之间的协调效率和发展效率。王茜[19]使用数据包络分析方法对我国三大机场群的效率进行计算并对比分析, 分析各输入指标对机场效率影响的敏感性, 通过对非有效机场进行投影分析, 提出改进的建议。杨新渥[9]建立了机场群的超效DEA模型、Logit模型和聚类分析组合分类模型, 对珠三角机场群内各机场使用该方法进行梯度区分定位。曾竹喧[11]针对使用数据包络分析对机场群效率分析时容易忽略系统的内部结构这一问题, 提出使用并行DEA模型对机场群效率进行测算, 并从机场群整体效率和分地区效率以及机场子系统效率三方面分别与传统DEA测算结果作对比, 表明并行DEA可以更好的区分机场之间的效率差异。梁的达[12]从机场群内单个机场角度出发, 考虑环境变量和统计噪声对机场效率评价的影响, 采用三阶段DEA方法对机场效率进行评价, 运用Malmquist指数分析各机场的生产率变动情况。韩东[32]基于数据包络方法对华东机场群内30个主要机场的运营效率进行评价与分析, 建立了含非期望产出的超效率SBM模型。研究表明相比于大型机场, 小型机场在考虑非期望产出之后运营效率值有明显提高, 表明其在延误处理与服务旅客方面好。高黎[13]采用数据包络评价方法测算了我国四大机场群的运行效率值, 采用数据包络法的CCR模型, 分别用均值和加权平均两种方式进行效率测算和对比分析, 发现在效率变化趋势方面, 加权平均模型测算的效率有更明显的变化趋势, 但在测算值方面低于均值模型的效率值, 有助于对机场群效率变化过程发现问题。马睿馨[20]针对机场群中枢纽机场资源配置效率不高问题, 构建机场时刻资源功能契合性评估体系, 可以识别低效率航班。景崇毅[15]应用将并行网络DEA模型与中介效应模型进行结合的方法, 对世界主要机场群, 主要包括中国欧洲和美国的主要机场效率进行研究测算, 分析了以上的机场群其运营现状、效率差异、影响因素及驱动机制。宋如博[16]使用并行网络DEA模型, 对欧洲、美国和国内的主要机场群进行效率评价, 并从全样本机场群、不同区域机场群好人不同发展模式下的进行效率对比分析, 发现我国相较于发达国家效率低, 资源配置效率有待优化。

在对我国机场群进行运行效率测算时, 多使用数据包络分析及在其基础上改进的方法并与传统测量方法进行比较, 分析机场群运行效率的影响因素, 提出新的研究方法更加具有真实性。

经过上述研究总结发现在研究机场群时, 从运营角度出发多使用综合评价法中的分层评级法, 运行效率测算方面多采用的是数据包络方法进行分析, 且采用的方法比较多变。关于两者结合来对机场群效率研究的文献很少。

5. 机场群效率测算指标选取

指标选取需要遵守系统性、客观性、可操作性等原则, 科学合理的评价指标能决定研究结果的真实有效性。对机场群效率的测算和评估, 需要对评价指标进行合理选取和进行必要的相关性检验和敏感性分析。科学、合理的选取投入和产出指标是评价机场群效率的基础, 也是效率评价过程中的关键步骤。基于在对机场群效率研究多数选择综合评级法和前沿分析法, 本文对使用两种方法进行机场群效率测算的文献进行指标梳理汇总如表 1。在选定指标后, 对指标进行相关性分析或稳定性分析, 在确保所选取的指标达到要求后对指标进行赋权和可行性处理, 常用方法为熵权法和层次分析法。

在指标选取方面主要从投入和产出两方面来对前人文献经常使用的指标进行统计。对我国机场群效率评价指标的汇总如表 1, 在投入指标选取中主要从机场运行能力指标、航线网络连通能力和运营成本投入等方面考虑。产出指标一般考虑期望产出, 对非期望产出的考虑较少, 期望产出指标选取中主要从反映机场总体运输规模、机场运营收益的方面考虑, 非期望产出方面有对噪声、航班延误率和旅客投诉书等方面进行考虑。

Table 1. Commonly used evaluation indicators and their interpretations

表 1. 常用评价指标及其释义

| 指标类型 | 指标名称 | 使用文献 | 指标解释 |
|------|-------------|--------------------------|--------------|
| 投入指标 | 通航点(通航城市) | [16] [19] | 反应机场航线网络连通能力 |
| | 运营航空公司数 | [3] [14] [20] | |
| | 航站楼占地面积 | [11] [13] [14] [15] [19] | |
| | 停机位个数/停机坪面积 | [13] [11] [19] | 反映机场运行能力 |
| | 跑道长度 | [15] [16] [32] | |
| | 运营成本 | [3] | 反映财务方面投入 |
| 产出指标 | 旅客吞吐量 | [3] [11] [15] [19] [20] | 反映总的机场的运输规模 |
| | 货邮吞吐量 | [3] [11] [15] [19] [20] | |
| | 飞机起降架次 | [3] [16] [19] | |
| | 运营收益 | [3] | 反应机场运营收益 |
| | 噪声 | [12] | |
| | 航班延误率 | [32] | 非期望产出 |
| | 旅客投诉数 | [32] | |

