

## 【航空管理与安全】

## 基于旅客随机分布的机队规划方法研究

何艳伶, 柳倩, 赵龙

(沈阳航空航天大学 民用航空学院, 辽宁 沈阳 110136)

**摘要:**为提高航空公司净利润,减小资源浪费,以航空公司旅客溢出成本以及空座成本最小为目标函数,以航班连续、飞机飞行时长、航线上旅客需求量、特殊航线、飞机日利用率等为约束条件建立机队旅客波动成本控制模型。对国内某航空公司航线-机型匹配方案进行优化求解,并与该航空公司现有运行方案的经济性进行对比分析,从机型分配、旅客波动成本结果优化以及客座率的鲁棒性等三个角度进行分析,最终得出旅客波动成本控制模型在各方面都具有优势的结论。

**关键词:**机队规划;旅客量;溢出成本;机型分配;空座成本

**中图分类号:** V 35 **文献标识码:** A **DOI:**10.13486/j.issn.2097-4973.2024.01.011

机队规划是航空公司进行机队管理的重要内容,航空公司需要制定出符合自身发展目标和市场需求的机队规划,以提高财务绩效和运营灵活性,从狭义上讲,机队规划只包括机队规模与机队结构的规划。从广义上讲机队规划包括机队规模与结构的规划、飞机选型、机队租赁计划等。

国内外在机队规划领域的研究主要集中在数学建模与算法研究方面。Cacchiani 等<sup>[1]</sup>提出一组基于二元变量的公式,采用启发式解的列生成算法,来解决机队分配、飞机航线和机组人员配对问题,但其只注重算法的求解对模型构建等没有进行详细的介绍。Pita 等<sup>[2]</sup>以社会总成本最小作为目标函数,建立面向社会的航班调度模型,并用欧洲规模最大的挪威 PSO 网络进行验证,算例结果表明该模型每天可以节省 120 万美元。Wang 等<sup>[3]</sup>通过考虑市场份额和航班频率之间的相互作用,对现有的基于航线的机队规划模型进行改进,提出优化机队规模和结构的多目标数学规划模型,并通过实例验证,得出启发式算法的可行性。Codaro 等<sup>[4]</sup>开发一种以优化航班时刻、机队分配和乘客舒服度的集成算法来研究航班调度问题,从而降低成本,减少旅客的流出。张培文等<sup>[5]</sup>以所有客流的运营成本和枢纽设置成本之和最小作为优化目标,构建枢纽网络设计与航线运力匹配的联合优化模型并设计了遗传算法求解模型,然后对算法进行有效性分析和敏感性分析,最后得出该模型与传统机队规划模型相比成本大大降低的结论,但该机队规划模型中忽略了旅客量变化的情况。刘博等<sup>[6]</sup>以优化民用航空驾驶学校的教练机机队规模为目的,提出一种基于自适应遗传算法的机队规划方法,并以航校运营成本最低作为目标函数,建立机队整数规划模型。王雪等<sup>[7]</sup>将市场不确定因素的营运参数加入模型中,建立基于模糊线性规划的机队规划模型,并对模型进行算例的验证,但该模型由于存在众多不确定因素且没有考虑旅客量因素,只适用于理论研究,无法应用于实际生活。程玉辉<sup>[8]</sup>建立两阶段机型与航线匹配度模型,通过第一阶段得出机型组合方案,第二阶段将得出

收稿日期:2023-06-14

基金项目:国家自然科学基金项目(61671141);辽宁省科学事业公益研究基金计划项目(2020JH15/10100029);辽宁省教育厅科研基金项目(JYT2020137)

第一作者简介:何艳伶(1999—),女,辽宁锦州人,硕士研究生,主要从事交通运输规划与管理研究。

E-mail:2796008604@qq.com

的机型匹配方案、机型种类、飞机数量作为投入指标,将利润和收益客公里作为期望产出指标,将 CO<sub>2</sub> 排放量作为非期望产出值,从而得出机型匹配方案的效率值。朱学松等<sup>[9]</sup>基于绿色环保理念,提出一种考虑碳排放限制的货运机队规划方法,建立了考虑碳排放限制的竞争航线货运机队规划模型,并且为研究航空公司间的竞争关系,将航线市场份额设置为航班频次的函数并引入货运需求溢出量来表示航空公司受航线竞争的影响程度。

