

多跑道航班排序的改进蛙跳算法研究*

徐肖豪, 吴青*, 黄宝军

中国民航大学 空中交通管理研究基地, 天津 300300

摘 要: 为了保证飞机在多条跑道情况下安全、有序地降落, 研究了基于蛙跳算法的多跑道航班排序问题。建立以航班总延误时间最小为目标函数的多跑道航班排序规划模型; 针对传统混合蛙跳算法会产生无效解这一问题, 引入单亲遗传算法中基因移位的思想, 重新设计局部搜索策略, 改进了蛙跳算法; 利用增加种群个数的方法, 克服蛙跳算法更新盲目性和收敛性差的缺点; 基于上述改进的蛙跳算法, 对多跑道航班排序规划模型进行求解。算例表明, 改进蛙跳算法的优化结果明显优于先到先服务 (First Come First Service, FCFS) 方法和遗传算法的优化结果。

关键词: 空中交通; 航班排序; 智能优化; 混合蛙跳算法; 全局信息交换; 基因移位

中图分类号: V355.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-5453 (2014) 02-6-6

在我国的一些重要机场, 多跑道运行已是一种普遍现象。因此, 多跑道运行情况下的进离港航班排序问题成为了一个重要的研究课题。

单跑道航班排序问题早已进行了大量的研究, 其中比较典型的有地面等待方法^[1]、滑动窗优化算法^[2]、模糊综合评判方法^[3]、模糊模式识别算法^[4]、时间提前量算法(TA)、约束位置交换算法(CPS)、A 算法^[5]和贪婪算法以及最近几年兴起的智能优化算法, 如遗传算法^[6-7]和蚁群算法^[8-9]等, 而多跑道航班排序问题还未得到充分的研究。本文着重研究多跑道的航班排序问题, 并尝试用混合蛙跳算法(shuffled frog-leaping algorithm, SFLA)来求解航班排序的优化问题。

混合蛙跳算法^[10-12]是2003年由Muzaffar Eusuff 和 Kevin Lansey 提出的一种后启发式群体进化算法, 具有概念简单, 调整参数少, 全局搜索寻优能力强, 易于实现等特点。但是, 和其他智能算法一样, 也有一些不能忽视的缺陷, 比如不适合直接用来求解离散问题, 易产生无效解、收敛性不够好, 更新有盲目性, 局部最差解更新时空间位置变动较大, 从而减缓算法收敛速度, 增大计算时间等。

本文首先描述了航班排序问题, 建立以航班总延误最小为目标的规划模型。紧接着介绍了标准混合蛙跳算法的相关理论; 然后, 针对其局部更新策略会导致无效解这一问题, 受单亲遗传算法^[13-14]启发, 引入基因移位思想, 提出了一种改进的更新策略, 同时, 通过增加种群个数来改善混合蛙跳算法更新盲目性和收敛性差的缺点。然后给出改进蛙跳算法求解排序问题的解题步骤。最后以某机场15min内10架进场航班为例进行实验仿真, 并与遗传算法和先到先服务方法排序结果进行了对比。

1 航班排序研究

1.1 航班排序问题描述

设在某一机场, 有多条平行跑道, 并只考虑进场的飞机队列, 而飞机可能从几条不同的航路等概率进入机场终端区, 然后降落在任何一条跑道上。这样, 所有进入机场终端区的飞机都可以按此时间排成一个队列。

1.2 多跑道航班排序模型

设在某一时段, 有 N 架飞机进入终端区等待降落, 表示为 $flight=\{1, 2, \dots, N\}$, 假设某机场共有 R 条跑道可用于飞

收稿日期: 2013-12-22; 录用日期: 2014-01-22

基金项目: 民航科技项目(MHRD201215); 中央高校科研项目(ZXH2012D002)

*通讯作者. Tel.: 13920303116 E-mail: 790562172@qq.com

引用格式: XU Xiaohao, WU Qing, HUANG Baojun. Improved shuffled frog leaping algorithm research for multiple runway flight schedule [J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(02): 6-11. 徐肖豪, 吴青, 黄宝军. 多跑道航班排序的改进蛙跳算法研究[J]. 航空科学技术, 2014, 25(02): 6-11.

