

基于改进 K-means 算法和总时最短机制的 无人机群多目标分配围猎策略

胡滨¹, 朱亚辉², 杜致泽³, 赵子昕⁴, 周延年⁵

1.西北工业大学 自动化学院, 陕西 西安, 710072; 2.陕西学前师范学院 数学与统计学院, 陕西 西安 710061;
3.西北工业大学 机电学院, 陕西 西安, 710072; 4.交通运输通信信息集团有限公司 卫星通信事业部, 北京 100011;
5.空军工程大学 防空反导学院, 陕西 西安 710043

摘要:无人机(UAV)群多目标围猎是一种重要的战术手段,提出了一种基于改进 K-means 和总时最短机制的围猎策略。大规模的任务分配问题结构复杂、解算难度大,为了得到较高的围猎效率,减少单机计算量,采用混合式的体系结构将复杂的多目标围猎问题逐步分解为 UAV 个体需要执行的任务集合,降低了系统的耦合性和任务解算的复杂度。该策略利用改进的 K-means 算法将多目标围猎问题分层,形成多个独立的单目标围猎子系统。在子系统内部将单目标围猎任务分解为多个 UAV 容易执行的子任务,并以总时最短机制在子任务和 UAV 之间建立一一对应的匹配关系,各 UAV 只需执行待执行的子任务即可达到多目标围猎的目的。仿真实验表明,多无人机群可以有效地对多个目标的围捕任务进行合理分配,证明了该分配策略的有效性。

关键词:多目标围猎;任务分配策略;无人机群;K-means 法

中图分类号:TP18

文献标志码:A

文章编号:1000-2758(2022)06-1297-08

通过无人机之间的配合协作,无人机群能够完成单体无人机难以应付的复杂问题^[1]。空中目标围猎是多无人机群的典型应用场景,它源于自然界中普遍存在的捕食狩猎行为,在多年的研究发展中对围猎形式,围猎目的进行了丰富的扩展^[2-3]。其中多目标围猎作为重要的战术环节是目标围猎的一个热点问题,可以作为抓捕敌方重要人员或在对抗中压制敌方重要目标的有力手段^[4]。然而多目标围猎任务涉及智能体较多,因此也更具有挑战性。

多目标围猎策略影响了任务整体实现的复杂度,合理的策略是实现成功围猎的必要条件,因此对于无人机群多目标围猎任务需要制定高效围猎多个目标的策略。围捕策略是一种特殊的编队控制策略,根据不同目标数目,分为单目标围猎和多目标围猎。目前,协调多架无人机执行目标围猎任务的研究方法主要有基于虚拟结构法、基于行为法、人工势

场法和图论法。常见的单目标围猎策略有受自然现象启发的狼群捕猎模式。Muro 等^[5]参考狼群的狩猎过程,提出了一种多智能体协同围猎模型。该模型对追捕者的沟通要求较低,同时不需要构建狼群中的等级制度来维持系统内秩序。Atamurat 等^[6]研究了在欧氏空间中所有个体速度相同情况下的单目标围猎问题,对围捕模型进行分析得出了围猎成功的条件。Chen 等^[7]研究了高速逃逸目标的围猎问题,给出了能够成功围猎的条件,包括所需执行者的最小数量、初始分布状态以及围捕策略。在多目标围猎方面,Lopez 等^[8]对多智能体和多个动态目标的围猎博弈进行研究,对所有博弈方设定最优策略,采用图论方法为智能体分配控制策略,最后对有限时间内的围猎效果做出分析。Amini 等^[9]提出了一种基于动态事件触发机制的围猎控制方法,利用分布式动态事件触发结构,在降低通信量的同时实现

收稿日期:2022-04-01

作者简介:胡滨(1977—),西北工业大学博士研究生,主要从事控制理论和人工智能研究。

通信作者:周延年(1981—),空军工程大学讲师,主要从事综合评价研究。e-mail:83632893@qq.com

非完整智能体系统的多目标围猎任务。可以看出目前对于多目标围猎的研究还不成熟,往往需要依赖复杂的计算和控制策略,而且许多研究是将多个目标考虑为一个整体进行分析,针对多个目标分别围猎的研究较少。