国内外相关文献在建立机队规划模型时,对于旅客量的波动情况缺少考虑,通常选取各航线的平均旅客量作为定值进行建模,使得模型构建不够完备,不能很好地应用于实际生产生活。通过阅读国内外众多文献,对机队规划中旅客量波动的内容展开充分的研究,考虑旅客量时刻处于波动状态,分别模拟出各条航线上旅客实际运量以及各机型在航线上的旅客溢出量;考虑航空公司由于旅客量变化而带来的成本损失,提出旅客溢出成本与空座成本的概念,并将航线旅客溢出所产生的成本以及机型座位空座所产生的成本最小作为目标函数,以航班连续、飞机飞行时长、航线上旅客需求量、特殊航线、飞机日利用率等作为约束条件,建立旅客波动成本控制模型,以期能尽可能地解决问题,为航空公司的机队规划提供决策参考。

## 1 旅客波动成本控制模型

对于不同的航线,旅客量的需求和分布呈现着一定的离散性,即使是同一架航班,每天旅客需求量也不相同,所以在预测航空公司的实际旅客量时,不仅仅是希望得出航空公司未来某一段时期的旅客量,也希望可以得出航线运量的需求分布情况,从而根据航空公司的实际运力,进行合理的运力匹配。

航空公司各条航线机型的确定与航班频率安排的首要原则:在满足航线上旅客量的前提下,最大限度地降低运营所带来的支出成本,尽可能减少运力的浪费。本文机队规划模型构建目的寻求旅客溢出成本最小与航班空座成本最小的机队航线机型分配方案。

### 1.1 溢出成本

由于旅客量的需求分布存在标准差,所以会出现航线运力的投放要小于旅客需求量的情况,即某一时刻出现航线旅客需求量大于航线机型座位数供应量的情况,那么这部分旅客会损失掉,损失的旅客量称为该航空公司的溢出量,损失旅客所带来的成本,称为溢出成本。溢出成本越小,航空公司的总收益越大。溢出成本

$$C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n spill_{ij} \times x_{ij} \times p_j \quad (1)$$

式中: $spill_{ij}$ 表示旅客溢出量; $p_j$ 表示各航线的平均票价; $x_{ij}$ 表示第*i*种机型执飞第*j*条航线的每天飞行的架次数,假设某一航空公司有*m*条航线,*n*种机型,那么*i*=1,2,⋯,*n*,*j*=1,2,⋯,*m*。

### 1.2 空座成本

同时仍然因为旅客量的需求分布存在标准差,也可能出现航线运力的投放要大于旅客需求量的情况,即某一时刻出现旅客需求量小于航线机型提供座位数供应量的情况,机队出现众多空座的现象,这些空座没有给航空公司带来任何收入,造成航空公司资源浪费,则此类成本称为空座成本。空座成本越小,航空公司的总收益越大。空座成本

$$Z = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (s_i \times x_{ij} \times \eta - rew_j) \times p_j \quad (2)$$

式中: $s_i$ 表示各机型的座位数; $\eta$ 表示机型客座率; $rew_j$ 表示各航线的平均旅客量。

### 1.3 约束条件

(1) 整数规划的限制条件: $x_{ij}$ 为正整数变量

$$\begin{cases} x_{ij} > 0 (\text{表示飞机可以在该条航线上飞行}), \\ x_{ij} = 0 (\text{表示飞机不可以在该条航线上飞行}). \end{cases} \quad (3)$$

(2) 航班连续的限制

$$x_{ij} = x'_{ij} \tag{4}$$

由于部分航班在执飞任务时,需要在航路中途经停,在中间航站进行加油、上客、下客等活动,此类情况必须由相同机型航班执飞。

(3) 飞机飞行时长限制。各机型每天的可用时间限制

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \times t_{ij} \times q_j \leq T_i, \tag{5}$$

式中: $t_{ij}$ 表示*i*种机型的飞机飞行*j*条航路所需的时间, $q_j$ 表示飞机的往返频率, $T_i$ 表示飞机每天的总可用时间。

(4) 航线上的旅客需求限制<sup>[10]</sup>

$$\sum_{i=1}^n q_j \times x_{ij} \times s_i \times n \geq d_j, \tag{6}$$

式中: $n$ 表示飞机机型平均客座率, $d_j$ 表示第*j*条航线上的旅客需求量。这项约束条件是为了确保每条航线上可提供的座位数满足该条航线上旅客的需求量,避免旅客溢出的情况发生。

