

民用机场停机位分配规则研究

王济海¹ 张 扬^{1, 2} 董彦成^{1, 2}

(1. 民航成都信息技术有限公司, 2. 中国民航局第二研究所)

摘 要: 停机位分配规则是机位自动分配的基础。本文对国内机场分配停机位时使用的各种业务限制及要求进行分析归类, 针对不同限制类型进行规则抽象, 提出了一套用于描述停机位分配业务要求的规则模型, 为后续实现机位智能化分配提供了模型支持与计算基础。

关键词: 停机位分配; 业务限制; 规则模型

Research for Business Rule in Civil Airport Stand Assignment

Wang Jihai¹ Zhang Yang^{1, 2} Dong Yancheng^{1, 2}

(1.Chengdu Civil Aviation Information Technology Co.LTD, Chengdu 611435, China;

2. The Second Research Institute of CAAC , Chengdu 610041, China)

Abstract: Business rule in stand assignment is the base of auto stand assignment.This paper study and analyze the rules of stand assignment used in real airport operation, generalize these rules into several business kinds. Proposed a set of rule model to translate business requirement into system objects base on the separation.This study provide model support and calculation base for further intelligent stand assignment.

Keywords: stand assignment, business restriction,rule model

1 引言

作为智能交通的一个重要组成部分, 智慧机场的建设受到了人们越来越多的关注与重视。智慧机场涉及机场生产运营、业务流程优化、旅客体验提升等诸多方面^[1]。其中, 对停机位的分配管理是机场生产运营中的重点与难点, 另一方面, 国内民航生产运输保持高位增长, 2016 年民航旅客吞吐量已突破 10 亿人次, 巨大的运输需求也对机场生产保障提出了更高的要求^[2, 3]。因此, 对停机位分配问题的研究与解决是重要而急迫的工作。

目前, 国内机场普遍采用计算机资源分配系统进行停机位管理工作, 但由于大部分系统偏向于基本业务处理, 智能化决策支持的水平不高, 机场工作人员仍主要采取人工方式完成停机分配与调整。在进行分配停机位时, 必须满足诸多细化到每个机位的业务限制与要求, 同时这些业务限制还可能受其他因素影响而发生动态的变化。由于这种分配业务上的复杂性, 采取人工方式完成机位分配存在效率、安全、合理等方面的问题与风险, 故有必要提高资源分配系统的智能化水平, 使其具有更好的自

动分配结果与效率,协助人们更加高效快捷的完成停机位分配工作。

实现智能化分配有两个关键问题需要研究与处理,一是如何将各种复杂的业务限制与要求转换为系统可处理的业务规则^[4]。由于停机位分配问题本质上是组合优化问题,其中约束条件部分是由各种规则构造形成,因此对分配规则的研究是实现智能分配业务的基础。同时,从工程实践性考虑,如何准确使用规则表达各种业务限制的含义,是系统是否可以发挥实际效果的保障。实现智能化分配的另一关键问题,是系统如何在满足约束的情况下计算找出符合用户期望的分配方案,这一部分工作涉及对规则引擎及各种智能算法的研究^[5~7]。目前,对停机位分配问题的研究工作主要集中于第二个问题,而对第一个问题的分析与研究工作开展较少,部分研究集中于对规则库的建立与使用^[8],但对业务限制类型与规则的研究相对缺乏。

本文在分析国内停机位分配使用的各类业务限制与要求的基础上,提出了一套抽象的规则分类模型,为停机位分配计算等相关工作提供参考与借鉴。另一方面,机场内其他资源的分配问题,如行李转盘分配、登机口分配、特种保障车辆分配等均为类似的问题模型,本文研究对于这些资源的智能化分配工作也具有借鉴意义。后续章节安排如下:第二章对目前停机位分配中出现的各类业务限制与要求进行分析归类,第三章针对不同的业务限制类型进行抽象,构造出对应的规则模型,最后给出结语及展望。

