研究近况 1. 先来先服务 (FCFS) 应用最广泛. 特别是进港. 2.调度目标:确定调度需要的改善的目标:1),以延误时间为目标,即计划与实际起飞的时间差.2),以航班延误损失为目标,延误时间 与延误成本来衡量.3),以机场跑道容量为目标.通常以该跑道上最后一架航班起飞的时间来衡量. 3.现有算法:多目标遗传算法、Memetic算法、蛙跳算法、分支界定法、离散时空网络算法、Petri 网模型算法、模糊模式识别算 法、时间提前量(Time -Advance, TA)算法、带有约束的位置偏移(Constrain Position- Shift, CPS)算法。局限性:多针对单目标建 立模型。 简要总结: 1),多进港研究,少离港问题研究,特别是混合研究2),主要针对单跑道研究3),调度目标以延误时间和延误损失为主要目 标4),对于突发状况的考虑不够。即必然有不可抗力导致已安排的调度次序不能实现。 问题提出 优化目标: 等待时间最小。 优化场面图 终端区空域 (4) (1) 跑道Runway 等待点 快速出口滑行道 (2) (2) 滑行道网络 (3) 停机位 上图是机场航班起降大致的流程场面。对调度过程中会出现以下问题:①航班起降序列优化②滑行冲突③停机位占用与推出冲突④跑道 选择。 对于①航班起降序列优化的解决方案: 对于①航班起降序列优化的解决方案:改进FCFS算法。 先到先处理FCFS生 成起飞顺序 新航班的预计到达时间= 新航班的预计起飞时间 前机实际到达时间 新航班的实际到达时间 ET>所有已排序的实际 (AT) +二者间最小安全 AT=max{AT-EST,ET} 起飞时间AT? 间隔 Ν Ν 将新航班插入到已排序航 班的最前面,确定其 新航班是否可以优化 ET,并将其它可以优化的 航班顺序进行排列。 **★** (将新航班插入到该架已排序航班的前面的间隙中,并与前一架航班保持需要 的安全间隔,确定其ET,并将新航班后面已排好序的航班重新排列,得到新 的预计到达时间 尽量做到: (1) 两位置之间简单直接连接; 对于②滑行冲突的解决方案: (2) 与其他车辆和航空器的路线冲突最 少; (3) 尽量采用单向滑行路线; 首先考虑单跑道问题。将滑行道建立一个简单图模型 滑行道网络 45 55 70 99 45 停机坪 38 80 出口 (0) 2 5 8 99 21 22 90 3) 6) 跑道入口 42 60 静态规划算法。利用图论中迪杰斯特拉算法添加约束条件解决出发前规划各航班的滑行线路。 根据预估计出发时间排定出发队 列,给航班标号为1,2...i,号小 优先处理。i=1; i=1,初始图 邻接矩阵为 G0 利用Dijkstra算法找 出停机坪出口到跑 i++ 道入口的最短路径 在邻接矩阵当中去 除当前已规划路径 是否找出最优路 径Ri,并且成功 修改邻接矩阵 延后滑行:等待固 定安全时间后再次 初始化邻接矩阵为 G0 依次输出的Ri为路 径的最优结果 优点: 充分利用滑道, 确保冲突问题不会发生; 缺点:对突发情况无法动态解决。 伪动态规划算法 此处的伪动态是指为了解决突发状态实时动态优化已经规划好的静态路径 具体方案:在静态方案Ri的基础上每走一条边再根据当前情况实时规划,利用Dijkstra算法再次在当前点规划新的路径。 如当1号飞机在2-5滑道,2号在4-7滑道,当1号即将进入5号交叉节点的时候,根据当前滑道占用情况,将被占用的滑道设为 禁止路径,更新邻接矩阵,以当前节点5为出发点重新规划路径,若出现无法找到最优路径情况,原地等待直至生成最优路 径,这样保证了每条滑道只有一架飞机,杜绝了冲突现象的出现。 优点: 充分利用了滑道, 吞吐量大。 缺点: 在所有滑道都充满航班后,会进入等待状态。 改进:为了让每一截滑道拥有更大的飞机承载量。根据航班之间最小安全距离,将每一段滑道分割。比如当1—4交 叉点之间的距离为400,而两架航班之间安全距离为200。因此可以在1一4中间引入一个伪节点形成 1-Comb1.4-4. 200 200 (4)C1.4 更一般的: 为了使控制更精确,我们可以每段分割为更多小段,通过间隔一定数量的小段,自由调节安全距离。 100 100 100 100 2号航班 1号航班 如图,此刻同一条跑道当中拥有2台航班,并且保持安全距离200 总结: 这是独创的一套关于防止滑道冲突的解决方案。主要根据贪心原理结合图论中迪杰斯特拉算法以及一些简单的约束进行调 度。其存在的最大意义在于防止了冲突的发生,并且没有利用复杂的数学规划问题去使系统复杂化,没有使用动态规划方法,算法 复杂度下降了一个n,在超大规模飞机调度问题上优势非常明显。 ③停机位占用与推出冲突问题 该问题主要是停机位的分配问题。停机位分配优化的目标是将给定的航班分配到不同的机位,使得航班 之间不产生冲突,并使旅客步行的距离为最短。暂时咱们不作为研究的重点。具体解决:基于遗传算法 的机场调度优化算法.刘兆明已经通过遗传算法将其解决。借用其研究思路,方便我们解决最后一个问 ④跑道选择。 跑道的选择问题主要是针对大机场往往会有多条跑道。而当前绝大多数算法都是在单跑道上应用。当然问题2的解决方 式再引入一个提前分配跑道,也可实现。但为了整个过程更加智能高效,引入遗传算法与数学规划来解决问题。 模型建立 变量定义: N 某一繁忙机场高峰时段离场航班架次 ET_{Ir} 表示航班i在跑道r的预计起飞时间, r=1, 2, ... R; AT_{lr} 表示航班 i 在跑道 r 的实际起飞时间,r=1,2,...,R t_i^{Min} 表示航班 F_i 从停机位滑至跑道端已知的无障碍滑行时间 X_{ir} 航班i是否分配到跑道r起飞 Yii 航班i, j是否分配到同一跑道起飞 Mr 表示跑道所能承受的在跑道端等待的航班容量 S_{ij} 相同起飞跑道的前后两架航班i, j 滑行的最小安全间隔 D_{ij}表示不同起飞跑道的前后两架航班i, j 滑行的最小安全间隔 X_{irnk} 航班i是否先于航班j到达节点n_k f_{irnk} 航班i,j是否在节点 $n_{k发生冲突}$ $R_i = \{n_{start}^i, n_k^i, ..., n_{end}^i\}$ 航班i离场滑行路径 表示航班i在节点nki的等待时间 $\mathbf{t}_{n_k}^i$ 表示航班i 到达节点 \mathbf{n}_k^i 的时刻 $t_0 = \max\{S_{ii}, D_{ii}\}$ t。表示航班发生节点冲突的最小安全间隔 T_{taxi}表示航班i 的无障碍滑行时间 目标函数

