

区域实践

河南省区域机场发展同质化研究

王晨鑫, 陈 肯, 祁美云, 李市平

(中国民用航空飞行学院空中交通管理学院, 四川 广汉 618307)

摘要: 以河南省区域机场和武汉、西安形成的省级机场群为研究对象, 研究区域机场发展同质化。根据机场特点解构各个维度的同质化表现形式, 建立多维指标, 并给出针对各个特征指数的同质化水平衡量方式。以河南 4 座机场群为例, 展开同质化水平评估。根据测算结果, 运用 ArcGIS 软件绘制河南省区域机场同质化水平示意图。研究发现: 新郑机场独立性和国际性较强; 而位于河南省西部和南部一带的南阳和洛阳机场, 存在着机场定位相近以及航线同质化问题; 南阳与信阳机场由于河南南部和湖北北部之间的机场分布密度差距较大, 也受限于本身的规模, 从而导致两者之间同质化。根据结论, 针对河南省内各个机场提出了如何协调机场发展, 根据机场的定位和城市的发展进行降低同质化等措施。

关键词: 同质化; 向量距离; 区域机场; 协调发展; 节点关联度

中图分类号: V351; [U8] **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)03-0133-07

机场作为现代航空运输系统的重要组成部分, 在国家交通体系和区域经济发展中扮演着至关重要的角色。强调了民航机场对于全国运输业的重要性, 以及在运输行业里的引导地位。现阶段国内大多数为中小机场, 学者们主要研究的是几个机场联合指挥、内部部门协调、各个小机场群之间的联系, 以及小机场的运营补贴情况^[1-2]

对于省内机场群来说, 多数省份都是一个枢纽机场和几个中小机场形成的机场区域网络。然而在省内几个机场形成的机场区域网络内, 机场发展同质化现象逐渐突出, 所呈现出来的特征是: ①不同机场在服务设施、航班安排、管理模式等方面呈现出相似性, 这种同质化现象可能导致区域内多个机场同质化发展会导致激烈的竞争, 造成航空公司和机场之间价格战和服务竞争, 降低整体盈利能力; ②资源浪费, 区域内多个同质化机场会导致资源配置不均衡, 一些机场过度投入而其他机场资源闲置, 造成资源浪费和效率低下; ③服务质量下降, 为了应对同质化竞争压力, 部分机场可能会牺牲服务质量以降低成本, 导致乘客体验下降, 甚至出现安全隐患; ④交通拥堵, 多个同质化机场可引发周

边地区的交通拥堵问题, 增加旅客出行成本, 对当地交通和环境造成负面影响; ⑤缺乏创新, 同质化的机场发展模式可能限制创新能力和技术进步, 阻碍机场业务的多元化发展和提升; ⑥空中和地面资源冗余, 多个同质化机场容易导致航班资源重叠和地面设施冗余, 影响整体运营效率和资源利用率; ⑦经济风险增加, 区域内多个同质化机场可能使某些机场面临经济风险, 特别是小型机场在激烈竞争中难以生存, 可能面临倒闭风险。

针对机场同质化问题, 朱春彦^[3]运用复杂网络分析技术建立了全国范围及 4 个主要机场集群的航空客运网络模型, 同时, 基于禁忌搜索算法, 以成渝机场集群为案例创建了机场集群航线网络的优化模型, 并进行了求解。刘才华等^[4]建立了一个包括属性信息的机场群航线网络, 并利用网络嵌入学习技术形成整合了机场属性和机场网络特征的机场特征向量。

本文通过建立多维指标模型, 以河南省 5 个机场以及与武汉和西安两座省级地区枢纽机场形成的大型区域机场为例进行同质化水平测算, 以期河南省机场群避免同质化发展提供理论参考和发展建议。并提出相应的评估方法和应对策略, 以促

收稿日期: 2024-08-29

基金项目: 国家自然科学基金(U2333209); 国家重点研发计划(2021YFF0603904)

作者简介: 王晨鑫(1999—), 男, 河南洛阳人, 硕士研究生, 研究方向为机场群发展优化; 陈肯(1969—), 男, 四川仪陇人, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向为飞行程序设计与优化; 祁美云(1999—), 女, 满族, 辽宁沈阳人, 硕士研究生, 研究方向为机坪运行管理; 李市平(2000—), 男, 傣族, 云南临沧人, 硕士研究生, 研究方向为飞行冲突。