2 停机位分配中的业务限制条件

2.1 基本类型

对机位分配中的各种限制条件从业务含义、相互影响及限制主体三个角度进行分析,可得到如下所示的基本类型划分如图1所示。

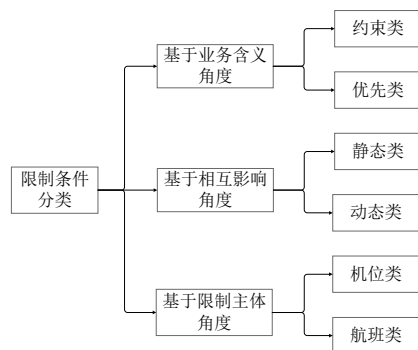


图1 业务限制条件的分类

以业务含义角度对限制条件进行划分,可分为约束类与优先类。约束类条件表示某种航班是否可停放在某个机位上,这是航班与停机位间一种一一对应的“是”、“否”关系。例如,101号机位不能停放南航航班,102号机位不能停放F类飞机等。优先类条件涉及到航班与机位间具有先后顺序的一对多关系,可分为两种情况,一是特定机位需要按照某种优先顺序停放不同种类航班,二是特定航班需要按照某种优先顺序使用某些机位。例如国航航班优先停放101机位,101机位不可用时停放102机位,当前两个机位均不可用时,停放103机位。

以是否相互影响的角度对限制条件进行划分,可分为静态限制与动态限制。相互影响是指在分配过程中,由于某个机位先安排了特定类型航班停放,导致其他一个或多个机位对停放航班的限制要求发生了变化(一般情况下这种变化都是扩大了禁止范围)。存在这种相互影响关系的限制条件称为动态限制,而分配过程中不受前序分配结果影响的限制称为静态限制。动态限制的一个常见例子为机位机型容量缩减,例如默认情况下101号、102号机位均能停放F类及以下等级的飞机,但当101号机位停放了一个F类飞机后,由于安全原因102号机位仅能停放D类及以下等级的飞机。

以限制主体的角度对条件进行划分,可分为由机位出发对航班的限制、由航班出发对机位的限制,例如前文所述的101号机位不能停放国航航班,及国航航班优先停放102机位。

2.2 停机位分配业务限制归类

通过不同的组合方式,基本类型可以形成多种抽象的限制条件,现实机位分配问题中的不同业务限制均可归类于其中某类条件。现对实际机位分配中涉及的各种业务限制归类描述如下:

1) 机位对航班的静态约束条件

该类条件不受前序分配结果的影响,给出了每个机位的可以停放哪些航班,不可停放哪些航班的结论,是进行机位分配时需要考虑的基本要求。该类条件一般产生于生产安全或代理合约的要求,在机场目前实际使用的业务限制中占据了最大的比例。属于该类型的业务限制包括:机位对航班机型的限制、对航班任务的限制、对航班属性的限制、对执飞该航班航空公司的限制。机位对航班的限制中,还有一类特殊的限制条件:时间冲突限制,表示同一个机位任何时刻只能最多停放一个航班,这个条件应作为默认要求加入到机位分配处理中。

2) 机位对航班的静态优先条件

该类条件与上一种的区别在于,机位与航班间有停放优先级的要求。其结论不是简单的是或者否,而是对一个集合的排序。该类条件一般来源于机场的定立的各种代理合约等要求。常见条件是停机位对不同航空公司航班的停放优先级限制,例如 101 号机位优先停放国航航班,次优先停放东航航班,最后才能停放其他公司航班等。

3) 机位对航班的动态约束条件

动态类型与静态类条件间最大的差别是变化性,此类条件在大型机场或枢纽机场较为常见,一般都是由于航班数量大、符合需求的停机位不足等因素引起。尽管该类条件在总体分配业务限制中所占比例不高,但由于常涉及航空器运行安全问题,因此是机位分配中必须重要考虑的要求。机位对航班的动态允许条件可以细化为航班范围限制与航班进出时序限制两个子类。

航班范围限制是指当特定机位停放某种航班后,其他受影响机位可停放的航班范围发生变化,导致部分原本可以停放的航班不能够再停放于这些机位。在机场实际业务条件中,下面几种情形较常见。第一类是组合机位或父子机位限制,组合机位是将两个或以上的小型停机位合并为一个虚拟的大型机位,用于停放小型机位无法容纳的大型飞机。在大型机位停放有飞机的这个时段里,小型机位一般禁止停放任何类型飞机;与此类似,若某个小型机位停放了飞机后,在该飞机停靠时段内也禁止虚拟的大型机位停放飞机。第二类是机位机型容量限制,指两个及以上的机位其可以停放飞机机型存在相互影响关系,当其中某个停放了某种飞机后,其他机位可停放飞机机型范围变小。第三类是针对特定航班类型的范围限制,即某机位停放了特定类型航班后,受影响机位可停放航班类型受到限制,例如,尽管 101、102 号机位均可停放国内与国际航班,但当 101 号机位停放了国际航班后,相邻的 102 号机位便只能停放国内航班。

