

基于 MATLAB 的飞行器救援调度系统优化策略研究

贺均安¹ 张雪² 刘佳名¹ 赵怡冰¹ 周唯¹

1 沈阳航空航天大学航空宇航学院 2 沈阳航空航天大学应用技术学院

DOI:10.12238/pe.v2i6.10415

[摘要] 本研究探讨了飞行器智能救援调度系统的优化方案,旨在提高系统效率。首先分析了航空救援面临的挑战,如灾害多样性、复杂地理环境和有限资源。为应对这些挑战,设计了一个融合智能算法的调度系统,能够智能分派任务、规划飞行路径并评估救援效果。模型构建中,详细描述了任务效率、成本和安全性的评估方法。通过赋予任务权重并考虑加权完成度,确保任务分配合理性。成本模型考虑了飞行器的运营成本,以确保经济可行性;安全性评估特别重视救援人员和伤员的生命价值。为优化系统,结合了模拟退火算法和遗传算法,实现了飞行器选择和路径优化。比较不同调度策略在任务完成时间、资源使用和调度效率上的差异,结果表明优化策略显著提高了救援调度的效率和成功概率,遗传算法在各种初始条件下展现了良好的鲁棒性和稳定性,支持其在救援调度中的应用。

[关键词] 模拟退火; 遗传算法; 飞行器救援

中图分类号: Q311 **文献标识码:** A

Optimization Strategies for Aircraft Rescue Scheduling Based on MATLAB

Jun'an He¹ Xue Zhang² Jiaming Liu¹ Yibing Zhao¹ Wei Zhou¹

1 School of Aeronautics and Astronautics, Shenyang University of Aeronautics and Astronautics

2 School of Applied Technology, Shenyang University of Aeronautics and Astronautics

[Abstract] This study explores optimizing an intelligent aircraft rescue and dispatch system to improve efficiency. It addresses challenges in aviation rescue, including disaster diversity, complex geography, and limited resources. We developed a dispatch system using intelligent algorithms for mission assignment, flight path planning, and evaluating rescue effectiveness. The article outlines methods for assessing efficiency, cost, and safety during model building. Task assignment rationality is achieved through weighted tasks and completion. The cost model incorporates aircraft operating costs for economic feasibility, while the safety assessment prioritizes the value of rescuers' and wounded individuals' lives. To optimize the system, we combined simulated annealing with genetic algorithms for aircraft selection and path optimization. Our comparisons of task completion time, resource usage, and scheduling efficiency indicate that the optimization strategy significantly improves the efficiency and success rate of rescue scheduling, with the genetic algorithm showing strong robustness and stability across various conditions, reinforcing its suitability for rescue applications.

[Key words] Simulated Annealing; Genetic Algorithm; Aircraft Rescue

引言

(1) 项目背景。随着全球人口增长和城市化加速,自然灾害和意外事故的发生率逐年上升,航空救援已成为一种关键的救援方式。2019年,全国自然灾害造成1.3亿人次受灾,909人死亡失踪,直接经济损失达3270.9亿元。近年来,我国通用航空救援发展迅速,新的救援主体和装备逐步投入使用,但缺乏更新机制^[1]。因此,提升航空救援效率和应对各种不利因素是当前亟需研究的问题。

(2) 研究意义。科学高效的调度方法和安全可行的航迹规划是确保整个航空救援行动高效实施的关键,直接决定了航空救

援行动的成效^[2]。研究基于MATLAB的智能救援调度系统优化策略,能够智能评估资源的利用情况,制定更合理的救援调度方案。本文旨在提升系统在紧急救援场景中的响应速度和协调效率,从而实现资源的最优利用及救援效果的最大化。