 $w = \min \sum_{i=1}^{m} \sum_{r=1}^{n} \left(AT_{ir} - ET_{i} + T_{laxi}^{i} + T_{n_{i}}^{i} \right) x_{ir}$, $i \in D$ 目标函数: 地面等待时间=实际起飞时间—预计起飞时间+滑行时间+等待时间

所有航班有且只有一条跑道可以起飞

表示所有航班都不允许提前起飞

 $AT_{jr} - AT_{ir} = S_{ij} y_{ij} + D_{ij} (1 - y_{ij}), (i = j-1)$ $\sum_{i=1}^{m} y_{ir} \le M_{r}$

 $\sum_{i=1}^{N} x_{ir} \le M_r$

 $AT_i \ge ET_i$, (i = 1, 2, ..., N)

 $t_{n_{end}}^{i} = t_{n_{start}}^{i} + T_{\mathsf{taxi}}^{i} + \sum_{k=start}^{end} T_{n_{k}^{i}}^{i}$

 $T_{n_k^j}^j = f_{ijn_k} \times \left[t_0 - \left(t_{n_k}^i - t_{n_k}^j \right) \right]$

冲突约束

 $AT_{j} - ET_{i} = S_{ij} y_{ij} + D_{ij}(1 - y_{ij}), (i, j = 1, 2, ..., N; i = j-1) *$