机位对航班动态允许条件的第二类是航班进出时序限制。与第一类不同,该类条件限制的是可停放航班的进出机位时间,即某个机位停放了航班后,其他受影响机位对航班的停放时间提出了限定。出现这种限制情况的原因一般是机场停机位不足,需要使用某些特殊区域作为停机位,例如临时停机位、滑行道停机位等。在这些区域内停放航班,一般都带有停放先后顺序的要求。该类限制可划分为下述三类:对停放开始时间的限制、对停放结束时间的限制、对停放开始、结束时间的共同限制。相对于前两类较简单的限制,第三类共同限制还可以细化为两种情况:采取队列方式的使用相互影响的机位,即需要将航班按照停放时间的先进先出(FIFO)的顺序停放在这些机位上;另一种是采取队列的方式使用相互影响机位,即需要根据航班的停放时间以先进后出的顺序安排机位。

4) 航班对机位的静态优先条件

该类条件以航班为出发点,在不考虑已有机位分配结果的情况下,对停放的机位有使用向后顺序的要求。它反映了人们对机位资源的一种偏好使用需求。这种条件一般源于航空公司、航班属性或飞

行任务有关的合约要求,例如国际货运航班优先停放 A 区货运机位、次优先停放 B 区货运机位等。需要注意,由于该类条件是对航班可停放机位的优先级排序,因此已隐含有航班对机位的静态允许限制。

同时,出于满足某种整体目标的需求,机场工作人员也会设定属于该类型的业务要求。例如为了确保国际客运航班的保障效率,因此该类航班一般都应当优先使用国际类机位中的廊桥机位,仅当廊桥机位均被占用时才可以使用远机位。又如为提升旅客乘机体验及地面保障效率,要求尽量提高客运航班的靠桥率,实现这个需求的方式之一就是让在本机场过站时间短的航班优先停靠近机位。

目前,国内机场工作人员进行停机位分配时,主要考虑的各种业务合约、规定与限制要求基本可归并为上述四种类型。其他类型代表的业务需求较少,某些类型的需求尚待发掘,故不在此冗述。

3 规则模型

3.1 基本规则

规则实现对各种业务的知识表示与逻辑表现,上文描述的各类机位分配业务限制条件亦可使用规则进行描述。根据机位分配业务的特点,一条基本规则由航班条件集、机位集及关系符组成。航班



图2 基本规则模型

条件集通过条件来描述符合要求的航班,机位集则描述符合要求机位集合,关系符用于表示两个集合间的连接关系,例如允许、禁止、优先等。下图为一条基本规则各部分关系的示意图如图2所示。

在该规则模型的基础上进行扩充与调整,可分别获得与第二节所述四类限制条件对应的规则模型,下文对其进行简要描述。

3.2 机位-航班静态约束规则

由于表示特定机位对航班是否可停放的限制,因此机位集由一个特定的机位构成,而航班条件集按实际业务场景不同,可以设置针对一个航班属性数据的条件,或针对多个航班属性数据的复合条件。该规则模型与基本规则模型的区别在于机位集的数据仅有一项。

当使用一个航班属性数据为条件设定规则时,例如101号机位可以停放机型为{A319、A320、A321、A330}航班时,其规则可描述如图3所示。

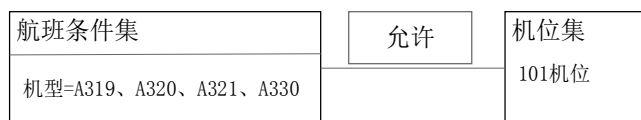


图3 机位-航班静态约束单条件

当使用复合条件时,例如101号机位可以停放东方航空的国际航班时,规则逻辑描述如图4所示。



图4 机位-航班静态约束多条件

3.3 机位-航班静态优先规则

由于该规则所表示的限制条件是特定机位对不同航班集合的限制，故机位集由一个机位构成，航班条件集中应存在多个航班集，每个集合具有不同的优先等级。例如 101 号要求优先停放国际/地区航班，次优先停放混合航班，最后停放国内航班，其规则可描述如图 5 所示。

