

文章编号: 2095-2163(2020)12-0216-04

中图分类号: TP39

文献标志码: A

基于多目标优化理论的机位智能分配研究

李苹苹, 牛军岭

(河南省机场集团有限公司, 郑州 450001)

摘要: 机场停机位是重要的运行设施和资源,机位智能分配是航班保障过程中一项重要的任务,是多目标组合优化问题,科学合理的机位分配方案将使机场在运营、服务、安全三方面达到最佳平衡。将机位分配作为一项系统工程,从规则模型、智能算法、目标组合优化方面进行研究,结合机场实际考评机制对建模方案进行分析,通过智能算法进行仿真验证。

关键词: 多目标组合优化; 机位分配; 规则模型; 智能算法

Research on Intelligent Seat Assignment Based on Multi-objective Optimization Theory

LI Pingping, NIU Junling

(Henan Airport Group Co., Ltd, Zhengzhou 450001, China)

[Abstract] Airport parking bays are important operating facilities and resources. Intelligent allocation of seats is an important task in the flight guarantee process. It is a multi-objective optimization problem. A scientific and reasonable allocation plan will enable the airport to operate, serve, and securely. To achieve the best balance. Regarding the allocation of aircraft positions as a system project, it conducts research from the aspects of rule model, intelligent algorithm, and target combination optimization, and analyzes the modeling scheme in combination with the actual assessment mechanism of the airport, and conducts simulation verification through intelligent algorithms.

[Key words] Multi objective combinatorial optimization; Gate assignment; Rule model; Intelligent algorithm

0 引言

民用机场的停机位作为进港飞机的终点,离港飞机的起点,为旅客上下飞机、行李货物装载提供了场所。机位分配涉及机场运行效率,资源使用效率,合理的机位分配方案,可以更好地保障航班运行,方便地面保障人员的保障进程,提高旅客出行体验^[1-2]。机位分配在航班保障进程中占据举足轻重的作用,机位分配在满足其业务规则要求的前提下,还需满足航司商务合约、机场容量、站坪调度、旅客服务等一系列附加约束,因此机位分配是多目标优化问题,需平衡各个目标,使其组合结果达到最大。

1 优化目标

机位分配涉及机场、旅客以及航空公司多方主体利益,机位分配问题研究应该立足于机场本身,每个机场具体环境不同,航站楼、跑道状态、机位数量等要求不同,还有一些机场具体考评方式不同,因此对于多目标问题,应根据实际情况,选择不同的加权值来实现每个目标的期望值^[3-4]。下面分别从机位预分配鲁棒性、航班靠桥率、冲突调整率等几个方面研究分析。

1.1 最大化机位预分配鲁棒性

从机场运行管理角度来说,在机位预分配阶段

应充分考虑航班延误时,分配方案的抗干扰性能,尽量减少机位分配方案的调整次数^[5]。最小化机位空闲时段,最小化实时运行飞机间冲突次数等方式提高预分配方案的鲁棒性。

1.2 最大化航班靠桥率

机场停机位资源是有限的,随着航班量增加,如果航班大量分配到远机位,一方面旅客需摆渡车进行上下机,另一方面增加了地面保障部门的作业成本,因此机位分配应寻找一种方案使分配至远机位的航班尽可能少,最大化航班靠桥率也是国内大型机场评价机位分配方案的考评依据,从资源利用方面来考虑,飞机机型要与所停放的机位大小匹配,否则将导致停机位资源的严重浪费,因此最大化靠桥率也就是最小化机位资源浪费。

1.3 最小化冲突调整次数

恶劣天气、流量控制、地面保障工作等随机因素会造成航班延误,若计划分配至同机位的航班因延误导致机位占用时间冲突,分配方案必须进行实时动态调整,然后对于大型机场来说,有限的机位资源与高峰值的航班起降,使机位调整的工作压力大,为保障机场整体运行效率,在最小化影响整体机位调