表示示每个航班滑至跑道端的时刻 即航班到达跑道端时刻为航班i 开始滑行的时间加上无故障滑行时间i Ttaxi,再加上在 所有节点处等待的时间 $\forall n_k \in R_i \cap R_j, \ i,j \in D \qquad \qquad$ 当两离场航班发生节点冲突时,让后机等待,其等待时间

表示航班间滑行最小安全间隔约束

表示航班交叉点冲突约束

表示考虑到航班间的尾流,前后两架航班 i 和 j 在同一条跑道起飞的间隔要大于

等于S_{ii},而前后两架航班 i和 j 在同一条跑道起飞的间隔要大于等于D_{ii}

表示在跑道端等待起飞的航班数小于该跑道该时刻的起飞容量

表示在同一条跑道起飞前后航班必须满足的安全间隔Sii

在跑道端等待起飞的航班数小于该跑道该时刻的起飞容量

而不同跑道起飞前后两架航班的安全间隔Dij

 $x_{ijn_k}-x_{ijn_{k+1}}=0$, $\forall i,j\in F, i\neq j, \forall (n_k,n_{k+1})\in R_i, \forall (n_k,n_{k+1})\in R_j$ 表示航班追尾以及对头冲突约束 遗传算法

双重编码,上行码为滑道顺序,或者说过的节点的顺

采用上述改进的FCFS算法的初始时刻表作为初始解

选择操作: 策略最优保留

序。下行码为起飞跑道

2.种群初始化

3.适应度

 $t_{n_i}^i - t_{n_i}^j \ge t_o$, $\forall n_k \in R_i \cap R_j$; $\forall i, j \in F, i \ne j$

 $t_{n_k}^j \ge x_{ijn_k} (t_{n_k}^i + t_o), \quad \forall i, j \in F, i \ne j$

→ 計算个体适应度值
是否满足终止条件
→ 输出结果

开始

初始种群生成与编码

否

选择操作

交叉操作

变异操作

结束

4.交叉操作
单点交叉第子交叉概率为1

5.变异操作
成对变异、大概率变异

工作、总结提炼机场调度涉及到的4大类问题。1.起飞降落顺序确定2.滑道路径规划以及冲突避免3.存机位推出至滑道与停机位 选择4.多跑道引入后的整体规划。着重对1.2.4问题提出了相应的算法、对部分算法进行代码测试、利用java、在控制台尝试搭 建了题飞机起降队列则就成unway package.对于带行规划。沿用以前开发的带约束进走那特社算法(ALLISOK包中,时间关系未 假修改),最后对于跑道选择问题,涉及到线性规划的交现,测试出现bug(simplex包,针对约束是大于的形式算法出现 bug)。研究周期5月27-29,时间关系,目前进度如上。对于有规划的遗传算法实现,还是建议在matlab上开发生成C文件执行。

Reference

[1] 2014 年民航行业发展统计公报。中国民用航空局,2014.
[2] Babic O., Teodorovic D., Tosic V. Aircraft stand assignment to minimize walking[J], Journal of Transportation Engineering ,1984,110:55-66.
[3] R. Deau, J. B. Gotteland, N. Durand, Airport surface management and runway scheduling, in Proceedings of the 8th USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar, Napa, USA, 2009.

机场场面航班离港调度建模及算法研究 http://www.doc88.com/p-7919531718947.html

to appear.

[原]遗传算法Java实现源代码 http://www.cnblogs.com/wintys/archive/2013/04/07/genetic_algorithms.html 机场基本教程 https://wenku.baidu.com/view/be8b7a0458f5f61fb6366620.html

1,492 KB

153 KB

139 KB

1,445 KB

232 KB

235 KB

330 KB

235 KB

2,904 KB

946 KB

1,141 KB

4,682 KB

2,458 KB

http://blog.csdn.net/Mr KkTian/article/details/53151100?locationNum=14&fps=1

[4]刘长有,翟乃钧.避免航班推出冲突的多目标停机位优化[C], 中国控制会议, 2010,

[5]刘期建. 多目标分阶段的跑道调度计划算法研究 [D]

线性规划之飞机航班调度问题

Apron and terminal

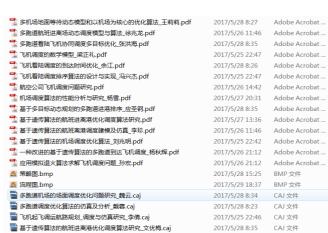


图 1 某机场滑行道模型简化图