处理复杂问题时,在全局中采用分布式、在局部采用集中式的方式在规模中等的任务分配中有较好的性能^[10]。现阶段对于单目标围猎问题的研究比较成熟,且相对于多目标,单目标围猎更容易实现。因此在无人机群围猎多个独立目标时,考虑将复杂的多目标围猎问题通过聚类划分转换为多个简单的单目标围猎问题从而降低问题难度。常见的聚类算法有基于划分的 K-means^[11]及 Voronoi 算法^[12]、基于密度的 DBSCAN^[13]算法以及基于图论的谱聚类算法^[14]等。Elango 等^[15]利用 K-means 算法进行多机器人的任务分群从而最小化任务之间的距离。Bai 等^[16]分析了多种聚类算法,并提出将聚类策略与目标插入度量相结合的形式,保证了访问所有目标位置的总旅行时间在一个合理的可计算上界内。选择合适的算法有利于对多个目标进行快速划分, K-means 聚类算法应用广泛,计算复杂度低,具有较好的收敛速度。因此本文使用 K-means 算法对多目标围猎问题进行初步划分。

围猎的实现需要每个无人机个体执行明确的任务指令,即到达确定的位置。通过任务分配可以确定每个 UAV 需要执行的子任务。Wang 等^[17]研究了多智能体系统中协同控制的任务分配机制,指出通过协同分配协议可以在间歇通讯情况下得到较好的分配结果。Lee 等^[18]提出了一种面向资源的分散拍卖算法,该算法考虑了智能体的资源消耗问题以及有限通讯范围问题。在分配任务时会出现冲突现象即同一个任务的最佳执行个体不唯一,此时就需要设计分配机制。设计准则可以是系统的资源消耗最少,任务完成的时间最短等。在实际情况中,防止目标在围捕之前逃逸,将目标快速围捕是最重要的。上述研究虽然可以实现最优解,但任务完成的总时间不一定最短。Bai 等^[19]研究了多个分散车辆访问一组目标的动态任务分配问题,提出了基于事件触发和时间触发的 2 种动态任务分配算法。但该算法较为复杂。因此本文考虑无人机群中的个体在速度相同的情况下,以完成围猎任务总时间最短为目标,设计任务分配算法并使该算法的计算量尽可能小。

本文主要研究适用于空中无人机群多目标围猎任务分配策略的整体解决方案。为了得到更好的围猎性能,采用混合式方法的思想,先利用分布式方法对系统进行分层处理,之后针对每个独立的子系统利用局部的集中式方法完成围捕任务的分配。通过对任务不断细分,实现复杂任务的简单化。

本文的创新点如下:

- 1) 改进了 K-means 法,通过该分布式算法可以将多目标围猎问题分解为多个相互独立的、能够满足围猎条件的单目标围猎系统。该算法计算量小、操作简单,能够处理大规模无人机群的任务分层。
- 2) 针对一个单目标围猎子系统,通过任务分解使单体无人机只需完成简单明确的子任务即可完成单目标的围猎。考虑到实际围猎情况,以完成围猎任务的总耗时最少为决策条件,设计了一种任务分配策略,能够以较少的计算量得到使任务完成时间最短的分配方案。

1 围猎问题描述

首先给出单目标被成功围猎的定义。当发现待围猎目标时,目标周围的 n 个 UAV 逐渐靠近,将目标限制在半径为 r 的范围内。根据围猎的临界条件^[20],完成围猎需要 3 个智能体分布在目标同一平面内,即为了确保目标被成功围猎,须满足 $n \geq 3$ 。此时以待围猎目标的位置 p_t 为中心,在半径 r 的圆上作内接 n 多边形,当控制 UAV 占据多边形的 n 个顶点形成围猎阵型时可以认为围猎成功。