进机场管理的优化和航空产业的可持续发展。

1 数据来源与指标体系

1.1 数据来源

数据来源于河南机场集团官网以及各个机场官网所提供的 2023 年机场旅客吞吐量、中国民航局官网所公布的 2023 年机场航空业务数据,以及“飞常准”App 提供的河南省 5 地以及武汉和西安的客货运吞吐量、航班起降架次以及预测航班量,政府统计局官网所公布的 2023 各市的 GDP、常住人口等。

1.2 多维指标体系

中小机场发展特征以及同质化原理是基于层次分析法,测度中小机场同质化水平应考虑 3 个一级指标和 9 个二级指标,即目标层为河南省区域机场同质化水平(G),准则层为民航运输量(C_1)、机场基础设施(C_2)和航线网络(C_3);民航运输量(C_1)下分指标层为客运吞吐量(A_1)、货运吞吐量(A_2)、航班起降架次(A_3)、预测航班量(A_4);机场基础数据(C_3)下分航站楼面积(A_5)、停机位数量(A_6)、跑道数量长度(A_7);航线网络(C_3)下分通航航线(A_8),航线客运量(A_9),如图 1 所示。

2 研究方法

2.1 基于指标向量距离的相似度计算模型

机场的基础数据指标涵盖 3 个次级指标,综合反映了机场的整体实力、基础运输能力、机场定位等级和最大起降飞机数量限制。而民航运输量指标则包含 4 个次级指标,分别代表了客运容量水平、货运容量水平、航班总数以及预期航班量等。鉴于这些特征,采用基于指标向量距离的相似度来计算表征同质化的模型,结合高维数据使用余弦相似度方法来评估机场基础规模和民航运输量方面的同质化水平^[5]。

2.1.1 指标向量距离的相似度计算

指标向量距离的相似度计算公式为

$$x_{mn}^{C_1,2} = \frac{\sum_{a=1}^N (\omega_{ma} \omega_{na})}{\sqrt{\sum_{a=1}^N \omega_{ma}^2} \sqrt{\sum_{a=1}^N \omega_{na}^2}} \quad (1)$$

式中: x_{mn}^C 为 m 机场与 n 机场关于 C 指标的同质化水平; ω_{ma} 为 m 机场的 a 指标的值在所有机场 a 指标的值之和中的占比; ω_{na} 为 n 机场的 a 指标的值在所有机场 a 指标的值之和中的占比。

上述评价要基于机场所在城市的经济社会发展水平相似性分析。因此基于机场所在城市 GDP、人均 GDP、常住人口、游客人数、进出口贸易额 5 个指标,提出城市发展规模相似系数,以常住人口数据为例,计算公式见为

$$g_{mn} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^N 1 - \frac{|h_{mi} - h_{ni}|}{h_{mi} + h_{ni}} \quad (2)$$

式中: g_{mn} 为 m 机场和 n 机场所处城市的经济社会指标相似趋势系数; h_{mi} 为 m 机场所在城市的经济社会 i 指标值在所有机场 i 指标值之和之中的占比。

综上,基于指标向量距离的机场基础设施指标和民航运输量指标下的同质化水平测算公式为

$$X_{mn}^{C_1,2} = x_{mn}^{C_1,2} g_{mn} \quad (3)$$

2.2 网络节点关联度计算模型

在研究有关机场航线网络同质化程度时,必须考虑航线网络上,机场之间航线冲突,以及在这些冲突航线上的客运比。将区域内的各机场和冲突航线上的通航机场为节点,各个机场之间的航线为边,构建一个复杂网络^[6]。此情况适用于基于节点关联度的相似度计算来建立模型表达同质化水平。根据链路预测理论,指出共同邻居越多,表示两个节点的相似性越高。然而,仅仅考虑冲突航线中的共同邻居数量来衡量节点的相似性存在片面性,因为不同航线的运输量差异很大,而运输量反映了航线在整体网络中的重要性,只能反映连接性而无法准确显示连接强度^[7]。因此,除了关注冲突航线,还