6. 结论与展望

通过对前人文献梳理总结, 本文先介绍了机场群定义、机场群运行效率和机场群效率影响因素三个方面。分析发现, 在研究内容上: 我国学者对机场群效率的研究主要集中对机场群协调发展模式和机场群内的资源配置效率进行研究。我国与其他发达国家在城镇地理位置不同加之机场群形成较晚, 在机场群发展模式方面可参考性方面较少, 但是我国学者针对我国机场发展提出了适应我国的“并行模式”、“互补模式”等。在机场群资源配置效率方面研究较少, 主要研究资源配置的优化。但是在机场群运行效率研究较为成熟。在机场群效率研究方法部分: 主要综述了常用的分层评级法和数据包络分析方法。多数学者使用数据包络法及改进的数据包络法对我国长三角、京津冀、珠三角和成渝机场群四大机场群来研究我国机场群整体和各机场的运行效率, 并对其进行冗余分析, 提出改进和发展建议。最后对机场群效率测算的指标进行了汇总分析, 投入指标较为全面, 产出指标多数使用旅客吞吐量、货邮吞吐量和

飞机起降架次, 对非期望产出指标使用较少。

在今后的研究过程中, 效率测算可以使用更加完善的方法, 指标选取方面应该尽可能客观真实有代表性, 选取和指标选取需要合理且系统性, 并提出根据说服力和可操作性的方式方法以促进我机场群效率的提高。

参考文献

- [1] 张宁. 基于交通资源优化配置的机场群整合问题[J]. 综合运输, 2007(6): 16-20.
- [2] 张越, 胡华清. 区域多机场系统的英国模式[J]. 综合运输, 2007(6): 78-80.
- [3] 张炜娜. 基于数据包络分析的我国机场效率分析[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2014.
- [4] 屈云茜. 我国多机场系统的内涵、分类与特性[J]. 厦门理工学院学报, 2014, 22(4): 51-56.
- [5] 莫辉辉, 王姣娥, 高超, 等. 机场群研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2021, 40(10): 1761-1770.
- [6] 曾竹喧. 运用数据包络分析方法的机场群效率研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2020.
- [7] 郑燕琴. 机场群协调研究综述[J]. 现代经济信息, 2012(11): 324.
- [8] 翁亮, 田琳, 刘晏滔. 京津冀区域多机场系统的和谐发展之路[J]. 综合运输, 2007(10): 25-29.
- [9] 杨新渥, 王倩. 机场群综合分类评价方法研究[J]. 现代电子技术, 2017, 40(16): 135-139.
- [10] 张莉, 张越, 胡华清. 核心机场与多核机场群发展模式及其特点研究[J]. 综合运输, 2018, 40(1): 50-55.
- [11] 曾竹喧, 杨文东. 基于并行 DEA 模型的长三角机场群效率研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2019, 41(4): 405-410, 421.
- [12] 梁的达. 长三角机场群运行效率评价方法研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2019.
- [13] 高黎, 景崇毅, 赖桂瑾. 国内机场群运营效率对比研究[J]. 综合运输, 2020, 42(8): 8-11, 27.
- [14] 李林林. 区域多枢纽机场航线网络协同优化研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 中国民航大学, 2020.
- [15] 景崇毅, 宋如博, 吴孟瑶, 等. 基于并行网络 DEA 模型的机场群效率研究[J]. 地理信息世界, 2022, 29(2): 99-105.
- [16] 宋如博. 机场群发展模式及运行效率研究[D]: [硕士学位论文]. 广汉: 中国民用航空飞行学院, 2022.
- [17] 彭璵. 多机场群运行评估与优化研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2014.
- [18] 王飞. 基于 DEA 方法的长三角地区区域碳排放效率及影响因素分析[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2015.
- [19] 王茜, 杨新渥. 基于 DEA 的我国三大机场群效率分析[J]. 航空计算技术, 2017, 47(3): 45-49.
- [20] 马馨馨. 机场群资源配置优化研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2021.
- [21] 乔晓莹, 贺瑞端. 基于组合熵权秩和比法的机场群运行效率综合分析[J]. 综合运输, 2021, 43(4): 15-21, 60.
- [22] 陈团生. 多机场系统运营特征及发展策略分析[J]. 中国民用航空, 2008(7): 59-61.
- [23] 褚衍昌. 机场运营效率评价与改善研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 2009.
- [24] 欧阳杰, 陈晓珍. 基于生命周期理论的京津冀机场群协同发展战略[J]. 综合运输, 2014(12): 58-62.
- [25] 陈欣, 王海燕, 李军会, 等. 长三角区域多机场复合系统耦合协调发展度评价研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2014, 14(3): 214-220.
- [26] 李若琪. 我国省会机场生产效率评价研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 中国民航大学, 2016.
- [27] 陆燕楠. 中小机场运营效率研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2016.
- [28] 梁的达, 夏洪山, 李欢, 等. 基于加性 DEA-Tobit 两步法的机场运行效率分析[J]. 航空计算技术, 2018, 48(3): 95-98.
- [29] 戴杰辉, 赵勇, 聂润兔. 空管系统延误效能的模糊层次综合评估[J]. 中国民航飞行学院学报, 2009(2): 33-36.
- [30] 杨新渥, 龚铮, 朱承元. 区域管制中心效率评估指标体系的研究[C]//第三届全国智能交通与人工智能学术研讨会论文集. 2012: 52-55, 59.
- [31] 张建平, 胡明华, 刘卫东. 终端区空中交通管制运行品质综合评估[J]. 西南交通大学学报, 2012, 47(2): 341-347.
- [32] 韩东. 华东机场群运营与协调发展研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2020.