考虑到实际情况,允许 UAV 的位置 p_u 与多边形顶点之间存在 Δr 的偏差。即

$$r - \Delta r \leq \|p_u - p_t\| \leq r + \Delta r \quad (1)$$

式中: p_u 为 UAV 的位置; p_t 为待围猎目标位置。围猎效果如图 1 所示。

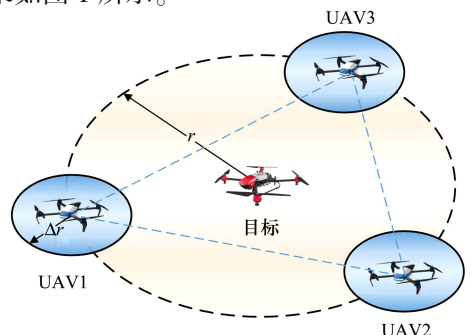
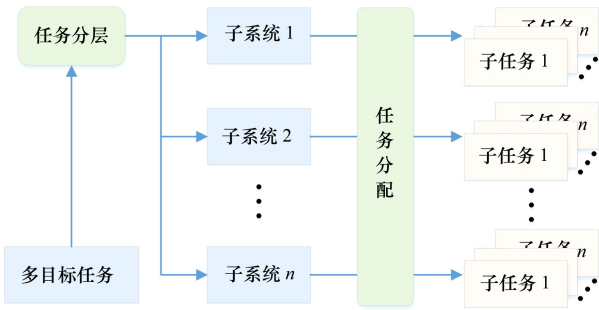


图 1 围猎成功示意图

2 任务分层与任务分配问题描述

通过任务分层可以将无人机群多目标围猎问题分解成与待围猎目标一一对应的多个单目标围猎子系统。子系统结构更简单且相互独立,从而可以降低无人机群多目标围猎系统的耦合性。子系统内部继续对围猎任务进行分解,将单目标围猎任务分解成多个简单的子任务并分配给具体的 UAV 个体。任务分层与任务分配问题如图 2 所示。



考虑在无人机群多目标围猎系统中有 M 个待围猎目标,定义待围猎目标个体的集合 T 为

$$T = \{t_i | 1 \leq i \leq M\} \quad (2)$$

同时空间中存在 N 个 UAV,定义 UAV 个体的集合 U 为

$$U = \{u_j | 1 \leq j \leq N\} \quad (3)$$

为了保证所有的目标都能被成功围猎,需要满足 $N \geq 3M$ 。

任务分层目标:分层结果需要保证每个待围猎目标 t_i 对应一个子系统 S_i ,并且每个子系统中包含的 UAV 数量 q 需要满足 $q \geq 3$ 。子系统 S_i 表示为

$$S_i = \{u_{ij} | 1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq q\} \quad (4)$$

子任务的集合表示为

$$S = \{S_i | 1 \leq i \leq M\} \quad (5)$$

任务分配是指:在围猎子系统 S_i 中,若存在 q 个 UAV,则会对应 q 个子任务。子系统 i 中待分配的子任务 t_{ik} 的集合表示为

$$T_i = \{t_{ik} | 1 \leq i \leq M, 1 \leq k \leq q\} \quad (6)$$

子系统 i 中的 UAV 个体 u_{ij} 可以对 t_{ik} 做出评价,评价的效用值用 b_{ijk} 表示。对于可以执行的任务 $b_{ijk} \geq 0$,若不能执行 t_{ik} ,则 $b_{ijk} = 0$ 。把完成任务所需

的时间作为评价指标时, u_{ij} 完成 t_{ik} 的时间越短,则 b_{ijk} 的值越大。

任务分配问题可以描述为

$$\max \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^q b_{ijk} \quad (7)$$

且需满足

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^q b_{ijk} &= 1, 1 \leq j \leq q \\ \sum_{k=1}^q b_{ijk} &= 1, 1 \leq k \leq q \end{aligned} \quad (8)$$

$$b_{ijk} \in \{0,1\}, 1 \leq j \leq q, 1 \leq k \leq q$$

通过(8)式可以保证子系统中的一个 UAV 都有需要待执行的子任务,同时每个待执行的子任务都必须由一个 UAV 去完成。

3 改进 K-means 算法的任务分层方法

传统的 K-means 算法能够对大量数据进行划分,从而形成所需数目的数据簇,同一个簇中数据元素之间的相近度较高,经过该算法的划分,每个数据只能隶属于一个数据簇。该算法的划分依据是最小误差函数,该误差函数可以描述各个数据与聚类中心的偏差情况。一般选用数据和中心的欧式距离作为误差函数。