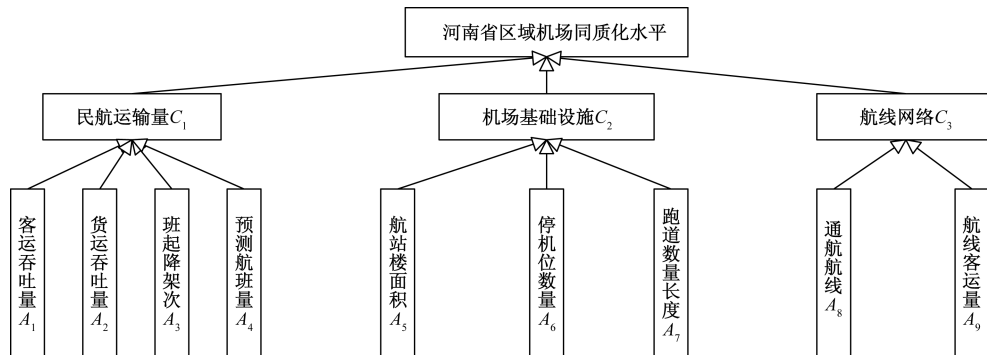


图 1 河南省区域机场同质化水平

需结合航线的乘客运量来评估航线的同质化水平。引入客运比重趋近系数 U , 基于改进的频率加权共同邻居理论^[8] 提出了一种衡量航线同质化水平的方法。计算公式为

$$x_{mn}^C = \sum_{S \in \tau_m \cap \tau_n} U_S \quad (4)$$

$$U_S = 1 - \frac{|r_{mS} - r_{nS}|}{r_{mS} + r_{nS}} \quad (5)$$

式中: $\tau_m \cap \tau_n$ 为 m 机场和 n 机场的冲突航线; r_{mS} 为冲突航线 S 的客流量占机场 m 总客流量的比例。

基于航线网络的同质化也应考虑两个机场之间的旅行时间, 假如两个机场的航线冲突较多, 则这两个机场未来的同质化趋势越明显。因此, 得出一个时间距离趋势的系数 k_{mn} , 以两个机场间行车距离时间等数据为基础, 假设距离时间最近的机场间该系数的影响取值为 1, 公式为

$$k_{mn} = \frac{t_{\min}}{t_{mn}} \quad (6)$$

式中: t_{mn} 为 m 机场到 n 机场的驾车时间。

综上所述, 基于网络节点关联度^[9] 的机场以及航线在网络指标下的同质化水平计算模型为

$$X_{mn}^C = x_{mn}^C k_{mn} \quad (7)$$

2.3 综合评价方法

各项指标下的同质化程度可以从一个方面揭示两个机场之间的共性和竞争。因此使用熵值法^[10-11] 来计算各指标的权重占比以及各个机场之间的同质化水平, 计算公式如下:

$$p_{cd} = \frac{Z_{cd}}{\sum_{c=1}^C Z_c} \quad (8)$$

$$e_c = -K \sum_{c=1}^C p_{cd} \ln p_{cd} \quad (9)$$

$$K = \frac{1}{\max_{c=1}^C \sum_{c=1}^C p_{cd} \ln p_{cd}} \quad (10)$$

$$t_d = 1 - e_d \quad (11)$$

$$y_d = \frac{t_d}{\sum_{d=1}^D t_d} \quad (12)$$

$$X_{mn} = \omega_1 X_{mn}^C + \omega_2 X_{mn}^C + \omega_3 X_{mn}^C \quad (13)$$