(5) 特殊航线对飞机性能的限制<sup>[10]</sup>。机场特殊的地理环境对航班执飞机型要求较为严格。处于特殊地理位置的航线需要考虑机型的适航性。 $x_{101} = 0$ 这项约束条件表示第一种机型不能执飞第一条航线。

(6) 飞机日利用率限制。飞机日利用率表示飞机在一段时间内提供生产的飞行小时数。为确保飞机的利用率,一般要求每种机型的日利用率不低于 30%,即每天飞行时间不少于 8 小时。

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \times t_{ij} \times q_j \geq l_i, \tag{7}$$

式中: $l_i$ 表示飞机每天最低飞行时间。

1.4 旅客波动成本控制模型求解

1.4.1 模型建立假设条件 航空公司现有机队规模已知;机型性能参数已知,并且航空公司机型不唯一;航空公司航线资源已知;可飞航线确定且信息已知;机型客舱布局已知且不再改动。

1.4.2 目标函数 假设某航空公司拥有  $n$  种机型, $m$  条航线, $x_{ij}$  表示第  $i$  种机型执飞第  $j$  条航线的每天飞行的架次数。建立如下目标函数:

$$\min f(x) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (s_i \times x_{ij} \times \eta - rew_j) \times p_j + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n spill_{ij} \times x_{ij} \times p_j. \tag{8}$$

上式表示该模型以机队空座成本最小和旅客溢出成本最小作为目标函数。

1.4.3 约束条件

$$\begin{cases} x_{ij} > 0 (\text{表示飞机可以在该条航线上飞行}), \\ x_{ij} = 0 (\text{表示飞机不可以在该条航线上飞行}), \end{cases}$$

$$x_{ij} = x'_{ij}, \sum_{j=1}^m x_{ij} \times t_{ij} \times q_j \leq T_i, \sum_{i=1}^n q_j \times x_{ij} \times s_i \times \eta \geq d_j, x_{ij} = 0, \sum_{j=1}^m x_{ij} \times t_{ij} \times q_j \geq l_i.$$

2 模型验证

利用本文提出的旅客波动成本控制机队规划模型,对国内某航空公司航线-机型匹配方案进行优化求解,得出优化后的航线机型分配方案,并与该航空公司现有运行方案的经济性进行对比分析。

2.1 基础数据

该航空公司现有机型 3 种,航线 17 条,分别是 B737-800、ARJ21、ERJ195。 $i=1$  表示 B737-800 机型, $i=2$  表示 ARJ21 机型, $i=3$  表示 ERJ195 机型。机型的具体性能如下:B737-800 机型的乘客载运率为 0.8,座位数 162 个,每架平均往返时间 7 h,航空公司目前拥有 10 架;ARJ21 机型的乘客载运率为 0.9,座

位数 90 个,每架平均往返时间 6 h,航空公司目前拥有 5 架;ERJ195 机型的乘客载运率为 0.8,座位数 118 个,每架平均往返时间 6 h,航空公司目前拥有 5 架。该航空公司的航线情况如表 1 所示。

表 1 航空公司航线情况

序号	航线	$T_{1j}/h$	$T_{2j}/h$	$T_{3j}/h$	单程/人	里程/km	票价/元
1	C1-C2	3.14	2.80	3.00	110	2671	2161
2	C1-C3	2.18	1.93	2.07	120	1849	1146
3	C4-C5	2.83	1.43	1.54	98	1370	1360
4	C4-C6	1.09	0.97	1.04	120	928	795
5	C4-C7	0.86	0.76	0.82	100	730	840
6	C4-C8	1.31	1.61	1.25	110	1115	996
7	C4-C9	0.64	0.57	0.61	160	542	590
8	C4-C10	1.27	1.12	1.21	150	1078	410
9	C10-C11	2.72	2.41	2.59	120	2306	796
10	C4-C12	1.05	0.94	1.00	80	895	195
11	C12-C1	1.06	0.94	1.01	100	900	410
12	C4-C13	1.28	1.14	1.22	80	1090	1111
13	C4-C14	1.14	1.02	1.09	110	970	625
14	C15-C16	3.50	3.12	1.11	80	990	990
15	C15-C9	1.55	1.37	1.47	90	1312	405
16	C4-C17	0.92	0.82	0.88	95	782	296
17	C17-C18	2.29	2.03	2.18	80	1940	566

