

基于最短距离法的机场辐射范围研究

——以陕西省为例

刘姝玥

(中国民用航空飞行学院 机场学院, 四川 广汉 618307)

摘要:针对最短距离法在选择机场时没有考虑到机场性质、忽略掉了机场所在地区的地域经济水平等一系列因素,导致计算结果十分不合理的问题,利用模糊理论对最短距离法进行优化,阐述机场辐射范围的界定方法,建立机场辐射范围计算模型。以陕西省为例进行实证研究,对陕西省的 4 个民用机场辐射范围进行计算。最后对机场建设提出建议。

关键词:最短距离法;模糊理论;隶属度

中图分类号:V35 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)06-0174-06

近年来,航空运输以及相关产业以其安全、快速和高效的特点得到迅速发展。《“十三五”现代综合交通运输体系规划》提出保证 80% 以上的人口能够在直线距离 100 km 内能够享受到航空服务。这就关系到了机场辐射范围的扩大^[1]。

1 基于交通距离的机场旅客辐射范围界定方法

对于界定机场旅客辐射范围,基于机场和行政地区之间的交通距离,通过最短交通距离法和两种优化后的最短交通距离法进行计算。以陕西 4 个民用机场作为实例进行计算分析。所有建模及计算均忽略掉机场航线网络对机场旅客辐射区的影响。

1.1 最短距离法

利用最短距离法将行政地区作为独立单元来分析研究机场客流辐射区范围。当多个行政地区可达性范围内仅拥有一个机场提供服务时,此时的机场旅客辐射范围就是可达性范围内最远的行政地区距离机场的路程。如果有多个机场可以同时为行政地区提供航空服务,则通过比较行政地区与多个机场的最短距离来确定此区域所在的机场辐射范围(图 1)。一般情况下,行政地区的数量多于机场数量。

不考虑机场周边环境的差异性,设有 m 个行政地区,有 n 个机场, i 为行政地区, j 为机场, d_{ij} 为行

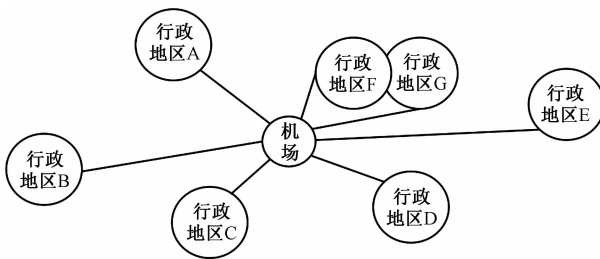


图 1 机场辐射范围图

政地区 i 到机场 j 的距离, d_m 为第 i 个行政地区到第 n 个机场的最短距离。则各行政地区距周边机场的最短陆侧交通距离模型为

$$d_m = \min(d_{ij}), i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

在计算出各个行政地区最短的机场路径后,就可以得到每一个机场的服务对象,从而就能够得到机场能够吸引到的行政地区,得到机场旅客辐射范围。

在最短距离模型的基础上,设第 n 个机场旅客服务范围为 A_n , 则

$$A_n = \sum_{i=1}^m d_m, n = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

最短交通距离方法模型原理简单、计算量小,但缺点也十分明显:首先,该方法在选择机场时,没有考虑到机场性质等其他因素,仅仅用最短距离决定旅客出行目的地,不符合旅客日常行为;其次忽略了机场所在地区的地域经济水平等一系列因素,

收稿日期:2022-11-02

作者简介:刘姝玥(1999—),女,陕西西安人,中国民用航空飞行学院机场学院,硕士研究生,研究方向为民航运输管理。

导致计算结果十分不合理。下面用优化后的最短距离模型来重新进行建模。

1.2 基于模糊理论的最短交通距离法

模糊理论^[2]其基本精神是接受因模糊性现象而存在的事实,将这一概念运用于最短交通距离法中,可以得到本理论的前提:即当一个行政地区周围有多个机场可以提供服务时,该行政地区的旅客就可以通往多个机场。在这一前提下,选择某一机场出行的旅客所占该地区的总比率就是这个机场的辐射范围之一。把同一机场所辐射的各个行政地区比率相加就得到了机场的旅客辐射区范围。

