

基于改进蚁群算法的改航路径规划

陈世欢^{1,2}, 李 毅^{1,2}

(1. 四川大学 计算机学院, 四川 成都 610065;
2. 国家空管自动化系统技术重点实验室, 四川 成都 610065)

摘 要: 鉴于传统改航路径规划方法目标单一、计算复杂的问题, 文中提出了一种基于改进蚁群算法的多目标航班改航路径规划算法。首先在初始化时使信息素与到终点的距离相关联; 然后在蚂蚁移动时采用约束规则建立个体解; 最后在得到蚁群算法优化的路径后, 运用文中介绍的优化算子再次进行优化。最终在块状和离散状飞行限制区下进行仿真实验。结果表明改进的蚁群算法明显优于其他算法, 能得到改航点少, 偏移量小, 路径短的航线。

关键词: 蚁群算法; 改航; 路径规划; 多目标; 空中交通管制

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)02-0052-03

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.02.012

Rerouting Planning Based on Improved Ant Colony Algorithm

CHEN Shi-huan^{1,2}, LI Yi^{1,2}

(1. Computer College, Sichuan University, Chengdu 610065, China;
2. National Key Laboratory of Air Traffic Control Automation System Technology,
Chengdu 610065, China)

Abstract: As traditional rerouting methods are complex and single-targeted, a multi-objective rerouting algorithm based on improved ant colony algorithm is proposed. Firstly, when initializing the algorithm, associate the pheromone with destination distance, then establish the individual solution with constraint rule during ant moving time, finally apply the optimizing operator introduced to the re-optimization after obtaining the optimized route with ant colony algorithm. The simulation tests are carried out within the massive and dispersed restricted areas. It has turned out that the improved ant colony algorithm which provides route with lest turning points, smaller deflection and shorter path is more excellent than other algorithms distinctly.

Key words: ant colony algorithm; rerouting; path planning; multi-objective; air traffic control

0 引言

航班改航是航线飞行安全的重要组成部分,也是减少航班延误的有效方法。引发改航的主要因素有危险天气(雷暴、飑线、龙卷和风切变)、航路拥堵、军事占用航路等,此时有效地为航班选择临时航路既减少了航班延误又提高了空间利用率。改航最终路径需要综合考虑油量、最短航线、最大转弯角、改航点数量等约束。

对改航路径规划的研究开始于 20 世纪 90 年代,主要研究内容为:恶劣天气影响区域边界的确定、改航路径的规划、航班放行时刻的规划等。主要规划方法有:多边形法^[1]、栅格法、权重法^[2-3]以及基于标准离场程序改航法和自由飞行改航法;文献[4]提出了

多边形算法的几种优化方法;文献[5-6]对这几种常用的方法进行了比较。针对目标函数的处理有:A*算法、遗传算法^[7]、蚁群算法^[8-9]等。文中重点讨论蚁群算法,文献[10]提出了回退策略、惩罚函数来加快蚁群算法的收敛;文献[11]将夹角作为启发信息素,但运算较为复杂。针对块状和离散状飞行限制区,文献[12]将栅格法和遗传算法结合得到的路径精度低,且易产生无效解;文献[13]增加了删除算子及检测,计算复杂。文中提出的改进方法首先根据约束条件建立模型、限制蚂蚁移动规则,从而避免了无效解的产生;其次巧妙设置信息素快速得到优化结果;最后使用优化算子进一步优化。实验结果表明,文中提出的算法能得到改航点少,偏移量小,路径短的航线。

收稿日期: 2014-02-26

修回日期: 2014-05-28

网络出版时间: 2014-12-27

基金项目: 国家“863”高技术发展计划项目(2012AA011804)

作者简介: 陈世欢(1990-),女,硕士,研究方向为空中交通管理;李 毅,副教授,通信作者,研究生导师,研究方向为空管信息处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141227.1341.011.html>

1 算法分析

蚁群算法是模拟蚂蚁寻找食物选择路径的机制,在寻找食物时蚂蚁既能顺利避开障碍物又能选择较近的路径。改进的蚁群算法采用 N 表示蚁群大小, P 表示蚂蚁选择信息素不是最多的路径的概率, Q 表示信息素的衰减速度。 N 越大算法迭代的次数越多,产生的解越能满足要求,但耗费的时间越多,文中 N 取值 100; P 越大表明蚂蚁选择重复路径的概率越小,多样性就越好,收敛性越差,但文中不要求收敛性,只需要寻找更多的可能性路径,然后从中选择最优的,所以 P 设置较大,取 0.5; Q 值越大表明前面蚂蚁对后面蚂蚁的影响越大,越能继承前面蚂蚁的优良性,文中 Q 值也较大,取 0.5。由于航线受最大转弯角的限制,航线的转弯角被限制在 $(-45^\circ, 45^\circ)$; 采用优化算子,即从第一个点向后逐个连线的方法,若 P_0 与 P_m 连线经过危险区,则保存 P_{m-1} , 然后由 P_{m-1} 向后做连线,找出与 P_{m-1} 连线经过危险区的点,以此类推直到最后一个点。参考文献[14]的优化算子是将路径点三个为单位进行优化,该方法要多次遍历,而采用文中介绍的优化方法只用遍历一次就可以了,且实验证明得到的结果更优。