表 1 中  $T_{ij}$  是指三种机型在各条航线上飞行所需时间,具体数值由航线里程与机型的巡航速度计算得出。表 1 还列出各条航线的乘客数、每架航班的飞行频率、航班里程以及票价等数据。可以看出,几条连续航线<sup>[10]</sup>,如第 8 条航线与第 9 条航线(C4-C10-C11)经停城市 C10,第 10 条航线与第 11 条航线(C4-C12-C1)经停城市 C12,第 16 条航线与 17 条航线(C4-C17-C48)经停城市 C17。则具体约束表达式: $x_{i8} = x_{i9}$ ,  $x_{i10} = x_{i11}$ ,  $x_{i16} = x_{i17}$

## 2.2 模型求解

公式(1)~(8)为单目标整数线性规划问题。本文主要采用算法与软件相结合来对模型求解。算法主要采用分支定界算法与启发式搜索算法。分支定界法作为求解整数规划问题的重要算法,主要分为分支与定界两个过程。同时在分支过程中,对于原问题拆分需要考虑变量拆分,采用启发式搜索算法进行处理,可以减少搜索范围并且降低问题的复杂程度,提高处理问题的效率。优化软件主要使用 LINGO. 11 软件,该软件内置多种数学函数,处理线性规划问题非常简单方便;将该线性规划问题编成 LINGO 软件的计算机语言进行优化即可。

## 2.3 算例分析

2.3.1 航线旅客数据 本文通过收集整理该航空公司近 5 年来 17 条航线的过往旅客运量的数据情况以及通过航空公司市场统计部门提供的每周旅客出行数据信息,计算出各条航线平均值与标准差。各航线平均值与标准差结果如表 2 所示。并以第三条航线为例,详细计算旅客溢出量的求法。

(1) 根据第三条航线上旅客量平均值与标准差,分别在两个单元格中输入随机生成函数与选择函数。第一单元格中生成以平均值 98、标准差 5 的一组随机整数数值,作为该条航线上旅客量的市场需求值;第二单元格输入是否大于 162 的选择函数,表示检查该航线上旅客人数是否超过第一种机型所能承载的旅客数,如果实际旅客人数超过第一种机型所能承载的人数,则把溢出人数表示在第三单元格,反之,第三单

元格输出结果为零。

(2) 将上述一、二单元格向下复制多次,来获得大量的旅客随机分布数据,并用平均值函数对选择函数一列结果求取平均值,作为第一种机型的旅客溢出值。本文随机产生 200 个变量进行溢出值的计算。按照这种方法,可以依次求出该航空公司三种机型在 17 条航线的旅客溢出值,结果如表 2 所示。

表 2 旅客运量数据

航线	旅客运量数据		旅客溢出量			航线	旅客运量数据		旅客溢出量		
	平均值	标准差	$i=1$	$i=2$	$i=3$		平均值	标准差	$i=1$	$i=2$	$i=3$
1	110	7	0	19	7	10	80	15	0	3	0
2	120	4	0	29	3	11	100	18	0	12	2
3	98	5	0	7	0	12	80	6	0	0	0
4	120	19	1	30	8	13	110	23	1	19	7
5	100	18	0	12	9	14	80	12	0	1	0
6	110	8	1	19	1	15	90	1	0	0	0
7	160	20	7	60	40	16	95	5	0	4	0
8	150	18	3	57	31	17	80	3	0	0	0
9	120	8	0	30	4						