1 项目分析

1.1 情况调研

收集历史灾害事件的数据,同时,对现有飞行器救援系统进行调研,了解各种型号飞行器的飞行性能、载重能力、飞行高度等技术参数,以及在灾害救援中的实际运用情况和效果。

1.2 成本约束预测

利用收集到的飞行器和灾害情况数据,建立飞行器救援系统的成本模型,预估不同救援方案的总成本^[3],最终设定最高成本约束。

2 模型假设

同类型的飞行器在性能上是相同的。救援任务的优先级和所需资源都是预先已知的。环境因素对飞行器的影响可以忽略不计。每个任务的资源需求是固定的。

3 符号说明

符号	符号说明	符号	符号说明
E	效率评估值	P _s	飞机的价格
C	成本评估值	P	最高成本
S	安全性评估值	H _s	运人量
D _{mn}	距离	W _s	运水量
O _{cs}	油耗	G _s	运货量
O _{qs}	油量	V _s	飞机速度
V _{gs}	卸货速度	V _{hs}	卸人速度
T	时间	V _{ws}	卸水速度

4 目标函数的确立

4.1 任务效率评估

4.1.1 任务总完成度

任务权重表示任务的重要性。初步权重 $k' = [k_1', k_2', \dots, k_n']$, 则:

$$k_i = \frac{k_i'}{\max(k')}$$

$$\text{总任务期望完成度 } A_0 = \sum_{i=1}^{\text{任务数量}} k_i$$

$$\text{任务加权完成度 } A^* = \sum_{i=1}^{\text{任务数量}} A_i * k_i$$

$$\text{任务总完成度用于归一化总任务的完成情况: } A = \frac{A^*}{A_0}$$

4.1.2 任务完成时间

$$\text{任务完成等效时间 } T_c = \sum_{i=1}^{\text{任务数量}} k_i * t_i$$

4.1.3 任务效率评估值

任务效率 E^* 用于评估规定时间内完成救援任务的情况, 公

$$\text{式如下: } E^* = \frac{A}{T_c}$$

采用Sigmoid函数进行归一化处理。选择任务等效最大时间

T_{cmax} 为参考值:

$$T_{cmax} = A_0 * T_{max}$$

$A = 1$ 时任务已全部完成; $A < 1$ 时任务未全部完成, 得分段函数:

$$E = \begin{cases} \text{Sig}_1(E^* * T_{cmax}), & A = 1 \\ 0.5 * E^* * T_{cmax}, & A < 1 \end{cases}$$

4.2 任务成本评估

4.2.1 机体折旧费

C_{s1} 由残值占飞行器价格的百分比 (K_1 , 取10%)、备件占飞行器价格的百分比 (K_2 , 取10%)、飞行器折旧年 (T_1 , 取20年)、飞行器价格 (P_s) 和飞行小时 (U , 取300) 决定:

$$C_{s1} = (1 - K_1) * (1 + K_2) P_s / (T_1 * U)$$

4.2.2 燃油费

C_{s2} 由燃油价格 (P_2 , 取8.45元/kg) 和耗油率 (O_{cs}) 决定:

$$C_{s2} = P_2 * O_{cs} / 10000$$

4.2.3 驾驶员费

C_{s3} 由驾驶员工资 (S_1 , 取60) 和补助费 (f , 取0.015) 决定:

$$C_{s3} = \frac{S_1}{U} + f$$

4.2.4 保险费

C_{s4} 由飞行器折价系数 (K_5 , 取0.85) 和年保险金占飞行器价

格的百分比 (r_1 , 取2%) 决定: $C_{s4} = K_5 * P_s * \frac{r_1}{U}$

简化可得:

$$C^* = \sum_{s=1}^{\text{飞行器数量}} (P_s * 0.0002216 + O_{cs} * 0.000845 + 0.015) * T_{sf}$$

T_{sf} 为第s架机在任务中的总飞行时间。

成本评估值如下: $C = 1 - \frac{C^*}{\text{成本基数}}$

成本基数根据最高成本预测得出。

4.3 综合考量

设定 E , C , 作为评估项目, 设 G 是两项评估值的函数:

$$G = 100 * (W_{efficiency} * E + W_{cost} * C)$$

其中, $W_{efficiency}$ 为效率权重系数取0.7, W_{cost} 为成本权重系数取0.3。

5 约束条件的确立

5.1 油耗约束

飞行途中油量不能为零: $O_{cs} * D_{mn} < O_{qs}$

5.2 飞机总价约束

飞机总价需要控制在成本预测之下, 避免超预算。

$$\sum_{s=1}^{\text{飞机数量}} P_s < P$$

5.3 任务约束

任务约束确保飞机的总载荷能力满足所有任务的需求。

$$(1) \text{ 运人约束 } \sum_{s=1}^{\text{飞机数量}} H_s \geq H = \sum_{i=1}^{\text{任务数量}} H_i$$

$$(2) \text{ 运水约束 } \sum_{s=1}^{\text{飞机数量}} W_s \geq W = \sum_{i=1}^{\text{任务数量}} W_i$$

$$(3) \text{ 运货约束 } \sum_{s=1}^{\text{飞机数量}} G_s \geq G = \sum_{i=1}^{\text{任务数量}} G_i$$