作者简介: 李苹苹(1988-),女,硕士,高级工程师,主要研究方向:云计算、数据分析、数据处理。

收稿日期: 2020-10-13

整次数的前提下,需科学合理地进行动态调整^[6-7]。

2 规则模型

建模本身是对实际过程的一种抽象,为了使模型能更好地符合所研究问题的本质,同时便于讨论和处理,引入如下假设,对机位分配实际过程进行规范、简化和抽象。

(1)有限时段性。对机位分配问题进行分段考察,将无限离散系统转化为有限离散系统,且每个有限系统的最优解的集合构成全局的满意解^[8]。考核时段定义为一个自然日的某个时段,前一个工作日结束时的机位状态构成当前工作日机位分配的初始条件。

(2)容量满足性。假设机场的航班数量和时间分布保持在机场容量许可的时间范围内,对于机位分配,可以为任何一个航班分配一个合适的机位,即具有可行性。

(3)信息完备性。假设在每个工作日开始以前,当日机位分配决策所必须的基本信息是完备的、确定的和已知的^[9]。已知航班计划、机场资源信息。

2.1 参数定义

M : 机位集合, $M = \{k \mid k = 1, 2, 3, \dots, m\}$;

N : 航班集合, $N = \{i \mid i = 1, 2, 3, \dots, n\}$;

a_i : 航班 i 的计划进港时间;

d_i : 航班 i 的计划离港时间;

A_{ik} : 航班 i 分配到机位 K 时的挡轮档时间;

D_{ik} : 航班 i 分配到机位 K 时的撤轮档时间;

M_d : 国内机位集合;

M_i : 国际机位集合;

N_d : 国内航班集合;

N_i : 国际航班集合;

S_i : 航班 i 的机型;

S_k : 机位 k 所容纳的机型;

x_{ik} : 0—1 变量, 如果航班 i 被分到机位 k , 则 $x_{ik} = 1$, 否则 $x_{ik} = 0$;

Y_{ijk} : 0—1 变量, 如果航班 i 与航班 j 被连续分到机位 k , 且 i 在 j 之前, 则 $Y_{ijk} = 1$, 否则 $Y_{ijk} = 0$;

ε 指同一机位两个航班的最短安全时间间隔, 本文为 15 min;

γ 指相邻两个机位为避免滑入推出冲突的安全时间间隔, 本文设为 5 min;

φ_{ik} 指国内与国际不匹配时的惩罚系数; 若国际航班分配到国内机位时为 1, 否则为 0;

φ_{ik} 指航班被分配到远机位时的惩罚系数, 若分配到近机位时为 0, 分配到远机位时为 1。

2.2 模型构建

对于多目标函数优化可采取线性加权法, 对于预分配时冲突次数最小, 即可保证其成功率最大, 因此冲突目标函数为:

$$\min f_1(x) = \sum_{i \in N} \sum_{k \in M} x_{ik} + \sum_{i \in N_d} \sum_{k \in M_i} \varphi_{ik} + \sum_{i \in N_i} \sum_{k \in M_d} \varphi_{ik} + \sum_{i \in N} \sum_{k \in M} \varphi_{ik} \quad (1)$$

目标函数的约束条件如下:

$$\sum_{k \in M} x_{ik} = 1, \quad \forall i \in N. \quad (2)$$

$$(M_k - N_i)x_{ik} \geq 0, \quad \forall i \in N, \forall k \in M, \quad (3)$$

$$x_{ik} + x_{jk} \leq 1, \quad \forall i, j \in N, \forall k \in M. \quad (4)$$

公式(5)表示唯一性约束, 即每个航班有且仅有一个停机位可以停靠; 公式(6)表示机型—机位相匹配约束, 即航班停靠至机位时航班机型与该机位所能停靠的机型相匹配。公式(7)表示时间约束, 每个机位同一时刻只能停放一架飞机。