设 d_1 为行政地区中旅客感受十分舒适的交通距离, d_2 为行政地区中旅客感受一般的交通距离, d_3 为行政地区中旅客可以忍受的最大交通距离。需要更远的交通距离才能到达机场的旅客则不属于该机场的辐射范围之内,如图 2 所示。

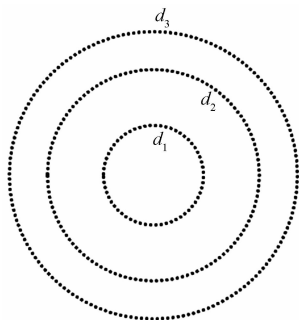


图 2 交通距离圈层

此时, d_1 、 d_2 、 d_3 均为每一部分的临界值,现假设距离机场的距离为 d_2 时,临近隶属度 f_0 为一常数,通常取 0.3。设 $f(d_{ij})$ 为行政地区 i 对机场 j 辐射范围的隶属度。隶属度所表示的实际意义则是机场对某一行政地区旅客的吸引程度。此时,忽略掉机场之间运营效率、周边环境等因素的差异性,考虑旅客有多种选择的机场旅客辐射范围的隶属度函数如下:

$$f(d_{ij}) = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq d_1 \\ \frac{f_0 - 1}{d_2 - d_1} d_{ij} + \frac{d_2 - f_0 d_1}{d_2 - d_1}, & d_1 < d_{ij} \leq d_2 \\ \frac{-f_0}{d_3 - d_2} d_{ij} + \frac{f_0 d_3}{d_3 - d_2}, & d_2 < d_{ij} \leq d_3 \\ 0, & d_3 < d_{ij} \end{cases} \quad (3)$$

由式(3)可知,当某一行政地区与机场之间的

交通距离在 d_1 以内时,即交通距离在旅客感受舒适的范围内时,隶属度达到最大值 1,此时该行政地区所有人都接受某一机场的服务,该地区属于机场的旅客辐射范围;在旅客感受一般的距离 d_2 和勉强接受的距离 d_3 内,随着距离的不断增大,机场的旅客隶属度不断降低,并且旅客对于 $(d_2, d_3]$ 这一区间的距离更加敏感;对于与机场的交通距离大于 d_3 的行政地区的旅客来说,该机场完全不在他们的考虑范围之内,故隶属度为 0,该地区不属于这一机场能够辐射到的旅客范围。

将某一行政地区对各个机场的隶属度求和,可以构建行政地区对某一机场的旅客辐射区域的比率模型。

设 r_{ij} 为行政地区 i 相对于机场 j 旅客辐射范围的比率,则

$$r_{ij} = \frac{f(d_{ij})}{\sum_{j=1}^n f(d_{ij})}, \sum_{j=1}^n r_{ij} = 1 \quad (4)$$

那么在计算机场旅客辐射范围可以为机场带来的客运量时,就可以利用比率乘以航空客运总量,算出每个行政地区的航空运量,再对各个行政地区的运量求和即可。

设 C_j 为机场 j 的旅客辐射范围带来的航空客运总量, C_i 为行政地区 i 的航空客运总量,则

$$C_j = \sum_{i=1}^m C_i r_{ij} \quad (5)$$

机场能够吸引到的航空客运总量就代表了这一个机场的旅客辐射范围,也能反映该机场对周边地区的辐射能力。需要注意的是,每一个行政地区都可以同时对多个机场存在不为 0 的隶属度。

这一模型考虑了多个机场同时吸引一个地区的客流的情况,相比上一个模型更为精确合理,但同时也有改进空间以解决没有考虑到机场规模等因素对旅客决策产生影响的缺陷。

1.3 考虑多因素影响下的基于模糊理论的最短交通距离法

1.3.1 模型建立

在不改变基于模糊理论的最短交通距离法的基本思想、计算方法的前提下,对多因素影响下的隶属度进行修正。设 δ_i 为机场规模和区域经济水平对行政地区 i 对隶属周边机场 j 辐射范围的隶属度的修正因子, η_i 为机场联外交通对行政地区 i 对隶属周边机场 j 辐射范围的隶属度的修正因子^[3],则

$$f(d_{ij}) = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq d_1 \\ \frac{f_0 - 1}{d_2 - d_1}d_{ij} + \frac{d_2 - f_0d_1}{d_2 - d_1}, & d_1 \leq d_{ij} \leq d_2 \\ \frac{-f_0}{d_3 - d_2}d_{ij} + \frac{f_0d_3}{d_3 - d_2}, & d_2 \leq d_{ij} \leq d_3 \\ 0, & d_3 < d_{ij} \end{cases}$$