机起降, $r=1, 2, \dots, R$ 。多跑道航班排序模型^[15]中的变量定义如下:

C : 同一跑道前后两架飞机之间的时间间隔。满足下列

$$\text{矩阵 } C = \begin{pmatrix} 1 & 1.5 & 2 \\ 1 & 1.5 & 1.5 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \text{ 其中列代表前机, 行代表后机, 行列}$$

顺序依次是重型机, 中型机, 轻型机。

ETA_r : 航班 i 预计到达跑道 r 的时间, 由航班时刻表给出。

STA_r : 航班 i 实际到达跑道 r 的时间, 由公式(1)算出。

$$STA_r = \begin{cases} ETA_r & i=1 \\ \max(ETA_{(i+1)r}, [STA_r + C(q(i+1), q(i))]) & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{设 } x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{第 } i \text{ 架飞机降落在 } r \text{ 跑道} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (2)$$

目标函数:

$$T_{DELAY} = \min \sum_{i=1}^N d_{ir} = \min \sum_{i=1}^N (STA_{ir} - ETA_{ir}) \quad (3)$$

约束条件:

1) 跑道约束

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N x_{ir} = 1 \\ \sum_{r=1}^R x_{ir} = 1 \\ x_{ir} = 0 \text{ 或 } 1, i=1, \dots, n, r=1, \dots, R \end{cases} \quad (4)$$

公式(4)为每一个航班分配唯一的一条降落跑道。

2) 尾流间隔

$$s_{q(i+1)} - s_{q(i)} \geq C(q(i+1), q(i)) \quad (5)$$

其中 $s_{q(i)}$ 表示第 $i+1$ 架飞机接地, 紧随其后的第 i 架飞机距离前机的距离。

$C(q(i+1), q(i))$ 表示同一跑道前后降落飞机之间的最小安全间隔。

3) 位置约束

在动态排序时, 可能会使原始航班队列中航班位置变化较大, 这不仅会增加管制员的负担, 而且违背了公平性原则。为了解决这一问题, 提出了带约束的位置交换, 即以先到先服务的顺序为参考, 排序后的飞机的位置只能在初始位置的前后一定的范围内调动。

最大位置约束(MPS):

$$|n-i| \leq MPS \quad \text{if } q(n)=i, i=1, \dots, N; n=1, \dots, N \quad (6)$$

4) 其他约束

$$STA_{ir} - ETA_{ir} \leq m \quad i=1, 2, \dots, N; r=1, 2, \dots, R \quad (7)$$

公式(7)限定航班 i 不能延误太久。

2 混合蛙跳算法

2.1 标准混合蛙跳算法描述

SFLA是一种结合了确定性方法和随机性方法的进化计算方法。

SFLA的基本思想^[16]是: 随机生成 F 只青蛙, 构成初始种群。首先将种群内青蛙按适应值降序排列, 然后将整个青蛙种群分成 m 个模因组, 每个模因组包含 n 只青蛙, 其中: 第1只青蛙分入第1模因组, 第2只青蛙分入第2模因组, 第 m 只青蛙分入第 m 模因组, 第 $m+1$ 只青蛙重新分入第1模因组, 依次类推。在每个模因组中, 用 pb 和 pw 分别表示该模因组中位置(适应值)最好和最坏的青蛙, 另外用 $pbest$ 表示整个种群中最好的青蛙。在每一轮的进化中, 根据局部更新策略, 即

青蛙更新距离:

$$S = \begin{cases} \min\{\text{int}[rand \times (pb - pw)], S_{\max}\} & pb \geq pw \\ \max\{\text{int}[rand \times (pb - pw)], -S_{\max}\} & pb \leq pw \end{cases} \quad (8)$$