式中: Z_{cd} 为实际值; p_{cd} 为评价值; y_d 为指标 d 的权重。

3 实例分析

河南省总共有 5 个机场, 其中郑州新郑国际机场 2018—2023 年平均年旅客量为 21 724 410 人次,

属于千万级别机场、大型机场, 在全国范围内属于枢纽型机场, 其余 4 个机场都属于中小机场, 其中南阳姜营机场和洛阳北郊机场属于民用运输机场, 信阳市明港机场属于军民合用机场, 安阳红旗渠机场是 2023 年 11 月正式投入运行的新机场, 同样也属于民用运输机场。河南省占地面积约为 16.7 万 km^2 , 有 17 个地级市, 但是机场只有 5 个, 机场分布密度仅仅只有 0.24 个/万 km^2 , 中小机场分布密度只有 0.18 个/万 km^2 , 是中南地区民航机场密度最低省份。洛阳北郊机场和南阳姜营机场都属于中小机场民用运输机场, 共同面临使用率低, 航空业务大部分都是由飞行训练组成, 腹地相互竞争激烈, 两个机场功能定位同质化高, 航线冲突多, 依赖国家补贴, 受新郑国际机场影响较大等问题。由于信阳、南阳距离武汉天河机场的距离、洛阳到西安咸阳机场的距离与省内机场之间的距离相相近, 因此以河南省 5 座机场和西安、武汉两座大型枢纽机场形成的区域机场为例, 研究同质化水平(表 1~表 4)。

表 1 河南省综合区域机场同质化水平

机场	同质化水平	机场	同质化水平
郑州—洛阳	0.276 3	南阳—信阳	0.573 1
郑州—南阳	0.254 5	南阳—安阳	0.193 1
郑州—信阳	0.121 6	南阳—武汉	0.160 3
郑州—安阳	0.085 7	南阳—西安	0.173 4
郑州—武汉	0.457 4	信阳—安阳	0.280 1
郑州—西安	0.461 0	信阳—武汉	0.132 7
洛阳—南阳	0.651 2	信阳—西安	0.123 0
洛阳—信阳	0.469 4	安阳—武汉	0.040 9
洛阳—安阳	0.191 7	安阳—西安	0.082 5
洛阳—武汉	0.197 4	西安—武汉	0.463 5
洛阳—西安	0.188 7	—	—

表 2 河南省综合区域机场航空业务同质化水平

机场	同质化水平	机场	同质化水平
郑州—洛阳	0.180 3	南阳—信阳	0.675 7
郑州—南阳	0.277 4	南阳—安阳	0.212 0
郑州—信阳	0.026 6	南阳—武汉	0.200 9
郑州—安阳	0.121 8	南阳—西安	0.178 5
郑州—武汉	0.583 2	信阳—安阳	0.238 9
郑州—西安	0.591 7	信阳—武汉	0.131 6
洛阳—南阳	0.761 1	信阳—西安	0.149 1
洛阳—信阳	0.512 3	安阳—武汉	0.150 9
洛阳—安阳	0.182 7	安阳—西安	0.139 7
洛阳—武汉	0.260 2	西安—武汉	0.612 7
洛阳—西安	0.189 1	—	—

表 3 河南省区域机场基础设施同质化水平

机场	同质化水平	机场	同质化水平
郑州—洛阳	0.313 0	南阳—信阳	0.699 7
郑州—南阳	0.299 1	南阳—安阳	0.434 3
郑州—信阳	0.181 3	南阳—武汉	0.164 5
郑州—安阳	0.181 7	南阳—西安	0.181 7
郑州—武汉	0.612 3	信阳—安阳	0.601 8
郑州—西安	0.587 6	信阳—武汉	0.087 3
洛阳—南阳	0.787 8	信阳—西安	0.127 4
洛阳—信阳	0.596 7	安阳—武汉	0.092 6
洛阳—安阳	0.312 6	安阳—西安	0.134 7
洛阳—武汉	0.191 8	西安—武汉	0.647 8
洛阳—西安	0.245 7	—	—

表 4 河南省区域机场航线网络同质化水平

机场	同质化水平	机场	同质化水平
郑州—洛阳	0.323 3	南阳—信阳	0.464 6
郑州—南阳	0.211 2	南阳—安阳	0.075 1
郑州—信阳	0.154 2	南阳—武汉	0.121 7
郑州—安阳	0.012 7	南阳—西安	0.165 2
郑州—武汉	0.278 5	信阳—安阳	0.182 7
郑州—西安	0.289 4	信阳—武汉	0.152 8
洛阳—南阳	0.490 4	信阳—西安	0.097 6
洛阳—信阳	0.361 6	安阳—武汉	0.010 3
洛阳—安阳	0.064 6	安阳—西安	0.008 7
洛阳—武汉	0.142 8	西安—武汉	0.251 1
洛阳—西安	0.164 5	—	—