(6)

1.3.2 隶属度参数

δ_i 所反映的是机场规模与所在地区的经济水平对机场旅客辐射范围的影响^[1]。而机场旅客辐射范围又与机场吞吐量息息相关,所以采用机场吞吐量的变化来衡量机场旅客辐射范围的变化。根据机场的数级规模,将机场分为 3 类,即千万级、百万计和十万级机场。由于疫情下国家对民航业的宏观调控,故 2020 年的数据不具备参考性,现搜集对比 2018 年和 2019 年的数据,得到表 1。

表 1 机场吞吐量变化

变量	千万级机场 旅客吞吐 量变化/%	百万级机场 旅客吞吐 量变化/%	十万级机场 旅客吞吐 量变化/%
区域 GDP 变化 1%	1.925 4	1.515 4	2.212 2
当地旅游人数变化 1%	0.275 1	0.219 2	0.351 2
人均收入变化 1%	0.102 5	0.192 0	0.097 5

数据来源:国家统计局、2018 民航生产统计公报、2019 民航生产统计公报。

2 机场旅客辐射范围计算分析——以陕西省为例

2.1 陕西各机场发展情况

西安地处中国西北地区,属于交通枢纽城市,近几年旅客吞吐量均在千万级以上,2021 年西安咸阳机场吞吐量在全国 248 个机场中排名第 9。陕西现有西安咸阳机场、榆林榆阳机场、延安南泥湾机场、汉中城固机场和安康富强机场这 5 处机场。除西安咸阳机场、榆林榆阳机场和安康富强机场是民用运输机场外,其余两个均是军民合用机场。

从图 3 可以看到,2011—2019 年陕西省的旅客吞吐量在稳步上升,2020 年初新冠疫情的爆发导致旅客吞吐量急剧下降。在陕西的这 5 个机场中,西安咸阳机场承担了绝大部分的旅客吞吐量,占到了总体的 90%,西安咸阳机场的吞吐量占比有些许减少,但仍然处于较高水平。榆林榆阳机场是陕西的百万级机场,承担了部分运输作用。安康富强机场于 2020 年开始通航,仅承担万人级运输。

2.2 陕西各个机场旅客辐射范围计算分析

运用上文所提到的基于模糊理论的最短交通距离来分析咸阳机场的旅客辐射范围。首先忽略省外机场对旅客选择的影响;其次忽略机场运营效率对隶属度的影响;最后假定各个机场航线资源足够充裕,对旅客出行选择无影响。在选择机场时,发放大量旅客问卷调查,最终收回有效问卷 749 份,针对这些问卷调查结果进行分析得到以下结论:旅客对 50 km 及以内的机场距离感到舒适;可以接受 100 km 以内的距离;在有公共交通(如直达航站楼的高铁、城际大巴、异地航站楼)的情况下,旅客对 200 km 的距离也可以接受^[4]。表 2 是城市与机场所在城市之间的距离。

榆林榆阳机场、延安南泥湾机场、安康富强机场和汉中城固机场均未开通任何轨道交通和城际大巴,仅有出租车和市内公交连接城市与机场;西安咸阳机场现已开通宝鸡、铜川、渭南、商洛、安康、汉中等城际大巴线路,可以一站式到达,既方便省时又无须换乘,大大降低了异地旅客到达机场的时间,提高了旅客舒适度。通过无一站式交通旅客无法接受 200 km 以外的机场这一条件,剔除不在各个机场辐射范围内的城市。

在确定机场辐射范围时,首先要确定 η_i 的值, η_i 反映的是机场交通对机场旅客辐射范围的影响。当 η_i 取 1 时,机场辐射范围的值更加容易计算,为使其值取 1,就需要对交通距离进行折减。根据前