更新后的青蛙:

$$U_q = oldpw + S \quad (-S_{\max} \leq S \leq S_{\max}) \quad (9)$$

其中, S 表示青蛙个体的调整矢量, $S_{\max}$ 表示青蛙个体允许改变的最大步长。

改善最坏青蛙 pw 的位置。在经过更新后, 如果得到的青蛙 pw' 优于原来的青蛙 pw , 则取代原来模因组中的青蛙; 如果没有改进, 则用 pg 取代 pb , 重新按公式(8)和(9)执行局部搜索过程; 如果依然没有改进, 则随机产生一个新青蛙直接取代原来的 pw 。重复上述局部搜索 Ne 次, 当完成局部搜索后, 将所有模因组内的青蛙重新混合并排序和划分模因组, 再进行局部搜索, 如此反复, 直到定义的收敛条件结束为止。

2.2 改进的蛙跳算法的更新策略

对于航班排序问题, 其可行解的每个元素代表的是航班号, 具有不可重复性和离散性, 如果直接套用标准混合蛙跳算法的步长更新和位置更新公式, 会产生大量不可行解。

经过分析发现标准混合蛙跳算法更新策略的宗旨是将局部最差解向局部最优解或全局最优解靠近, 其中 $rand()$ 表示的是 pw 与 pb 的接近程度, $rand()$ 值越大, 两者越接近, 反之, 两者相差越大。因此, 可以借用单亲遗传算法中基因移位的思想来重新定义上述公式(8), 即定义一个变量 TR , 表示 pw 变成 pb 所要经过的单点基因移位的次数, 每次可对 pw 进行整数($\text{int}((50\%)TR)$)次基因移位, 即若 $TR=4$, 则对 pw 进行单点基因移位2次。基因移位不是随机的, 而是对照 pb , 依次对 pw 进行转变。下面以一个例子更加清楚的说明上面的理论。

假设 $TR=4$, $pb=(3\ 2\ 4\ 1\ 7\ 6\ 9\ 5\ 10\ 8)$, $pw=(3\ 2\ 1\ 6\ 5\ 9\ 4\ 8\ 10\ 7)$ 由于 pw 与 pb 前面两个元素都相等,所以从第3位开始查找, pb 第3位是4,所以把 pw 中元素4移到元素2之后, pw 中其余的元素依次往后移动一位,第一次单点基因移位后, $pw=(3\ 2\ 4\ 1\ 6\ 5\ 9\ 8\ 10\ 7)$ 。接下来,同理,把 pw 中元素7通过基因移位的方式移到元素1后面,则第二次单点基因移位操作后, $pw=(3\ 2\ 4\ 1\ 7\ 6\ 5\ 9\ 8\ 10)$, 这也是更新后的新解 pw' (仍然要考虑是否满足最大位置约束,否则视为没有改进),在经过更新后,如果得到的青蛙 pw' 优于原来的青蛙 pw ,则取代原来模因组中的青蛙;如果没有改进,则用 pg 取代 pb ,重新按照上文提供的改进的更新策略执行局部搜索过程;如果依然没有改进,则随机产生一个新青蛙直接取代原来的 pw 。图解如下:

$pb =$	3	2	4	1	7	6	9	5	10	8
$pw =$	3	2	1	6	5	9	4	8	10	7
第1次基因移位										
$pw =$	3	2	4	1	6	5	9	8	10	7
第2次基因移位										
$pw =$	3	2	4	1	7	6	5	9	8	10
第3次基因移位										
$pw =$	3	2	4	1	7	6	9	5	8	10
第4次基因移位										
$pw =$	3	2	4	1	7	6	9	5	10	8

图1 改进的蛙跳算法的更新策略
Fig.1 Update strategy of improved shuffled frog-leaping algorithm
此时 $pw=pb$, $TR=4$ 。