由上述目标函数求解后可满足机位预分配, 保证业务正常运行, 但是没有考虑航班靠桥率与航班延误带来的鲁棒性。基于航班靠桥率构建目标函数:

$$\max f_2(x) = \frac{\sum_{i \in N} \sum_{k \in M} x_{ik} p_k}{N}. \quad (5)$$

式中, p_k 表示 0—1 变量, 当为进机位时取值为 1, 当为远机位时取值为 0。在机场实际运行中提升机位分配方案的鲁棒性一方面可以均衡机位资源的使用, 提升机位资源的利用效率, 另一方面可以提升机位分配方案的稳定性, 可使地面保障单位按照计划开展保障工作, 提升工作效率, 继而提升机场的运行效率, 保障航班放行正常率。由于每架航班的延误是随机独立的, 因此机位空闲时间方差最小化可以提升机位分配方案的鲁棒性。目标函数如下:

$$\bar{t}_i = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{n}, \quad (6)$$

$$\min \sigma = \frac{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t}_i)^2}{n}. \quad (7)$$

式中 t_i 表示航班 i 与前序航班之间的机位空闲时间。由于本文中研究共有 n 个航班, 假设机位在最后一个航班到达或者最后一个航班离开 30 min 后关闭, 所有航班都有一个前序机位空闲时间, 因此共有 n 个机位空闲时间。

通过对智慧机场建设政策的解读, 本文构建了航班靠桥率、机位预分配鲁棒性、最小化冲突次数三个

目标函数。用信息化驱动业务,使机位分配工作高效科学地进行,科学合理运用资源,提高运行效率。

3 算法分析设计

遗传算法中初始种群的产生是随机生成,当种群数量较少时该方法还可以找到最优解,当种群数据较多时该方法迭代收敛较慢,有可能找不到全局最优解,因此本文在算法设计中考虑用聚类方法来寻找进化群体的分布性^[10-11]。

3.1 聚类算法中的编码及其相似度计算

在遗传算法中,个体通常采用二进制串或者实数进行编码来表示,并采用相异度矩阵来表示两个个体之间的相似性。在本文初始化航班及机位信息,读取航班和机位信息:

(1)将所有航班按照 AMAN 时间(预达时间)初始化,航班集合为 $N = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$, 机位集合为 $M = \{M_1, M_2, \dots, M_m\}$ 。

(2)产生所有航班预达时可选择的机位集合 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, 从 $i = 1$ 第一个航班开始,根据上述约束条件对符合条件的机位选取一个,然后根据时间顺序更新本次机位集合。

(3)更新 $i = i + 1$ 航班的可用机位集合,选取机位的可用开启时间,即上一航班的计算撤轮档时间,假如没有可用机位,重新回到(2)进行上一航班机位的选取。

(4)直到 $i = n$, 所有航班初始分配完毕,输出可行解。

算法流程如图 1 所示。

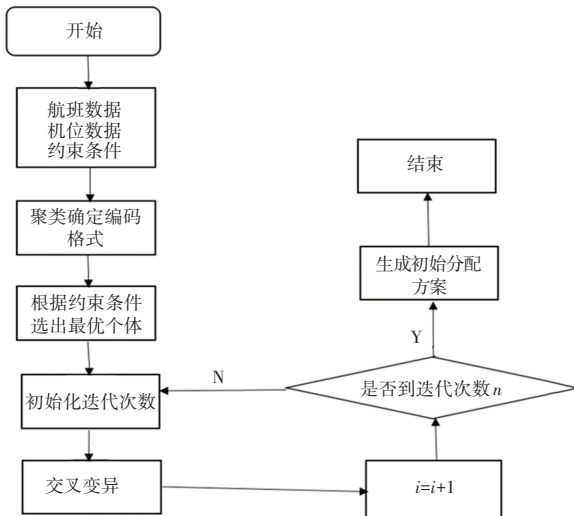


图 1 聚类—遗传算法处理流程图

Fig. 1 Clustering-genetic algorithm processing flowchart

4 实验分析

本文实验是取某机场特定时段内航班数据进行

机位分配模型训练,该时段内共计 100 架次航班,分别为国内、国际航班,机位共计 20 个,其中远机位 4 个,近机位 16 个。实验数据包括:航班号、预达时间(AMAN)、计划放行时间(CTOT)。通过聚类算法获取初始种群值,比单纯的 GA 算法初始种群的选取更科学合理,更真实,在实验环境中迭代收敛很快,同时靠桥率在 85% 之上,见表 1。

