

文章编号: 2095-2163(2020)05-0132-04

中图分类号: U8

文献标志码: A

基于机场协同决策机制下的停机位资源分配研究

刘畅, 郝路, 高峰, 许幸, 张文成, 石丽娜

(上海工程技术大学 航空运输学院, 上海 201620)

摘要: 机场终端对机场的运行起到了决定性的作用, 其中就包括空管、机场公司、航空公司等机场秩序维护部门, 这些运行保障部门有序管理构成了机场终端的运行系统。随着近年来我国机场和民航业的逐步壮大和发展, 航空终端运行管理系统已经不堪重负, 停机位上如何分配合适的人员和航班, 对于航空公司和机场的发展有着非常重要的意义和影响。因此, 机场终端运行系统中的各个管理单位需要相互协调和配合, 空管部门若能够及时整合和掌握各种机场终端运行管理系统中的信息, 并及时发布给中国航空公司的所有用户, 就能更好的提升管理水平、运行速度以及配套服务水平, 才能大幅降低延误率, 避免因航班的延误所带来的经济损失和成本。在解决基于协同决策机制下的停机位分配问题时, 以保证旅客最小行走距离为设计和优化的目标, 建立了静态停机位分配管理模型, 并且运用遗传算法有效解决该系统优化的问题。

关键词: 停机位分配; 协同决策机制; 旅客最小行走距离; 遗传算法

Research on the Allocation of Parking Resources under A-CDM Mechanism

LIU Chang, HAO Lu, GAO Feng, XU Xing, ZHANG Wencheng, SHI Lina

(College of Air Transport, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

[Abstract] As the initial node of air transport, airport includes air traffic control, airport companies, airlines and other aviation operation support departments. The orderly combination of these departments constitutes the airport terminal operation system. With the gradual development of China's civil aviation industry, the aviation management system has been overwhelmed. The allocation of appropriate flights on the stand has a very important impact on both airlines and airports. Therefore, airport terminal operation unit of the system need to coordinate and cooperate with each other, such as air traffic control departments to integrate the airport run within the range of information and release to all aviation users, certainly can effectively improve the level of the entire airport security, efficiency and service quality, to improve the probability of a normal flight departure, reduce delays general economic costs. In order to solve the parking space allocation problem, a static parking space allocation model was established with the minimum travel distance of passengers as the optimization target, and the genetic algorithm was used to solve the optimization problem.

[Key words] Airport gate assignment; A-CDM; Minimum the total passengers walking distance; Genetic algorithm

0 引言

空中交通机场管理协同决策机制已经成为提高我国空中交通机场管理网络和机场运行管理效率的重要因素。截至 2019 年, 空中交通机场吞吐量排名前列的机场包括: 北京首都国际机场、上海浦东国际机场、广州白云机场。旅客起降吞吐量高达 1 亿 100 万人次, 标志着我国的民航业快速发展的同时, 也给空中交通的指挥运营和现有系统资源综合调度带来了巨大的机遇和挑战。合理的停机位设置和分配能够有效提高机场的容量、降低航班延误率、减少事故的发生, 是影响民航机场的系统容量和机场服务运行效率的一个关键因素。

1 机场协同决策机制

在机场多航站楼停机位模型与实时指派的算法问题上, 国内外的学者已经对机场进行了很多模型与实时指派算法的分析与研究^[1-9]。机场协同支持决策机制是欧洲民航会议机场运输部长在 2000 年欧洲民航会议空中交通管理战略中提出的新决策概念之一^[10]。各机场协同决策是以减少航班延误率、提高正点率、优化机场资源配置和利用为主要目的, 提高一定机场范围内的空中交通流管理能力和机场总容量。各机场通过协同决策, 使各机场参与者(包括机场运营经理、飞机运营商、地勤人员和空中交通管制员)了解其他机场参与者的局限性、现状和预期状态, 做出正确的空中交通决策, 并与其他机