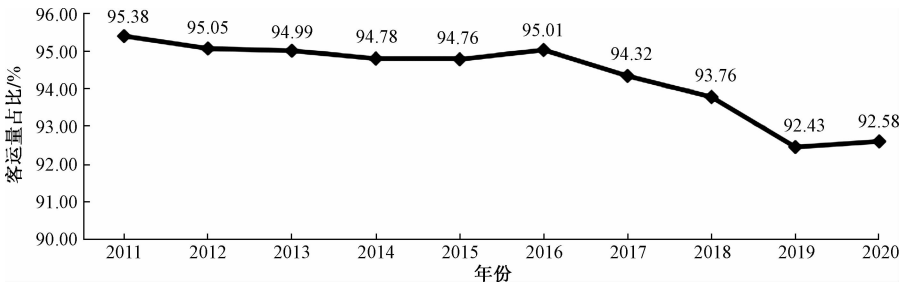


图 3 2011—2020 年西安咸阳机场客运量占全省的百分比

文对隶属度的描述,在进行交通距离折减时,首先去掉 200 km 以外且无城际交通连接的城市;其次,旅客对于 50 km 内的距离感到舒适,所以这个区域内的隶属度为 1,因此对于该距离范围内的数值不进行折减;对于 200 km 左右且有公共交通进行连接的城市间的距离,按照系数进行相应折减。根据这样的折减法则,得到表 3。

陕西省形状狭长,人口大多集中在陕西中部及南部。根据各地的 GDP 与人均 GDP,各机场规模和区域经济水平对各城市是否隶属机场辐射范围的

隶属度的修正因子 δ_i ,咸阳机场为 15.95,榆林机场为 2.97,延安机场为 2.27,汉中机场为 1.96,安康机场为 1。在计算标定两参数之后,利用式(6)进行计算,其中 $d_1=50\text{ km}$, $d_2=100\text{ km}$, $d_3=200\text{ km}$, f_0 为常数 0.3。根据以上公式计算出城市对应机场的隶属度,见表 4。

在计算出各个城市对于每个机场的隶属度以后,可以算出某一城市对每个机场的隶属百分比,由此得到陕西各个机场的旅客辐射范围,如表 5 和图 4 所示。

表 2 城市与机场所在城市之间的距离

城市	到机场距离/km				
	咸阳机场	榆林机场	延安机场	汉中机场	安康机场
西安	0	557	308	287	244
宝鸡	176	716	467	193	390
铜川	67	498	249	352	308
渭南	65	538	345	337	276
延安	308	268	0	588	545
榆林	557	0	268	837	795
汉中	287	837	588	0	216
安康	244	795	546	216	0
商洛	131	635	431	389	272

表 3 机场折减距离

城市	折减距离/km				
	咸阳机场	榆林机场	延安机场	汉中机场	安康机场
西安	0	—	—	—	—
宝鸡	123	—	—	193	—
铜川	47	—	—	—	—
渭南	45	—	—	—	—
延安	—	—	0	—	—
榆林	—	0	—	—	—
汉中	180	—	—	0	—
安康	170	—	—	—	0
商洛	91	—	—	—	—

表 4 城市对机场隶属度

城市	咸阳机场	榆林机场	延安机场	汉中机场	安康机场
西安	15.95	0	0	0	0
宝鸡	3.68	0	0	0.04	0
铜川	15.95	0	0	0	0
渭南	15.95	0	0	0	0
延安	0	0	2.27	0	0
榆林	0	2.97	0	0	0
汉中	0.92	0	0	1.96	0
安康	1.43	0	0	0	1
商洛	6.79	0	0	0	0

表 5 机场辐射范围

城市	隶属百分比/%				
	咸阳机场	榆林机场	延安机场	汉中机场	安康机场
西安	100	0	0	0	0
宝鸡	98.9	0	0	2	0
铜川	100	0	0	0	0
渭南	100	0	0	0	0
延安	0	0	100	0	0
榆林	0	100	0	0	0
汉中	32	0	0	98	0
安康	58.8	0	0	0	100
商洛	100	0	0	0	0