2.3.2 结果分析 航空公司的原始机型分配方案,以及优化后的机型分配如表 3 所示。

表 3 航线机型分配方案对比

原方案						优化后方案					
机型	航班/次	机型	航班/次	机型	航班/次	机型	航班/次	机型	航班/次	机型	航班/次
$x_{101}$	1	$x_{201}$	0	$x_{301}$	0	$x_{101}$	1	$x_{201}$	0	$x_{301}$	0
$x_{102}$	1	$x_{202}$	0	$x_{302}$	0	$x_{102}$	1	$x_{202}$	0	$x_{302}$	0
$x_{103}$	1	$x_{203}$	0	$x_{303}$	0	$x_{103}$	1	$x_{203}$	0	$x_{303}$	0
$x_{104}$	0	$x_{204}$	2	$x_{304}$	0	$x_{104}$	1	$x_{204}$	0	$x_{304}$	0
$x_{105}$	0	$x_{205}$	2	$x_{305}$	0	$x_{105}$	1	$x_{205}$	0	$x_{305}$	0
$x_{106}$	2	$x_{206}$	0	$x_{306}$	0	$x_{106}$	1	$x_{206}$	0	$x_{306}$	0
$x_{107}$	0	$x_{207}$	2	$x_{307}$	0	$x_{107}$	0	$x_{207}$	0	$x_{307}$	2
$x_{108}$	0	$x_{208}$	2	$x_{308}$	0	$x_{108}$	0	$x_{208}$	0	$x_{308}$	2
$x_{109}$	2	$x_{209}$	0	$x_{309}$	0	$x_{109}$	0	$x_{209}$	0	$x_{309}$	2
$x_{110}$	2	$x_{210}$	0	$x_{310}$	0	$x_{110}$	1	$x_{210}$	0	$x_{310}$	0
$x_{111}$	2	$x_{211}$	0	$x_{311}$	0	$x_{111}$	1	$x_{211}$	0	$x_{311}$	0
$x_{112}$	0	$x_{212}$	0	$x_{312}$	1	$x_{112}$	0	$x_{212}$	1	$x_{312}$	0
$x_{113}$	1	$x_{213}$	0	$x_{313}$	0	$x_{113}$	1	$x_{213}$	0	$x_{313}$	0
$x_{114}$	2	$x_{214}$	0	$x_{314}$	0	$x_{114}$	0	$x_{214}$	1	$x_{314}$	0
$x_{115}$	1	$x_{215}$	0	$x_{315}$	0	$x_{115}$	0	$x_{215}$	0	$x_{315}$	1
$x_{116}$	2	$x_{216}$	0	$x_{316}$	0	$x_{116}$	1	$x_{216}$	0	$x_{316}$	0
$x_{117}$	2	$x_{217}$	0	$x_{317}$	0	$x_{117}$	1	$x_{217}$	0	$x_{317}$	0

(1) 航线机型分配方案分析。通过对比原始与优化后航线机型分配方案可知:大幅度减少了 B737-800 机型在各航线上的飞行频次,同时 ERJ-195 机型执飞航线有所增加,而 ARJ-21 机型航班频次与使用都有所降低,原因在于 ARJ-21 机型为小型窄体客机,提供座位数较少,而该航空公司各航线旅客量较多,若此机型执飞各条航线,则会造成旅客产生大量溢出现象,损失大量溢出成本。

(2) 旅客波动成本结果优化分析。通过上述的航线机型分配结果,可以计算出该机队航线机型分配方案下的机队空座成本、旅客溢出成本、机队空座数、溢出旅客量、客座率等数据,并与该航空公司现有运行方案的经济性进行对比分析,数据如表 4 所示。

表 4 航线机型分配方案波动成本对比

	原方案	优化后方案	优化		原方案	优化后方案	优化
总可用座位数/个	3 193	2 239	954	溢出成本/元	188 017	82 394	105 623
航线旅客总数/个	1 803	1 803	—	机队空座成本/元	910 289	305 039	605 250
最小空座数/个	1 390	436	954	总成本/元	1 098 306	387 433	710 873
客座率/%	56.5	80.5	24				

无论是从航空公司的运力分配角度,还是从在未来趋势下旅客溢出成本角度,经过旅客波动成本控制模型优化之后得到的航线机型分配方案,都要优于航空公司的原始航线机型分配方案。由此可以得出,该机队规划模型可以很大程度上减少该航空公司的资源浪费现象,实现资源利用的最大化,该模型具有一定的实用价值,可为航空公司的实际运营提供必要的参考。

(3) 鲁棒性分析。航空运输市场具有不确定性,机型客座率的波动对机队规划结果会产生一定影响。在假定模型中其他参数(航线旅客溢出量、平均票价)不随旅客需求波动变化的情况下,考虑不同客座率参数(0.55~0.95)对旅客波动成本控制模型的航线机型分配方案的影响,如表 5 所示。

表 5 客座率对机队规划方案的影响

客座率	机型执飞次数/次			剩余座位 成本/元	旅客溢出 成本/元	旅客波动 成本/元
	$i=1$	$i=2$	$i=3$			
0.55	13	12	7	298 910	86 807	385 717
0.65	11	7	7	226 487	233 156	459 643
0.75	13	6	6	248 833	73 734	322 567
0.85	5	5	10	243 869	164 296	408 165
0.95	6	4	8	229 143	89 727	318 870