通过表 1 可以看出,单纯的 GA 算法找到全局最优解时间较长,同时全局最优解容易陷入局部解集,将聚类算法与 GA 算法结合,通过聚类寻找初始种群解,更加科学合理,保持交叉迭代种群的优良分布特性,使不良种群的可能性最小,同时算法的收敛较快,提高分配的速度。

表 1 多目标智能仿生算法求解结果分析

Tab. 1 Analysis of the solution result of multi-objective intelligent bionic algorithm

算法	靠桥航班数量	靠桥率	算法收敛拐点
GA	89	89%	52
聚类—GA	93	93%	47

5 结束语

机位分配的多目标优化问题是机场资源调度需要研究的一个重要问题,需要考虑的因素较多,各种因素相互交叉,复杂性较大,各个优化目标之间存在相互制约关系,如何科学合理地选择多目标函数,在现有约束规则下,指定与机场实际情况相符合的目标函数是需要重要考虑的问题,根据所指定的目标函数,科学合理的选择智能优化算法,获得最优分配方案的同时,降低获得最优解的时间,是未来研究的重点与难点。在智能机位分配中,需要机场运行制定合理地资源使用考评机制,目前业内尚未形成统一的标准,这个与机场的实际情况相关,需对机场的整体业务,停机位分配业务,关联业务做到深入理解,对业务流程的精准把控做到深入分析,最终评价整体分配结果是否契合了机场业务的整体运行。

参考文献

- [1] 王璐,刘明,刘荣凡,等.考虑乘客满意度的双目标机位分配问题[J].计算机应用,2018,38(z1):13-15,43.
- [2] Ching-Cheng Chao Ching-Hui Tang Ya-Hsin Hsiao. Planned gate and runway assignments considering carbon emissions and costs [J]. International Journal of Sustainable Transportation, 2020,14(8).
- [3] 孙淑光,张泰荣.遗传与禁忌搜索算法组合的停机位优化分配[J].中国民航大学学报,2019,37(4):11-14,40.
- [4] 华昕.基于遗传算法的停机位分配[J].江苏航空,2016(1):40-41.
- [5] 丁建立,李晓丽,李全福.基于改进蚁群协同算法的枢纽机场场面滑行道路优化调度模型[J].计算机应用,2010(3):589-593.
- [6] 牟德一,刘金凤.基于理想滑行路径的机场滑行道路调度策略模

- 型[J]. 大连交通大学学报,2011(1):32-35.
- [7] 李倩雯. 机场停机位优化分配模型构建[D]. 北京:北京交通大学,2018.
- [8] 杨顺秀. 面向延误情景的机场停机位优化调度研究[D]. 西安:西安理工大学,2018.
- [9] 杨新渥,安琪. 基于最小扰动的停机位及滑行路径临时改策策略[J]. 武汉理工大学学报,2017,39(2):23-27.

- [10] XU L, ZHANG C, XIAO F, et al. A Robust approach to airport gate assignment with a solution dependent uncertainty budget[J]. Transportation Research Part B, 2017(4):458-478.
- [11] AKTEL A, YAGMAHAN B, ÖZCAN T, et al. The comparison of the metaheuristic algorithms performances on airport gate assignment problem[J]. Transportation Research Procedia, 2017, 22:469-478.