改进的蚁群算法步骤如下:

- (1) 设置参数,信息素衰减速度 $q=0.5$, 变异概率 $p=0.5$, $N=100$;
- (2) 导入危险区域,初始化信息素,距离目标点越近信息素越多;
- (3) 蚁群从初始点出发,按转弯角限制,绕过危险区,并选择下一个点,直至到达目的地;
- (4) 判断路径是否满足约束条件,不满足则回到(3);
- (5) 判断是否是最优蚂蚁,是则保存;
- (6) 判断是否满足结束循环,否则回到(3);
- (7) 优化,运用算法分析中介绍的优化算子进行优化。

2 模型描述

飞行航线受多方面的因素影响,文中主要考虑如下因素:

- (1) 转弯角限制,一般飞行方向改变应小于 60° , 危险天气也应小于 90° , 文中将转弯角限制在 $(-45^\circ, 45^\circ)$ 内;
- (2) 改航点数量应小于 8, 改航越频繁管制员和飞行员的工作负荷越大,文中使改航点尽量少;
- (3) 最小航线长度,转弯过程中航空器需要一定的距离才能完成转弯,文中利用这一约束来建立栅格,避免了产生的解不符合最小航线约束。

鉴于以上约束简历模型,将受影响的航路均匀分成 N 段, N 由最小航线长度和总的航线长度共同决定。文中以路径长度最小、转弯点最少、平均偏移距离最小为目标进行规划。目标函数为:

$$D = d(S, P_1) + \sum_{i=2}^n d(P_i, P_{i+1}) + d(P_n, E) \quad (1)$$

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n h(P_i)}{N} \quad (2)$$

其中, D 是路径长度; S 表示起点; E 表示终点; $d(P_i, P_{i+1})$ 表示 P_i 与 P_{i+1} 的距离; H 表示平均偏移距离; $h(P_i)$ 表示 P_i 到原航线 $S-E$ 的偏移距离。

蚂蚁选择下一个点时,以概率 P 在可用的点中随机选择,蚂蚁 k 在点 (x, y) 时选择下一个点(设为 (m, n)) 的转移公式:

$$m = x + \text{step} \quad (3)$$

$$n =$$

$$\begin{cases} \text{rand}()/\text{num} & \text{if}(p < P), \text{num 为可行解个数} \\ \max(\text{pheromone}[m][j]) & \text{otherwise}, j = \{y-1, y, y+1\} \end{cases} \quad (4)$$

其中, step 为步长; pheromone 是存储信息素的数组。

全局信息素会随着时间的推移慢慢减少,只有当有蚂蚁经过的时候局部信息素才会增加。为了确保每只蚂蚁都不会偏移原航线太远,文中将信息素与该点到目的地的距离相关联。

信息素初始化公式为:

$$\text{pheromone}[i][j] = \frac{\text{distance}(\text{start}, \text{destination})}{\text{distance}((i, j), \text{destination})} \quad (5)$$

信息素全局更新公式:

$$\text{pheromone}[i][j] = \text{pheromone}[i][j] * Q \quad (6)$$

信息素局部更新公式:

$$\text{pheromone}[i][j] = \text{pheromone}[i][j] + 1 \quad (7)$$

3 实例分析

文中采用 VS2008 进行仿真实验,仿真环境与文献[12]相同,如图 1 所示。

起点和终点由黑色的点表示,起始点的坐标为 $(0, 110)$, 终点的坐标为 $(304, 110)$, 两点间距离为 304 km。图中阴影部分表示飞行受限区。每个小格都是 20×20 km。

由于程序中随机性系数设的比较大,为判断其可靠性,针对该环境运行了上百次,最后发现其结果具有相似性,从其中提出了五个具有代表性的结果,如表 1 所示。

由于实验数据还不够大,还不能看出迭代式 MapReduce 思想对计算效率有很明显的提升,根据前面分析的原理,如果数据量越大,迭代式 MapReduce 思想对计算效率的提升就会越大。

文中所提出的迭代式 MapReduce 思想还可以应用于其他基于矩阵分解的协同过滤算法的并行化实现与优化问题。

参考文献:

[1] 邓爱林,朱扬勇,施伯乐. 基于项目评分预测的协同过滤推荐算法[J]. 软件学报,2003,14(9):1621-1628.

[2] 罗辛,欧阳元新,熊璋,等. 通过相似度支持度优化基于K近邻的协同过滤算法[J]. 计算机学报,2010,33(8):1437-1445.

[3] 程飞,贾彩霞. 一种基于用户相似性的协同过滤推荐法[J]. 计算机工程与科学,2013,35(5):161-165.