3.1 实验结果

基于式(8)~式(12),得到民航运输量、基础规模和航线网络这 3 个指标权重,分别为 0.39、0.18、0.43。利用河南省各航空客货运业务量、机场基础设施、航线网络,以及各机场所在城市的 GDP、人均 GDP、常住人口、游客人数、进出口贸易额等数据,结合式(1)~式(7)、式(13)分别计算出基础规模、民航运输量和航线网络这 3 个指标下的机场同质化水平,以及各机场之间的合同质化水平。

根据评分值,将同质化水平分为以下 5 种级别:同质化严重 $(+\infty, 0.6]$ 、同质化水平较高 $(0.6, 0.4]$ 、同质化水平中 $(0.4, 0.3]$ 、同质化水平较低 $(0.3, 0.2]$ 、不存在任何同质化 $(0.2, 0]$ 。

3.2 讨论

利用 ArcGIS 软件绘制河南省区域机场同质化水平示意图,如图 2 所示。

可以看出河南省区域机场同质化分级严重,由于郑州、武汉、西安属于大型省级枢纽机场,合同质化水平分别为 0.457 4, 0.461 0, 0.463 5,并且城市规模大,相距较远,因此并无太大竞争关系。但

在河南省内洛阳、南阳、信阳形成的“豫西南机场群”同质化水平严重。对于河南省新线机场安阳,与其他地区距离较远并且属于新型机场,在货运客运等方面还在稳步发展中,较为独立,因此与省内其他机场不存在同质化。

(1) 洛阳、南阳两地机场同质化程度严重 (>0.5) ,如图 3 所示,由于两地机场定位都是通用航空以及小飞机训练机场,并且两地的城市规模(人口、GDP 等)极其相似以及两地相距仅有 220 km,这些因素导致对于基础规模和航空业务来说两方面的同质化均高于 0.75,很容易产生省内腹地竞争。对于河南省来说,洛阳南阳区域机场属于豫西机场,但是洛阳南阳紧挨着河南省的省界边线,洛阳临近于陕西西安咸阳国际机场,南阳临近于湖北武汉天河国际机场,导致在航线相似的情况下,两地机场的人流只有本市,只能依靠本市的流量带动机场的发展。

(2) 洛阳、信阳两地同质化较为严重 (>0.4) ,尽管由于两地的机场规模相同导致两地的同质化较严重,但是两地机场定位不同,信阳机场为军民合用机场,并且两地相距 365 km,因此腹地竞争不激烈,影响信阳机场发展的主要原因是信阳的城市规模(GDP、人口数量等),其次是信阳机场的定位,多数服务于军队,导致该机场的开放力度不强,大多为保密地区。

(3) 南阳、信阳两地同质化严重(大于 0.5),两地仅相距 200 km,并且在地理环境上都紧邻武汉天河国际机场,如图 4、图 5 所示,湖北北部中小机场分布密度远远大于河南南部,导致南阳、信阳两地不仅要省内腹地竞争,还要和省外中小机场进行竞争。并且两地机场的发展规模和城市规模极其相似,大多数情况下旅客都被北方的郑州和南方的武汉吸引过去,导致两地机场只能通过本地游客来带动民航、机场的发展。

4 结论

整体而言,对于河南省区域机场群来说属于“一强多弱”,郑州不管在机场规模、航线网络还是城市规模都远远领先于其他机场,需要着重发展,继续加强郑州新郑机场发展的同时也要通过郑州的发展带动其他地级市,需要分工明确,明确机场定位,协调临近机场关系差异化,以及发展目标,避免恶劣竞争。具体措施如下。