2.3 蛙跳算法解决进场排序的步骤

步骤1 初始化。确定待排序的航班数 N ,种群个数 k ,蛙群的数量 F ,种群分组数 m 以及每个模因组内的青蛙数 n ,局部迭代次数 Ne ,全局进化次数 G 等参数。

步骤2 生成初始种群。随机产生 $F(F=40)$ 个初始航班序列,计算每个航班序列的适应值。在可行解空间 $8 < R^N$,生成 F 个青蛙 $U(1), U(2), \dots, U(F)$,其中 N 为待排序的航班数。每一个青蛙(Frog) 原本代表青蛙的当前位置,对于进场排序问题则表示解空间的一个候选解,即一个航班序列。第 i 个青蛙可以表示为 $U(i)=U^1_i, U^2_i, \dots$ 。

步骤3 排序分组。按适应值大小进行降序排列并记录种群最好解 pg ,并且将航班序列分成 m 组,每组 n 个序列。

步骤4 局部更新。根据上文2.2介绍的改进的蛙跳的更新策略,改进模因组中的最差解。

若执行此更新,改进了最差蛙的位置(解),就用新产生解取代最差解。否则就采用 pg 代替上述更新策略中的 pb ,重新更新组内最差解。若依然没有改进最差解,则随机产

生一个解取代模因组内的最差解。不管执行了上述三次跳跃中的任何一次,都要重新计算该模因组内的 pb 和 pw 。一共执行局部搜索 Ne 次,上述操作在所有模因组内同时进行。

步骤5 将各个模因组的蛙进行混合。在每个模因组内的蛙都进行过一轮进化之后,将各个模因组的蛙重新进行排序和模因组划分并记录全局最好解 pg 。

步骤6 检验计算停止条件。如果满足了算法收敛条件,即达到迭代次数或连续多次迭代所得航班序列的总延误时间差未有改善,则停止算法执行过程,输出整个时段排序后的航班队列,否则转到步骤3。

步骤7 为了使取得的最优值更精确,将上述所有步骤重复运行 k 次,得出每次的最优解,最终的解即为 k 次里面最好的解。

3 实验仿真及结果分析

3.1 实验仿真

本文选用了某机场某天15min内的10架进场航班为研究对象,表1给出了航班的初始数据。

上述信息在matlab中用一个矩阵表示,表示如下

ETA = [6 6 6 6 7 9 9 11 15 15; 7 7 7 7 6 12 12 10 17 17; 1 1 1 1 1 3 3 1 2 2; 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]

表1 某机场某时间段初始航班数据
Table 1 Initial flight data at a airport at one time

飞行种类	航班代码	飞机型号	飞机类别	预计到达RWY1时刻	预计到达RWY2时刻
进场航班	FA1	B350	S	11:06:00	11:07:00
	FA2	D228	S	11:06:00	11:07:00
	FA3	E120	S	11:06:00	11:07:00
	FA4	BE99	S	11:06:00	11:07:00
	FA5	D228	S	11:07:00	11:06:00
	FA6	A332	H	11:09:00	11:12:00
	FA7	B742	H	11:09:00	11:12:00
	FA8	B350	S	11:11:00	11:10:00
	FA9	A320	L	11:15:00	11:17:00
	FA10	A321	L	11:15:00	11:17:00

其中,第1行表示飞机进第1条跑道的预计进场时间,第2行表示飞机进第2条跑道的预计进场时间,单位为分钟,为了便于表达,程序中用整数6代表11:06:00,同理15表示时间11:15:00,前后机的尾流间隔采用的是表1提供的间隔标准,第三行表示的是机型,1、2、3 分别代表重型(H)、