(上接第 215 页)

位,为喜静的旅客挑选相同性格的人作为邻座,为怕寒的旅客提前准备好毛毯等。此外,在飞行途中还可使用自助点餐系统提供个性化的餐点,旅客能自由选择与搭配,或是选择通过人工智能对其过往点餐记录分析推荐的搭配均衡且符合旅客口味的套餐,最大程度地满足旅客的需求;使用人工智能机器人送餐,可避免服务需求量大时,减轻空乘人员压力的同时提升旅客的飞行体验。

2.3 人工智能在市场营销中的应用

航空公司作为企业自然也需要降低成本提高总收益的。人工智能作为营销工具,在为管理带来便利的同时,也为民航拓展了市场空间。营销观念的核心是满足顾客需要。与传统的市场营销有很大的不同,在信息时代,用户在各大软件上的搜索关键词、浏览痕迹、消费记录很容易被获取,人工智能则能利用其强大的信息检索功能轻松地将这些海量数据汇总成一个庞大的数据库,挖掘这些数据背后的潜在含义,利用强大的自动推理能力来推断消费者的消费习惯以及推测消费者的需求,从而达到精准推荐来投放广告,定制个性化界面。对于航空公司来说,若能获取到顾客在旅游出行平台上的搜索浏览记录,就能精准定位,根据其喜好定制个性化的出游方案,投其所好来提升顾客满意度,能在稳固旧客户的同时,吸引更多新顾客,为公司带来更多利益。

人工智能也能针对航空公司自身的情况,通过筛选过往成功案例制定出各种经营决策。面对市场环境的变化及时感应,对客流量、消费者的购票需求进行预测,及时调整机票的销售策略,调整价格,有效避免上座率不高而导致的损失,使航班的总收益最大化。人工智能的及时性和高效性远远超过了传统市场中经验丰富的策划人员。此外,使用人工智能客服能分析收集过往被咨询次数较多的问题,而后及时地、精准地解答顾客的疑问,不仅有效降低人工成本,提高服务效率,也能提升服务素质水平,为航空公司赢得口碑,从而促进旅客的未来消费意愿。

2.4 人工智能在信息安全管理方面的应用

人工智能对于民航网络信息安全的重要性也是

不言而喻的。民航信息系统汇集了所有旅客的详细个人信息和业内的敏感信息,若发生数据泄露,不仅会使民航业产生巨大的损失,也会给旅客带来极大的困扰。若信息系统被攻击,极有可能导致在飞行过程中面临极大的安全威胁。事实上,中国民航信息系统面临着来自病毒、黑客攻击以及内部人员违规操作等安全威胁^[4]。

人工智能技术的应用有效提高了民航的网络信息安全,其具有识别检测病毒和恶意代码的能力,比起传统恶意代码检测,人工智能技术能通过控制算法针对各种变形的未知恶意代码,快速精准检测并对其特征分析归类再查杀,有效解决安全检测中漏报以及误报的问题。人工智能可通过评估网络设备运行状况、网络行为以及用户行为等因素,对有可能的攻击来源进行检测,有效识别出问题文件的来源,提前感知面临的威胁,主动发现可疑行为,通过深度学习算法,不断地训练海量的数据,能将检测到的异常行为的特征归纳总结再学习,最终达到动态实时监控,自我防护和自我决策。在运用人工智能进行网络信息安全的检测与防护的过程中,不仅能大幅提高效率,消耗的资源少,能节省出更多的计算资源。也能有效解决相关工作人员安全防护技术水平不足而无法及时处理问题所产生的影响,提升了民航网站信息系统的安全程度。

3 结束语

在人工智能技术不断发展的背景下,将人工智能融入民航建设中,可增加民航业的创新力。文章应用人工智能技术预测分析,来规避空中交通管理中的常规与突发问题;提供人性化和个性化服务来优化航空服务;实时分析市场环境,提供最优市场营销方案;保护民航信息系统,精准查杀恶意代码等,为智慧民航的建设提供了广阔的发展空间。

参考文献

- [1] 冯正霖. 以智慧塑造民航业的全新未来[N]. 中国民航报,2019-05-20(1).
- [2] 张进,胡明华,张晨. 空中交通管理中的复杂性研究[J]. 航空学报,2009(11):2132-2142.
- [3] 王红梅. 浅谈民航信息网络安全建设措施[J]. 信息网络安全,2007(6):44-45.
- [4] 樊重俊. 人工智能基础与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2020.