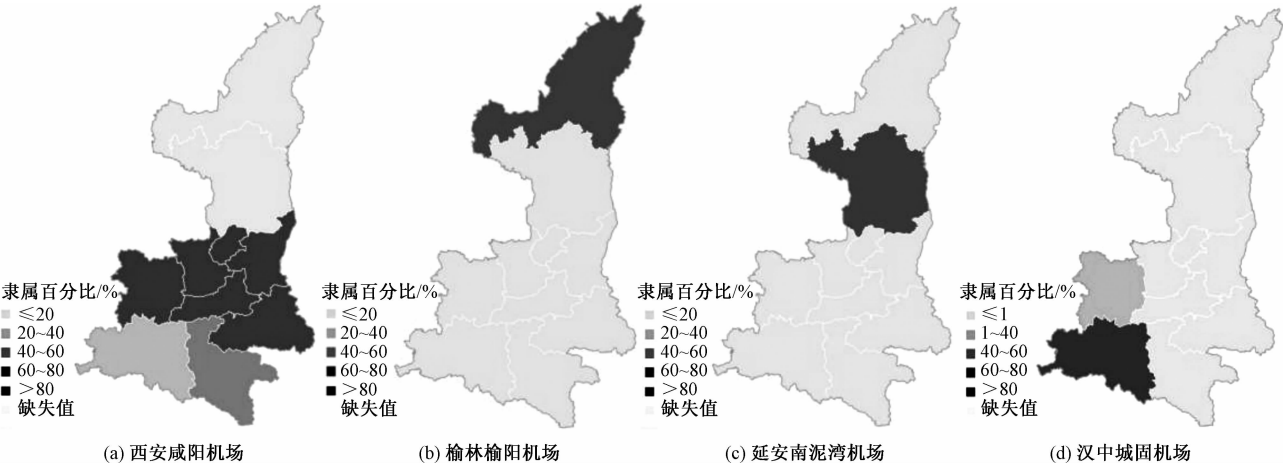


图 4 4 个机场辐射范围

由此可见,除去省会机场外,其余支线机场的辐射范围仅限机场所在城市,对周围的城市旅客吸引力不大。省会城市机场虹吸效应明显,对周围城市均有较大的稳定吸引力。

3 扩大机场辐射范围的建议

3.1 增加异地航站楼

异地航站楼是近几年兴起的服务于机场异地航空旅客的航站楼^[5]。为了提升自身竞争力,机场开始在所在城市以外的周边城市建设或者租赁场地,办理相关乘机业务。异地航站楼的出现提高了机场航空服务水平,也扩展了机场客流辐射区范围。

异地航站楼与机场本地航站楼除所在地理位置不同外,并无任何差别。通常来说,异地航站楼拥有以下部分:首先是客票办理区,通常异地航站楼内有自主客票办理机器,通过在异地航站楼内打印机票,顾客可以提前获知自己的登机口、估计算机场内时间成本,降低在机场内的时间浪费;其次是行李处理中心,旅客可以在异地航站楼中直接处理行李,这一功能高效地处理了外地旅客的行李托运问题,节约旅客体力,提升旅客旅行体验;最后,异地航站楼还有为旅客提供服务的商业区,比如餐饮区、零售区、办公区等。

异地航站楼的设置将旅客乘机繁琐的流程前置到城市或者外地,减轻了机场特别是枢纽机场的压力^[6]。同时异地航站楼的开通对扩大机场辐射区、提升机场品牌形象有很大推动作用。

3.2 打造机场特色文化

打造机场特色文化、宣传当地文化也是吸引新客流的一大重要原因。如今机场不仅仅作为交通枢纽而存在,机场作为城市客流量最大的地方已经成为城市的名片和旅客参观的第一站。

北京大兴机场就是机场旅游文化的集大成者^[7],它以其强大的科技感和设计感吸引了不少游客。在2020年的国庆黄金周,大兴机场就成为人们的网红打卡地,旅客人数甚至一度超过了乘机人数。大兴机场旅游项目由首都机场旅业公司旗下星空旅行社承揽,参观过程将由讲解员引导旅客游览航站楼公共区域内各“网红”景点,包括“一线一城”“蒲公英”“蒹葭”“花间集——桃花”“汉字兴象”“国门印象”等公共景观设施。