中型(L)和轻型(S);最后一行是按照先到先服务的顺序的航班序列。

3.2 实验结果分析

本实验在MATLAB R2009a 上进行了FCFS 算法、GA 算法和改进的混合蛙跳算法的程序编写。蛙跳算法的参数设置如下：

种群的个数 $k=30$ ；种群分组数 $m=5$ ；每组包含航班序列的个数 $n=8$ ；组内迭代数 $Ne=15$ ；飞机所允许改变最大位置的绝对值 $s_{\max}=3$ ；种群总进化代数 $s=30$ ；待排序飞机数或优化问题维数 $N=10$ 。

本算法采用的是随机分配跑道的方式进行跑道的指派，经过程序运行后结果显示如下：

延误时间 $\text{delay}=2\text{min}$ ，
最佳顺序：4 5 1 3 2 8 7 10 6 9，
对应的跑道 1 2 2 2 1 2 2 2 1 1，

下表2、3、4分别给出了改进的混合蛙跳算法、遗传算法和先到先服务算法的排序结果。

由表2、表3、表4容易得出，三种算法的航班延误时间分别为 2min，4.5min和12.5min，改进的蛙跳算法排序结果明显优于遗传算法和先到先服务算法，但是程序运行时间明显增加，但也在可以接受大范围之内。

4 总结

本文在标准SFLA 算法的基础上，借鉴单亲遗传算法基因重组的方法，重新定义更新策略，与此同时为了提高取得全局最优解的概率和提高算法的收敛性，增加了种群的个数，从而得到了一种改进的混合蛙跳算法。用此改进算法求解经典排序模型，结果显示改进混合蛙跳算法排序结果延误时间比GA和FCFS都大大减少。但是种群个数由一个增加到 k 个(本算例 $k=30$)，直接导致了程序的运行时间大大加长，接下来可以考虑更好的局部

更新策略，使之在只有一个种群的情况下，收敛性和全局最优寻优能力也能得到保证。

AST

表2 改进的混合蛙跳算法排序结果
Table 2 Result of improved shuffled frog-leaping algorithm

跑道1				跑道2			
航班 代号	ETA(预计 到达时间)	STA(分配 到达时间)	Delay(延 误时间)	航班 代号	ETA(预计 到达时间)	STA(分配 到达时间)	Delay(延 误时间)
FA4(S)	11:06:00	11:06:00	0	FA5(S)	11:06:00	11:06:00	0
FA2(S)	11:06:00	11:07:00	1	FA1(S)	11:07:00	11:07:00	0
FA6(H)	11:09:00	11:09:00	0	FA3(S)	11:07:00	11:08:00	1
FA9(L)	11:15:00	11:15:00	0	FA8(S)	11:10:00	11:10:00	0
				FA7(H)	11:12:00	11:12:00	0
				FA10(L)	11:17:00	11:17:00	0
总延误=2min							
运行时间=28.6s							

表3 遗传算法排序结果
Table 3 Result of genetic algorithm

跑道1				跑道2			
航班 代号	ETA(预计 到达时间)	STA(分配 到达时间)	Delay(延 误时间)	航班 代号	ETA(预计 到达时间)	STA(分配 到达时间)	Delay(延 误时间)
FA4(S)	11:06:00	11:06:00	0	FA5(S)	11:06:00	11:06:00	0
FA2(S)	11:06:00	11:07:00	1	FA3(S)	11:07:00	11:07:00	0
FA6(H)	11:09:00	11:09:00	0	FA1(S)	11:07:00	11:08:00	1
FA7(H)	11:09:00	11:10:00	1	FA8(S)	11:10:00	11:10:00	0
FA9(L)	11:15:00	11:15:00	0				
FA10(L)	11:15:00	11:16:30	1.5				
总延误=4.5min							
运行时间=0.86s							