结果表明:当航空公司客座率在逐渐增大过程中,机型 B737-800 的飞行频次逐渐降低,机型 ARJ-21 飞行频次逐渐降低,机型 ERJ-195 飞行频次逐渐增加。原因在于 B737-800 机型运力大,当前航线旅客量较少,机型客座率低,机队空座成本大,旅客溢出成本小;ARJ-21 机型运力小,机队空座成本小但旅客溢出成本大;ERJ-195 机型运力与旅客溢出成本居中。目标函数机队空座成本呈现降低趋势,旅客波动成本整体同样呈现降低趋势。当客座率在 0.55~0.95 变化时,各机型飞行频次变化符合实际情况,因此该机队规划模型能较好地适应客座率波动,该机队规划模型有一定的鲁棒性。

### 3 结论

本文为寻求航空公司由于旅客量波动变化而产生成本浪费最小构建机队规划模型,并就客座率波动对机队规划模型进行鲁棒性分析,结果表明随着客座率的增加,机型飞行频次变化与成本波动符合实际情况,可知该模型具有稳定性与可靠性。此旅客波动成本控制模型的航线机型分配结果可以为航空公司在实际运营中提供一定的建议。在机型航线选择时,对于高旅客量、低波动航线,建议选择小座级机型,并适当增加航班飞行频次。小座级机型在客座率高时能够带来更高的收入,而且由于旅客量波动幅度小,溢出成本也相对较低。增加航班频次可以进一步提高收入,满足更多旅客的需求。对于低旅客量、高波动航

线,建议选择中座级或大座级机型,并根据旅客量的实际情况调整航班频次。中座级或大座级机型在客座率低时可以减少空座带来的损失,同时在旅客量突然增加时,也能够容纳更多的旅客,从而降低溢出成本。

#### 参考文献:

- [1] CACCHIANI V, SALLAZAR-GONZALE J J. A heuristic approach for an integrated fleet-assignment aircraft-routing and crew-pairing problem[J]. *Electronic notes in discrete mathematics*, 2013, 41:391-398.
- [2] PITA J P, ADLER N, ANTUNES A P. Socially-oriented flight scheduling and fleet assignment model with an application to Norway[J]. *Transportation research part B: methodological*, 2014, 61: 17-32.
- [3] WANG Y, SUN H, ZHU J, et al. Optimization model and algorithm design for airline fleet planning in a multi-airline competitive environment[J]. *Mathematical problems in engineering*, 2015(2):1-13.
- [4] CADARO L, MARÍN Á. Robust passenger oriented timetable and fleet assignment integration in airline planning[J]. *Journal of air transport management*, 2020, 97:101-102.
- [5] 张培文,汪瑜,王旻轲. 枢纽航空公司机队与航线网络的联合规划方法[J]. *系统工程*, 2021(6):99-107.
- [6] 刘博,张军. 基于自适应遗传算法的航校机队规划方法[J]. *计算机仿真*, 2024(1):1-6.
- [7] 王雪,张培文. 模糊线性规划在机队规划中的应用[J]. *民航学报*, 2018, 2(1):1-3.
- [8] 程玉辉. 机队与航线匹配度研究[D]. 德阳:中国民用航空飞行学院, 2020.
- [9] 朱学松,陈肯. 碳排放限制下的竞争航线货运机队规划研究[J]. *航空计算技术*, 2023(6):6-10.
- [10] 柳倩,何艳伶,赵龙. 基于多目标规划的机队运力优化配置研究[J]. *航空计算技术*, 2024(1):6-10.

## Research on Fleet Planning Method Based on Passenger Random Distribution

HE Yanling, LIU Qian, ZHAO Long

(Civil Aviation College, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

**Abstract:** In order to improve the net profit of airlines and reduce resource waste, taking the minimum passenger overflow cost and seat cost of airlines as the objective function, a fleet passenger fluctuation cost control model is established with constraints such as flight continuity, aircraft flight duration, passenger demand on the route, special routes, and aircraft daily utilization rate. The route model matching scheme of a domestic airline is optimized and solved, and the economic efficiency is compared with the existing operating plan of the airline. By analyzing from three perspectives: aircraft type allocation, optimization of passenger fluctuation cost results, and robustness of passenger occupancy rate, it is concluded that the passenger fluctuation cost control model has advantages in all aspects.

**Keywords:** fleet planning; passenger volume; spillover costs; model allocation; empty seat cost

(责任编辑:唐立平)

**引用格式** 何艳伶,柳倩,赵龙. 基于旅客随机分布的机队规划方法研究[J]. *山东航空学院学报*, 2024, 41(1):86-92.  
HE Y L, LIU Q, ZHAO L. Research on fleet planning method based on passenger random distribution[J]. *Journal of Shandong University of Aeronautics*, 2024, 41(1):86-92.