作者简介: 刘畅(1995-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 交通运输规划与管理、机场停机位分配; 郝路(1996-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 红外无损检测与飞机防除冰技术; 高峰(1994-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 激光超声无损检测; 许幸(1994-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 航空运营管理; 张文成(1997-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 载运工具故障诊断与控制; 石丽娜(1977-), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 交通运输工程、航空机场停机位分配。

通讯作者: 刘畅 Email: 462948942@qq.com

收稿日期: 2020-03-02

场参与者合作。为了确保机场继续做出高质量的决策,所有机场参与者都应正确设定共同目标^[11]。机场的目标是在完成运营计划的同时最大限度地提高吞吐量和效率。地面服务的目标是最大限度地提高资源管理效率,并签署协议以确保机场的服务质量水平^[11]。现有机场设施的最佳合理利用,取决于进出机场的航班预测的准确性。空中交通管制的主要目标之一是确保安全,并实现现有基本机场设施(跑道和滑行道)的最佳合理利用。为保证机场设施评价指标的正确实施和效果,引入机场设施性能评价方法,对有机场设施的安全性和完整性进行评价。

2 停机位分配问题概述

停机位分配问题是指综合考虑机场运行的规则、飞机的机型、停机位的类型、航班时刻等各种影响因素,为机场入港和离港的国际航班分配合适的跑道和停机位。机位自动分配管理是机场信息运行管理系统的一个重要组成部分,机位自动分配的准确性直接影响到整个机场的实际运行管理效率和旅客服务满意度。国内机场信息运行管理系统对于停机位的分配做不到全自动,只发展到半自动化程度,即先自动给出机位分配的方案,再用自动或者人工的程序进行分配和处理,对不恰当的分配进行更改,经常造成部分航班无机位可分配,或分配到远机位,采用摆渡车等方式对旅客进行接送,影响了旅客满意度,还会造成资源的浪费和额外费用的增加。

许多文献都在讨论使用哪种算法或混合算法来减少模型的运行时间,提高效率。其次是注重模型的仿真。在获得仿真的基础数据后,建立了各种仿真系统,利用先进的仿真技术对多跑道机场的停车位分配算法进行实时分析和仿真,有效地解决多跑道机场停机位分配的冲突和控制问题展台上的飞机。同时,提出了基于规则和网络仿真技术的AGAP仿真分配模型和Yan s的仿真模型^[12]。停机位模拟分配模型结合了两种相似的最小总乘客、机场步行距离和启发式基本分配算法。

研究优化模型,应用最为广泛的当属以最小机位旅客行走的距离和等待的时间为主要优化的目标。将国际机场最小化远机位数的利用率问题作为主要的考虑目标对象时,主要应用是以旅客利益最小化机位旅客空闲的时间和旅客最小化远机位数的利用率做为主要优化的目标。越来越多的学者开始注重在优化算法上的突破和创新,对优化方法和目标的选择上往往倾向于选择单一的优化方法和目

标。在实际的机场停机位分配问题中,优化的目标应该都是多目标的,若只以旅客最小行走的距离作为其优化的目标,往往会造成部分虚拟停机位相对繁忙,而其他虚拟停机位相对空闲;若只考虑其他机位相对空闲的时间,又往往会导致部分旅客对航班满意度的明显下降。

3 停机位分配问题模型

停机位优化配置的基本目标之一,是将给定的虚拟航班合理分配到多个不同的虚拟停机位,使航班之间不发生任何冲突,旅客从机场步行的时间和距离最短^[12-13]。由于飞机进出口到其他虚拟停机坪的时间和距离远大于其他虚拟机位的时间和距离,应合理分配进出口到其他机位的航班。所有虚拟机位在分配后只能同时为机场分配一架虚拟机(其他虚拟机坪分配除外)。由于不同的机位分配问题可以直接划分为若干个相同的虚拟机位分配问题,本文假设所有可供机场使用的虚拟机位和飞机分配所需的虚拟机位是相同的,提出一个虚拟机位分配问题的数学模型^[14-15]。