表4 FCFS 算法排序结果
Table 4 Result of FCFS

跑道1				跑道2			
航班 代码	实际到达 时间Si	预计到达 时间Ei	延误时 间d秒	航班 代码	实际到达 时间Si	预计到达 时间Ei	延误时间 d秒
FA1(S)		11:06:00	0	FA5(S)	11:06:00	11:06:00	0
FA2(S)	11:07:00	11:06:00	1	FA8(S)	11:10:00	11:10:00	0
FA3(S)	11:08:00	11:06:00	2				
FA4(S)	11:09:00	11:06:00	3				
FA6(H)	11:11:00	11:09:00	2				
FA7(H)	11:12:00	11:09:00	3				
FA9(L)	11:15:00	11:15:00	0				
FA10(L)	11:16:30	11:15:00	1.5				
总延误=12.5min							

参考文献

- [1] WANG Lili, ZHANG Zhaoning. Event Driven Modes and Clustering Algorithm for the Single Airport Ground Holding Problem [A]. In: Proceedings of 6th World Congress on Intelligent Control and Automation [C]. Da Lian, 2006: IEEE, 2006: 8568–8571.
- [2] 张兆宁, 王莉莉. 基于流量和滑动窗的空中交通管理动态排序算法[J]. 交通运输工程与信息学报, 2004, 2(3): 22–25.
ZHANG Zhaoning, WANG Lili. Dynamic Scheduling Algorithm Based on the Flow and Slip-Window in Air Traffic Management [J]. JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING AND INFORMATION, 2004, 2(3): 22–25. (in Chinese)
- [3] 徐肖豪, 黄宝军. 终端区飞机排序的模糊综合评判方法研究[J]. 航空学报, 2000; 22(3): 259–261.
XU Xiaohao, HUANG Baojun. study of fuzzy integrated judge method applied to the aircraft sequencing in the terminal area[J]. ACTA AERONAUTICA ET ASTRONAUTICA SINICA, 2000; 22(3): 259–261. (in Chinese)
- [4] 徐肖豪, 李忠诚. 模糊识别方法在最后进近排序方法中的应用[J]. 中国民航学院学报, 2004; 22(2): 1–5.
XU Xiaohao, LI Zhongcheng. expert system for fault diagnosis of engines using state classification appraise[J]. Journal of civil aviation university of china. 2004; 22(2): 1–5. (in Chinese)
- [5] 李伟, 王仲生. A算法在终端区飞机排序中的应用[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(11): 2594–2598.
LI Wei, WANG Zhongsheng. Application of a Algorithm to Aircraft Sequencing in Terminal Area[J]. Science Technology and Engineering, 2007, 7(11): 2594–2598. (in Chinese)
- [6] 陶冶, 白存儒. 基于遗传算法的航班动态排序模型的研究[J]. 中国民航飞行学院学报. 2005; 16(5): 3–7.
TAO Zhi, BAI Cunru. the research on dynamic flight scheduling based on Genetic Algorithm [J]. Journal of Civil Aviation Flight University of China. 2005; 16(5): 3–7. (in Chinese)
- [7] HU X B, CHEN W H. Genetic algorithm based on receding horizon control for arrival sequencing and scheduling [J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2005, 18(6): 633–642.
- [8] 李冠彬, 詹志辉, 张军. 蚁群算法优化到达航班排序和调度问题的研究[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(17): 4047–4052.
LI Guanbin, ZHAN Zhihui, ZHANG Jun. Ant colony algorithm for arrival sequencing and scheduling optimization[J]. computer engineering and design, 2009, 30(17): 4047–4052. (in Chinese)
- [9] 李志荣, 张兆宁. 基于蚁群算法的航班着陆排序[J]. 交通运输工程与信息学报, 2006, 4(2): 66–69.
LI Zhirong, ZHANG Zhaoning. Prioritizing Landing Flights Based on ACS [J]. journal of transportation engineering and information, 2006, 4(2): 66–69. (in Chinese)
- [10] 崔文华, 刘晓冰, 王伟, 王介生. 混合蛙跳算法研究综述[J]. 控制与决策, 2012, 27(4): 481–486, 493.
CUI Wenhua, LIU Xiaobing, WANG Wei, WANG Jiesheng. Survey on shuffled frog leaping algorithm [J]. Control and Decision, 2012, 27(4): 481–486, 493. (in Chinese)
- [11] 罗雪晖, 杨烨, 李霞. 改进混合蛙跳算法求解旅行商问题[J]. 通信学报, 2009, 30(7): 130–135.
LUO Xuehui, YANG Ye, LI Xia. Modified shuffled frog-leaping algorithm to solve traveling salesman problem[J]. Journal on Communications, 2009, 30(7): 130–135. (in Chinese)
- [12] 王亚敏, 潘全科, 张振领. 一种基于离散蛙跳算法的旅行商问题求解方法[J]. 聊城大学学报(自然科学版), 2009, 22(1): 81–85.
WANG Yamin, PAN Quanke, ZHANG Zhenling. A solution to traveling salesman problem based on discrete Shuffled Frog Leaping Algorithm[J]. Journal of Liaocheng University(Nat. Sci.), 2009, 22(1): 81–85. (in Chinese)
- [13] 陈霞, 陈浩文. 单亲遗传算法求解飞机降落排序问题的研究[J]. 科学技术与工程, 2009, 9(10): 2828–2831.
CHEN Xia, CHEN Haowen. Research in Single Parent Genetic Algorithm of Aircraft Sequencing[J]. Science Technology and Engineering, 2009, 9(10): 2828–2831. (in Chinese)
- [14] 文优梅. 单亲遗传算法用于多跑道航班着陆调度[J]. 软件导刊. 2010, 9(10): 132–135.
WEN Youmei. Multi-runway Flight Scheduling Based on Single Parent Genetic Algorithm[J]. software guide, 2010, 9(10): 2828–2831. (in Chinese)
- [15] 杨晶妹. 终端区进场航班排序方法研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.
YANG Jingmei. Research on Algorithms for Scheduling Arrival Aircrafts in Terminal Area[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2010 (in Chinese)
- [16] 骆剑平, 李霞. 求解TSP的改进混合蛙跳算法[J]. 深圳大学学报理工版. 2010, 27(2): 173–178.
LUO Jianping, LI Xia. Improved shuffled frog-leaping algorithm for traveling salesman Problem[J]. Journal of shenzhen