3.3 促进空铁联运

空铁联运是指航空运输与铁路运输之间协作的一种联合运输方式,参与者包括民航机场、航空公司、铁路系统等^[4]。空铁联运的模式起源于西欧

的部分国家,已有较长的发展历史。巴黎戴高乐机场、阿姆斯特丹史基浦机场、法兰克福机场、伊斯坦布尔阿塔图尔克机场这4个欧洲最繁忙的机场均已建有高速铁路与其相连^[8],在高速铁路与民航客运的不断磨合之后,铁路为民航带来了更多的客流量,并且最终这4个机场均扩建扩容。

自2012年以来,中国高铁设施持续快速完善,八纵八横的高铁网络吸引了中短途航线的客流,一度导致如成都—重庆、武汉—长沙等多条民航热门短途航线停飞。这样的竞争也使得航空公司重新制定相应策略,将原本用于营利性较差的短途航线的宝贵运力更多转向经济性更佳的中长途航线。然而这样看似激烈的竞争却能带来良性的收益,高铁在分流的同时,依靠自身高效密集的运输网络为航空准时、快速地输送了更多中远程客流。以普遍理性而言,高铁的运输优势在于300~800 km,而民航的优势则体现在800 km以上的航程内^[9-10],并且航程约长,航空优势越明显。在如今高铁、民航齐头并进的驱使下,二者分工合作的优势日益凸显。

4 结语

本文考虑到机场规模对辐射范围的影响,构建了基于模糊理论的最短距离法进行辐射范围的计算。并以陕西省为例,计算了各机场的辐射范围,得出省会机场虹吸效应明显的结论。并针对扩大机场辐射范围这一问题给出建议。

参考文献

- [1] 唐昀. 机场规模与区域经济发展关联性研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2015.
- [2] 梁铭真,陈红. 基于模糊理论的轨道交通乘客满意度指数评价[C]//2022世界交通运输大会(WTC2022)论文集(轨道交通与水上运输篇). 北京:世界交通运输大会执委会,人民交通出版社股份有限公司,2022:41-47.
- [3] 吕洋洋,叶志坚,魏明. 区域性枢纽机场竞争力分析[J]. 综合运输,2022,44(2):3-9,42.
- [4] 王佳琪,尹如倩,张晋源,等. 基于WPT模型的机场陆侧交通系统研究[J]. 新型工业化,2020,10(3):148-153.
- [5] 吕鸿,马义琳. 我国城市航站楼概况及发展模式研究[J]. 空运商务,2021(2):40-43.
- [6] 陈和. 建设雄安新区城市航站楼的思考[J]. 综合运输,2018,40(8):119-121.
- [7] 李迪因,宿辰. 新类型公共艺术引领人文机场建设:以北京大兴国际机场为例[J]. 艺术与设计(理论),2022,2(7):50-53.
- [8] 卫亮. 基于博弈论的空铁一体化合作策略及收益分配研究[D]. 北京:北京交通大学,2020.
- [9] 吴正泓,孙阳,马春芳. 基于旅客异质性的空铁联运与空

中直飞竞争分析[J]. 铁道运输与经济, 2022, 44(7): 49-55, 76.

[10] 马义龙, 曾铮, 李健. 空铁联运运营模式发展分析[J]. 空运商务, 2021(10): 28-31.

Research on Airport Radiation Range Based on Optimized Shortest Distance Method;
Taking Shaanxi Province as an example

LIU Shuyue

(Airport College, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, Sichuan, China)

Abstract: In view of the problems that the shortest distance method does not take into account the nature of the airport and ignores the regional economic level of the area where the airport is located, which leads to very unreasonable calculation results, fuzzy theory is used to optimize the shortest distance method, expounding the definition method of the airport radiation range, and establishing the calculation model of the airport radiation range. Taking Shaanxi Province as an example, the radiation range of four civil airports in Shaanxi Province is calculated. Finally, the construction of the airport is proposed.

Keywords: the shortest distance method; fuzzy theory; membership