该模型定义了如下变量:

N 为飞机(到达或离开)集合;

M 为机场可用的机位数;

n 为飞机的总数;

m 为机位的总数;

A_i 为飞机 i 的到达时间;

d_i 为飞机 i 的离开时间;

W_{kj} 为旅客从机位 k 到机位 j 的距离;

f_{ij} 为从航班 i 到 j 的旅客人数;

g_i 为飞机 i 分配到的机位。

加入两个虚拟停机位:

0 为机场的入口或出口;

$m + 1$ 为无机位可用时飞机分配到停机坪;

$Y_{ik} = 1$ 为航班 i 分配到入口 k , 否则为

$0 \forall (i,j) y_{ik} = y_{ik} = 1 (k \neq m + 1),$

当且仅当 $(a_i - d_j) * (a_i - d_i) < 0.$

优化目标公式(1):

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m+1} \sum_{l=1}^{m+1} f_{ij}^{m+1} \times W_{kl} \times y_{ik} \times y_{jl} + \sum_{i=1}^n f_{0i} \times W_{0gi} + \sum_{i=1}^n f_{i0} \times W_{gi0}. \quad (1)$$

其中约束条件为:

$$\textcircled{1} \sum_{k=1}^{m+1} y_{ik} = 1 (\forall i, 1 \leq i \leq n),$$

$$\textcircled{2} a_i < d_i (\forall i, 1 \leq i \leq n),$$

$$y_{ik} \times y_{jk} (d_j - a_i) (d_i - a_j) \leq 0,$$

$$\textcircled{3} (\forall i, j, 1 \leq i, j \leq n, k \neq m + 1),$$

④ $y_{ik} \in \{0,1\} (\forall i, 1 \leq i \leq n, \forall k, 1 \leq k \leq m+1)$.

4 机场停机位分配遗传算法设计

遗传算法从发现问题开始到结束都需要非常繁琐的过程,因此需要对算法过程进行详细的梳理。遗传算法主要包括以下基本步骤:

(1) 根据实际问题,确定染色体优化的方法,即目标函数及其约束条件、解的数学描述。

(2) 根据该问题,建立了染色体优化模型,即启动时间的目标函数及其约束条件的数学描述。

(3) 分别给出每个染色体的基因型和编码方法,即分别给出个体基因型和染色体搜索空间。

(4) 建立染色体解码方法,实现基因型与表现型的转化。

(5) 给出了个体目标适应度的函数值评价和计算方法,建立了目标适应度函数值与目标个体适应度的函数值转换和计算关系。

(6) 给出了遗传算子的具体操作过程和方法,包括基因选择、交叉、变异等各种遗传算子的详细操作过程。

(7) 给出了遗传算法过程中的停机位和运行参数。

本文提出了一种基于遗传算法的航班机位长度分配编码算法。为避免增加机位,采用实数编码方法。为了简化讨论,一个机场设3个机位,只需分配10个机位。简化描述假设所有航班1,分配到1号、3号、4号、5号,分配到1号、6号、7号、8号,分配到2号和3号,以及9号、10号,分配到航班和停机坪,基因组站的编码方法如下:

1	2	0	3	4	5	0	6	7	8	0	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

4.1 适应度函数设计

直接选取目标函数作为适应度函数,不同的目标函数值相差不大,会导致适应度算法收敛速度慢,影响计算时间。因此,本文引入了模拟退火的思想,设计的适应度函数公式(2)为:

$$fitness = e^{value(-a)} \times 10^n. \quad (2)$$

value表示的是一个目标适应度函数的值, N 调整适应度函数值的范围,系数 a 决定了算法复制的强迫性, A 越小,适应值的强制函数微分越大。

4.2 交叉算子设计

在进化的不同阶段,根据适应度函数值的比例进行选择。在同一遗传过程的早期进化阶段,通常会出现一些超常量的初始个体。这些个体由于具有

突出的群体竞争力,严重地控制了算法选择的速度和过程,影响了算法朝着全局最优解的方向搜索。在种群遗传进化的后期,由于种群算法适应度的收敛性和种群中个体间的差异较小,使得全局优化算法的持续性大大降低。