university science and engineering, 2010, 27(2): 173–178. (in Chinese)

作者简介

徐肖豪(1949—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向:空中交通管理。
Tel:13502129701

吴青(1987—),女,硕士研究生,主要研究方向:交通运输规划与管理。

Tel:13920303116

E-mail: merry2crystal@gmail.com

黄宝军(1978—),女,副教授。主要研究方向:空中交通管理。

Tel: 13110021602

E-mail: bjhuang2006@yahoo.com.cn

Improved Shuffled Frog Leaping Algorithm Research for Multiple Runway Flight Schedule

XU Xiaohao, WU Qing*, HUANG Baojun

Air Traffic Management Research Base, CAUC, Tianjin 300300, China

Abstract: In order to ensure airplane land safely and orderly, this paper developed an object model with minimum total delay to research on multi-runway flight scheduling problem based on shuffled frog leaping algorithm. According to the problem of invalid individuals brought up by traditional shuffled frog leaping algorithm, the idea of gene translocation from partheno genetic algorithm was introduced to redesign the local search strategy, and increase the quantity of populations to conquer the disadvantage of bad astringency and updating blindly of the original algorithm. Then the improved shuffled frog leaping algorithm was used to solve the model. Through the example simulation, results were better than those of FCFS and the genetic algorithm method.

Key Words: air traffic; flight scheduling; intelligent optimization; shuffled frog-leaping algorithm; local search; global information exchange; gene transfer.

Received: 2013-12-22; **Accepted:** 2014-01-22

Foundation item: Civil Aviation Science and Technology Project (MHRD201215); Central University Scientific Research Project (ZXH2012D002)

* **Corresponding author.** Tel: 13920303116 E-mail: 790562172@qq.com