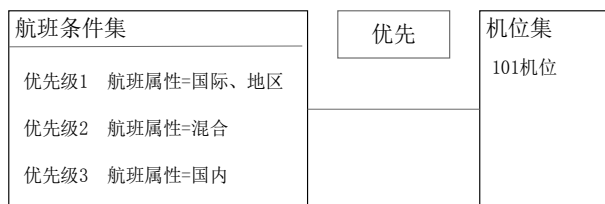


图 5 机位-航班静态优先

3.4 机位-航班动态约束规则

动态约束涉及多个机位，因此这种规则模型由两部分数据组成：影响方的条件数据与被影响方的条件数据。在第一部分中，机位集中一个机位作为主动影响方，停放了其航班条件集中指定类型的航班后，会对第二部分机位集中的机位（一个或多个）可停放航班进行限制，限制条件在第二部分的航班条件集中体现。需要注意，由于动态约束存在航班范围限制与航班进出时序限制两个子类，因此需要在航班条件集中考虑对这两类不同要求的体现。

以机位机型容量限制为例，假设 102 号机位停放机型为 A380 的航班时，101 号机位仅能停放机型为 A319 与 A320 的航班，其规则逻辑可描述如图 6 所示。

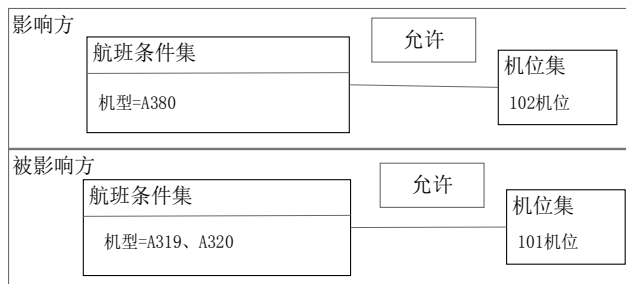


图 6 机位-航班动态约束

3.5 航班-机位静态优先规则

该规则体现的是特定类型航班对一系列机位优先停放的顺序要求，因此航班条件集由多个具有优先等级的机位集合构成，航班条件集是一个或多个航班属性数据的条件构成。例如，南方航空的国内航班优先停放 101-105 号机位，次优先停放 201-205 号机位，最后停放 T01-T05 号机位，该规则逻辑可描述如图 7 所示。



图 7 航班-机位静态优先

4 结语

机场停机位分配是一项复杂的工作，对分配规则的处理是这项工作的基础。本文以国内机场人员在停机位分配时使用的业务限制及要求为基础，分析并抽象出一组描述业务分配条件的规则类型，提出了一套对应的规则模型。通过这种分类与建模，实现了机场实际业务要求与智能化资源分配系统间数据的转换工作，为后续的分配计算提供的坚实的基础与信息来源。

随着机场建设的不断深入，以停机位分配为代表的各种资源分配问题是机场实现智慧化过程中一个亟待解决的课题，希望本文的研究能够为相关工作开展提供借鉴与参考。机场的生产与运营模式是一个不断变化演进的过程，停机位分配规则也在一步步发生变化，如何立足于现有规则研究基础上，结合新情况设计出具有更好通用性与包容性的规则模型，需要继续深入并持续的研究。

参考文献

- [1] 吴琪, 于占福, 蒋明. 我国智慧机场建设的基于与挑战 [J]. 民用机场. 2013 (11).
- [2] 2016 年民航行业发展统计公报 [R]. 中国民用航空局, 2017.
- [3] 2016 年民航机场生产统计公报 [R]. 中国民用航空局, 2017.
- [4] G Knolmayer,R Endl,M Pfahrer. Modeling Processes and Workflows by Business Rules[J]. Business Process Management. Springer Berlin Heidelberg, 2000:201-245.
- [5] 倪翌, 百利芳, 董奥冬. 一种面向业务规则和流程的推理引擎架构 [J]. 计算机应用软件, 2017, 34 (3): 98-102.
- [6] 曲守宁, 朱强, 林泊翰, 等. 规则引擎在机场资源管理系统中的研究与应用 [J]. 江西师范大学学报 (自然版), 2008, 32 (2): 142-147.
- [5] Ali Haghani,Min-Ching Chen. Optimizing gate assignments at airport terminals[J]. Transportation Research, 1998, 32(6): 437-454.
- [8] 李程. 机场资源分配管理规则库的研究与应用 [D]. 中国科学院研究生院, 2011.