(1) 该算法处理了种群中数量随速度变化的情况。如果一条染色体中的停止码数量减少或增加,从后一条染色体交叉点的停止到前一条染色体交叉点的停止,寻找一个包含0个代码的位置。在某个地区有这样的十字路口。这个位置的停止码为0,另一条染色体上的停止码不为0,交换这个交叉位置的两个亚染色体的停止码的数目;如果停止码的数目增加或减少,必须再次增加另一个亚染色体的停止码的数目,并且这个亚染色体的停止码可以被处理。重复这一过程,直到亚染色体数目没有及时改变。

(2) 处理同一立场中两个染色体立场的冲突。从最后一个染色体交叉点的终点到前一个染色体交叉点的终点,搜索染色体,并将染色体飞行停止点所在的第一个子染色体的飞行替换为当前未出现在子染色体支架上的最小第一个飞行,重复此过程进行排序,直到每个支架的飞行被分配到同一个支架上。

(3) 解决同一亚色系航班在停站时间发生停站冲突时的停站编码问题。同时分配给每个次染色体架的航班根据每次进入次染色体架的时间长度进行排序,并根据时间约束条件③调整每个航班分配条件。另一个不需要满足约束条件的航班被随机分配给一个停机坪,利用贪心算法对调整后的航班分配条件进行随机优化,使停机坪上每个航班的分配基因数最少。

4.3 变异算子

从飞行染色体中随机选择两个分配基因进行选择交换,将分配给每个飞行台的所有飞行按进入该飞行台一段时间的顺序随机排序,并根据满足约束条件③调整每个系统的飞行台,将不能满足机位约束协同决策条件的机位分配给相应的停机坪。对上述算法设计过程进行了分析,结合机场协同决策模型系统中的停机位航班实时分配,确定了停机位航班分配的数据集,最后得到了机位航班的分配方案。

5 结束语

本文进一步研究了目前机场协同决策机制条件下,基于旅客最小停机位行走距离的基础,进行停机位航班实时分配,通过遗传算法建立以旅客最小行走的距离为基础进行优化的目标,建立了机场协同

约束条件下的停机位航班实时分配的模型,通过分析结合遗传算法的特性以及目前机场协同决策机制在部分国际机场已经实现的停机位信息资源共享的基础上,对该协同决策模型的停机位进行了合理的遗传算法结构设计,充分考虑停机位航班实时的分配以及停机位航空公司对航班停机位利用效益的最大化,为进一步优化部分停机位的资源配置,提高部分机场飞行场面的容量,降低停机位航班的延误率和冲突发生次数及缩短航班延误的时间奠定了基础。本文主要针对技术和模型的基础建立进行研究,对该技术和模型的充分应用以及可行性的研究,还有待进一步的研究和实例的验证。该技术和模型主要是考虑在一定的时间内,对于延误航班的时隙进行优化、对分配进行了考虑,停机位临时指派的分配是一个复杂且实时的动态管理过程,可能受到空管、机场、航空公司以及机组等可控因素的控制和影响,还可能受到恶劣天气等各种自然条件的影响和限制,对于延误航班停机位的分配有待进一步的研究。

参考文献

[1] MANGOUBI R S, MATHAISEL D F X. Optimizing gate assignments at airport terminals[J]. *Transportation Science*, 1985, 19(2): 173-188.

[2] YU Cheng. A rule_based reactive model for the simulation of aircraft on airport gates[J]. *Knowledge Based Systems*, 1998, 10: 225-236.

[3] YU Gu, CHRISTOPHER A. Genetic algorithm approach to aircraft gate reassignment problem [J]. *Journal of Transportation Engineering*, 2000, 125(5): 384-389.