5.4 任务分配约束

限制每架飞机在同一时间段内只能执行一项任务：

$$\sum_{i=1}^{\text{任务数量}} x_{is} \leq 1 \quad \forall i$$

5.5 时间连续约束

某架飞机只有在完成一个任务后,才能开始下一个任务,公式如下：

$$t_{Sij} = t_{Sij-1} + \frac{D_{mn}}{V_s} + \frac{H_s}{V_{HS}} + \frac{W_s}{V_{WS}} + \frac{G_s}{V_{GS}}$$

6 基于模拟退火与遗传算法的优化

为了解决这个问题,采用分步优化方法,首先应用模拟退火算法进行飞行器选择方案的初步优化。接着,基于初步方案利用遗传算法对飞行方案进一步优化。

模型整合如下：

$$\max G = 100 \times (W_{efficiency} \times E + W_{cost} \times C)$$

$$st. \left\{ \begin{array}{l} O_{cS} \times D_{mn} < O_{qS} \\ O_{qSn} = O_{qSm} - O_{cS} \times D_{mn} > O_{cS} \times D_{nK} \\ \sum_{s=1}^{\text{飞机数量}} P_s < P \\ \sum_{s=1}^{\text{飞机数量}} H_s \geq H = \sum_{i=1}^{\text{任务数量}} H_i \\ \sum_{s=1}^{\text{飞机数量}} W_s \geq W = \sum_{i=1}^{\text{任务数量}} W_i \\ \sum_{s=1}^{\text{飞机数量}} G_s \geq G = \sum_{i=1}^{\text{任务数量}} G_i \\ \sum_{i=1}^{\text{任务数量}} x_{is} \leq 1 \quad \forall i \\ \sum_{s=1}^{\text{飞机数量}} x_{is} = 1 \quad \forall S \\ t_{Sij} = t_{Sij-1} + \frac{D_{mn}}{V_s} + \frac{H_s}{V_{HS}} + \frac{W_s}{V_{WS}} + \frac{G_s}{V_{GS}} \end{array} \right.$$

7 模型讨论

7.1 模型优点

模型能够根据实时的灾害情况和资源状态动态调整调度方案,提高了系统的灵活性和适应性。模型能够实现资源的有效利用,提高救援行动的整体效益。

7.2 模型局限性

模型的优化效果高度依赖于准确和实时的数据输入,如飞行器状态、灾害信息等,数据的不完整或延迟可能会影响模型的决策质量。

8 结语

通过本研究,我们提出了一种基于MATLAB的飞行器救援调度系统优化策略,结合模拟退火算法与遗传算法,有效提升了救援任务的效率和成功率。研究结果表明,合理的任务分配和路径规划能够显著提高资源利用率,确保救援行动的安全性与经济性。未来,随着数据技术的进步,该系统有望进一步优化,为航空救援提供更加智能化的解决方案,助力应对各种突发灾害,保障人民生命和社会稳定。

辽宁省大学生创新创业训练计划支持项目X202410143070资助。

[参考文献]

- [1]李周烁,潘卫军.森林火灾救援机群调度策略研究[J].自动化应用,2023,64(06):28-30.
- [2]李周烁.森林火灾直升机救援飞行调度及航迹规划研究[D].中国民用航空飞行学院,2023.
- [3]崔晓,何正文,王能民.资源约束应急救援多模式项目反应性调度优[J].工业工程与管理,2018,23(05):24-32+43.

作者简介：

贺均安(2005--),男,湖南衡阳人,本科在读,研究方向：飞行器制造工程。