[4] Takacs G, Pilaszy I, Nemeth B, et al. Matrix factorization and neighbor based algorithms the netflix prize problem[C]//Proceedings of the 2008 ACM conference on recommender systems. Lausanne, Switzerland: ACM,2008:267-274.

[5] 杨阳,向阳,熊磊,等. 基于矩阵分解与用户近邻模型的协同过滤推荐算法[J]. 计算机应用,2012,32(2):395-398.

[6] Pilaszy I, Zibriczky D, Tikk D. Fast ALS-based matrix factorization for explicit and implicit feedback datasets[C]//Proceedings of the fourth ACM conference on recommender sys-

tems. New York: ACM,2010:71-78.

[7] 李改,李磊. 基于矩阵分解的协同过滤算法[J]. 计算机工程与应用,2011,47(30):4-7.

[8] Zhou Yunhong, Wilkinson D, Schreiber R, et al. Large-scale parallel collaborative filtering for the netflix prize[C]//Proc of the 4th international conference on algorithmic aspects in information and management. Shanghai: Springer, 2008: 337-348.

[9] Apache Mahout[EB/OL]. 2013-12-20. <http://mahout.apache.org/>.

[10] Apache Hadoop[EB/OL]. 2013-12-20. <http://hadoop.apache.org/>.

[11] 李改,潘嵘,李章凤,等. 基于大数据集的协同过滤算法的并行化研究[J]. 计算机工程与设计,2012,33(6):2437-2441.

[12] Dean J, Ghemawat S. MapReduce: simplified data processing on large clusters[J]. Communication of the ACM, 2008, 51(1):107-113.

[13] Apache HDFS Architecture[EB/OL]. 2013-12-20. http://hadoop.apache.org/common/docs/current/hdfs_design.html.

[14] Hadoop DistributedCache[EB/OL]. 2013-12-20. <http://hadoop.apache.org/docs/r0.20.2/api/org/apache/hadoop/filecache/DistributedCache.html>.

[15] Yingyi B, Bill H, Magdalena B, et al. HaLoop: efficient iterative data processing on large clusters[J]. Proceedings of the VLDB Endowment, 2010, 3(1-2):285-296.

(上接第54页)

[2] 徐肖豪,李成功,赵巍飞,等. 基于人工势场算法的改航路径规划[J]. 交通运输工程学报,2009,9(6):64-68.

[3] Davies C, Lingras P. Genetic algorithms for rerouting shortest paths in dynamic and stochastic networks[J]. European Journal of Operational Research,2003,144:27-38.

[4] 李雄,徐肖豪,朱承元,等. 基于几何算法的空中交通改航路径规划[J]. 系统工程,2008,26(8):37-40.

[5] 李雄,徐肖豪. 航班改航路径规划研究综述[J]. 航空计算技术,2011,41(1):19-23.

[6] Krozel J, Penny S, Prete J. Comparison of algorithms for synthesizing weather avoidance routes in transition airspace[C]//Proc of AIAA guidance, navigation, and control conference. Rhode Island: AIAA, 2004.

[7] Teklu F, Sumalee A, Watling D P. A genetic algorithm approach for optimizing traffic control signals considering routing[J]. Computer-aided Civil and Infrastructure Engineering, 2007,22:31-43.

[8] 张鹏,徐晓旭. 改进型蚁群算法的全局路径规划仿真研究[J]. 航空计算技术,2013,43(6):1-4.

[9] 王跃宣,刘连臣,牟盛静,等. 处理带约束的多目标优化进化算法[J]. 清华大学学报:自然科学版,2005,45(1):103-106.

[10] 郭玉,李士勇. 基于改进蚁群算法的机器人路径规划[J]. 计算机测量与控制,2009,17(1):187-189.

[11] 王振华,章卫国,李广文. 基于改进多目标蚁群算法的无人机路径规划[J]. 计算机应用研究,2009,26(6):2104-2106.

[12] 李雄,徐肖豪,赵巍飞,等. 散点状分布危险天气区域下的航班改航路径规划[J]. 航空学报,2009,30(12):2342-2347.


[13] 毛芸苹,杨红雨. 基于约束支配多目标进化算法的航路改航方法[J]. 计算机工程与设计,2013,34(3):1008-1012.

[14] Prete J M. Aircraft routing in the presence of hazardous weather[D]. New York: Stony Brook University, 2007.

基于改进蚁群算法的改航路径规划

作者：[陈世欢](#)，[李毅](#)，[CHEN Shi-huan](#)，[LI Yi](#)

作者单位：[四川大学 计算机学院，四川 成都 610065；国家空管自动化系统技术重点实验室，四川成都610065](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015 (2)

引用本文格式：[陈世欢](#).[李毅](#).[CHEN Shi-huan](#).[LI Yi](#) [基于改进蚁群算法的改航路径规划](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015 (2)