[4] XU Jiefeng, Ba 订 ey G. The airport gate assignment problem: mathematical model and a tabu search algorithm[C]//*Proceedings*

of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii: IEEE, 2001: 102-111.

[5] DING H, LIM A, RODRIGUES B, et al. New heuristics for the over-constrained airport gate assignment problem[J]. *Journal of the Operational Research society*, 2004, 55: 760-768.

[6] YANG Shangyao, TANG Chinghui. A heuristic approach for airport gate assignments for stochastic flight delays[J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 180(2): 547-567.

[7] TANG C H. Real-time gate assignments under temporary gate shortages and stochastic flight delays[C]//2009 IEEE/INFORMS International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics. IEEE, 2009: 266-271.

[8] 熊杰,张晨. 基于飞机滑行油耗的枢纽机场机位分配研究[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2010, 10(3): 166-170.

[9] TANG Chinghui, YA Shangyao, HOU Yuzhou. A dynamic algorithm for gate assignments under varied flight delay information [C]//2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT). Chengdu: IEEE, 2011: 209-213.

[10] 国际民航组织(ICA0). DOC9971AN/485 协作性空中交通流量管理手册[Z]. 2012: 1-12.

[11] 周沁,张学军,张军. 机场流量管理模型的公平性与有效管理[J]. *中国科技信息*, 2005(4): 126-128.

[12] 马正平,崔德光. 空中交通战略和战术级流量管理模型[J]. *清华大学学报*, 2003, 43(7): 903-907.

[13] CHENG Y. A rule-based reactive model for the simulation of aircraft on airport gates[J]. *Knowledge-Based Systems*, 1998, 10(4): 225-236.

[14] YAN S, SHIEH C Y, CHEN M. A simulation framework for evaluating airport gate assignments[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2002, 36(10): 885-898.

[15] Ulrich Dorndorf, Lin Chen, Ma Hui. Disruption management in flight gate scheduling[J]. *Statistic Neerlandica*, 2007, 61(1): 92-114.

[16] HENZ M, YAP RHC, LIM Y F. Solving hierarchical constraints over finite domains with local search[J]. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence MAR*, 2004, 40(3-4): 283-301.

(上接第131页)

[21] LI J, SUN M. Experimental Study on Sentiment Classification of Chinese Review Using Machine Learning Techniques[C]//2007 International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering. IEEE, 2007: 393-400.

[22] SHEN Y, LI S, ZHENG L, et al. Emotion Mining Research on Micro-Blog[C]//2009 1st IEEE Symposium on Web Society. IEEE, 2009: 71-75.

[23] DONG L, WEI F, TAN C, et al. Adaptive Recursive Neural Network for Target-Dependent Twitter Sentiment Classification [C]//*Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2014: 49-54.

[24] CHEN T, XU R, HE Y, et al. Improving Sentiment Analysis via Sentence Type Classification Using BiLSTM-CRF and CNN[J]. *Expert Systems with Applications*, 2017, 72: 221-230.

[25] LIU J, ZHANG Y. Attention Modeling for Targeted Sentiment

[C]//*Proceedings of the 15th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: Volume 2, Short Papers*. 2017: 572-577.

[26] TENG Z, VO D T, ZHANG Y. Context-Sensitive Lexicon Features for Neural Sentiment Analysis[C]//*Proceedings of the 2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. 2016: 1629-1638.

[27] WANG X, JIANG W, LUO Z. Combination of Convolutional and Recurrent Neural Network for Sentiment Analysis of Short Texts [C]//*Proceedings of COLING 2016, the 26th International Conference on Computational Linguistics: Technical papers*. 2016: 2428-2437.

[28] CHUNG J, GULCEHRE C, CHO K H, et al. Empirical Evaluation of Gated Recurrent Neural Networks on Sequence Modeling[J]. *arXiv preprint arXiv:1412.3555*.