(1) 郑州新郑国际机场需要进一步提升自身定位,继续以建设中原地区大型枢纽机场为目



审图号: GS(2019)1822号

图 3 豫西南机场群同质化水平示意图



审图号: GS(2019)1822号

图 4 河南南部、湖北北部机场分布

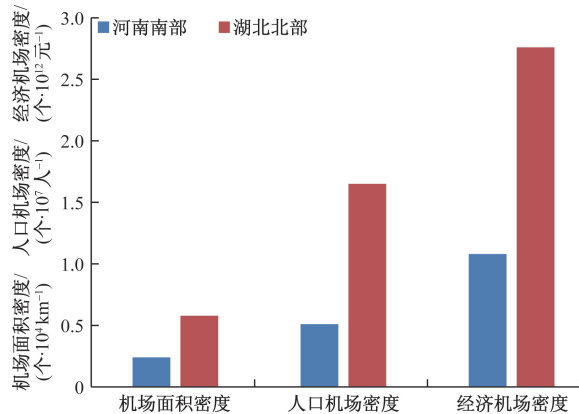


图 5 河南南部、湖北北部机场密度分布

产业发展新赛道,加强“空中丝绸之路”的建设并积极与南方航空公司合作,提高训练机飞行效率,打造良好的小飞机训练基地。

(4)信阳机场由于自身定位的原因,属于军民合用机场。要加强空军空域和民航空域的联系,避免自身机场定位和城市发展规模小的问题,要着重开拓特色航空,结合与郑州连线的铁路、公路,打造三维一体的交通系统。

参考文献

[1] 陆燕楠. 中小机场运营效率研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2016.

- [2] 林安. 关于中小机场推行联合指挥运行模式的探讨[J]. 民航管理, 2024(5): 77-79.
- [3] 朱春彦. 中国四大机场群多极航空网络复杂性与协同发展研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2024.
- [4] 刘才华, 蔡蕤, 冯霞, 等. 基于机场属性网络表示学习的机场群同质化分析(英文)[J]. Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2021, 38(4): 616-624.
- [5] 洪少枝, 马秋瑜, 施致远, 等. 区域中小机场发展同质化水平评价研究: 以江苏省为例[J]. 综合运输, 2023, 45(11): 156-163.
- [6] 叶泽龙, 吴明功, 朱德山, 温祥西. 基于二进制粒子群算法的战时航空网络规划研究[J]. 航空工程进展, 2019, 10(5): 619-627.
- [7] 张培文, 杜福民, 赵文科. 中小机场航线网络结构及连接特性分析[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(2): 765-772.
- [8] 孙兴龙, 李亚雄, 邱艳粉. 基于改进融合算法的交通网络节点重要性评估[J]. 火力与指挥控制, 2021, 46(4): 65-71.
- [9] 冯霞, 蔡蕤, 李忠虎. 融合机场属性和机场网络的机场群同质化级联分析[J]. 北京交通大学学报, 2020, 44(2): 105-111.
- [10] 史红人, 程志刚, 范智高, 等. 基于熵值法的成渝城市群城市化水平综合评测[J]. 成都信息工程大学学报, 2024, 39(3): 343-352.
- [11] 陈鹏宇. 线性无量纲化方法对比及反向指标正向化方法[J]. 运筹与管理, 2021, 30(10): 95-101.

Research on Homogenization of Regional Airport Development in Henan Province

WANG Chenxin, CHEN Ken, QI Meiyun, LI Shiping

(School of Air Traffic Management, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, Sichuan, China)

Abstract: Taking regional airport in Henan Province and provincial airport group formed by Wuhan and Xi'an as the research object, the homogenization of regional airport development is studied. According to the characteristics of the airport, the form of the homogeneity of each dimension was deconstructed, the multi-dimensional index was established, and the homogeneity level of each characteristic index was measured. Taking four airport clusters in Henan as an example, the homogenization level was evaluated. According to the calculation results, ArcGIS software was used to draw the homogeneity level of regional airports in Henan Province. The findings reveal that Xinzheng Airport demonstrates high autonomy and international connectivity, whereas Nanyang and Luoyang airports, located in western and southern Henan, face issues of route similarity and identical airport positioning. Additionally, the close proximity between Nanyang and Xinyang airports hampers their expansion due to the limited scale of each city. Consequently, drawing from these outcomes, specific strategies for the coordinated development of Henan Province's airports were proposed, in order to reduce homogenization according to airport positioning and urban development.

Keywords: homogenization; vector distance; airport cluster; coordinated development; node correlation degree