然而传统 K-means 算法不能满足本文多目标围猎系统的分层要求。首先,该算法的聚类中心是随机的,并且随着算法的迭代,聚类中心会产生变化,这不能保证分层后 UAV 与待围猎目标的匹配;其次,该算法不能保证每个子系统内部 UAV 个数,根据任务分层的描述,需要保证每个子系统中存在至少 3 个 UAV,使用该算法可能会出现某个子系统的 UAV 个数不满足要求,即不能成功围猎目标的情况。

根据任务分层的要求,将 K-means 算进行改进。改进后的算法主要有以下特点:

- 1) 将 N 个待围猎目标的坐标设置为聚类中心,并且该聚类中心不随着算法的迭代而发生变化。
- 2) 划分完成后分别判断每个子系统内的 UAV 个数是否满足要求,如果存在数量不满足的子系统,则重新划分。

改进的 K-means 算法步骤如下:

步骤1 设在空间 \mathbf{R} 内存在由 n 个 UAV 组成的无人机群,以 UAV 位置坐标为元素的数据集记为 $\mathbf{p} = \{p_1, \dots, p_n\}$,同时存在 m 个待围捕目标,将目标的位置坐标设置为初始的 m 个聚类中心,表示为 $p_{i_c}, i_c \in \{1, \dots, m\}$ 。用(9)式计算 p_j 相对于 p_{i_c} 的距离 d_{ij} 。

$$d_{ij} = \|p_j - p_{i_c}\| = \sqrt{(p_j - p_{i_c})^T (p_j - p_{i_c})} \quad (9)$$

根据计算结果, p_j 会被规划到距离最近的数据中心 i 所代表的数据簇 C_i 内。

$$C_i = \{p_j \mid \|p_j - p_{i_c}\| \leq \|p_j - p_{i_q}\|, 1 \leq q \leq m\} \quad (10)$$

步骤2 通过步骤1,初步形成 m 个子系统。之后判断每个子系统内的 UAV 数量是否满足要求。

步骤3 对于数量不满足的子系统 S_e ,计算不包含在子系统 S_e 内的元素与属于 S_e 的聚类中心 p_{i_c} 的距离,将距离该中心最近的元素划分至 S_e 。在调整子系统内元素数量时,可能出现子系统内的元素被抽离后,该子系统元素个数不满足要求的情况,需要重新补充。为了防止同个元素被来回调动所造成的算法循环,需要限制被调动的元素不再考虑补充到原来的子系统中。

步骤4 重复步骤2~3 直至所有子系统内的元素满足要求。

改进 K-means 算法的流程图如图3所示。

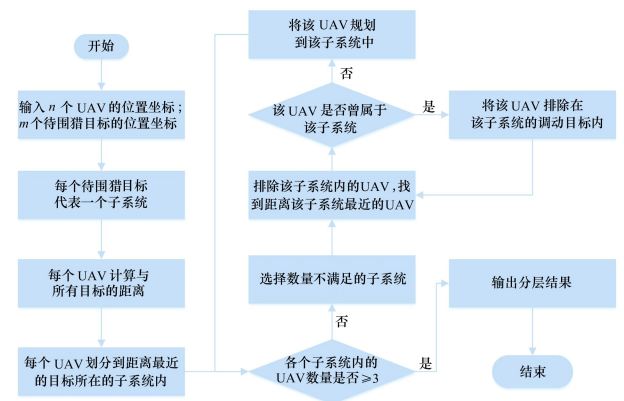


图3 改进 K-means 算法流程图

4 基于总时最短机制的任务分配策略

系统分层后,每个子系统需要根据 UAV 的数量规划子任务并给出子任务的分配结果。通过设计任务分配机制,可以使整个系统得到能够实现需要的较为优化的解。

本文的任务分配机制是优先考虑任务完成的总时间最短。子系统内 UAV 完成围猎任务的总时间取决于完成子任务时间最长的 UAV。假设同一子系统内的 UAV 同时执行任务且速度相同。这意味着 UAV 完成子任务需移动的距离 d 越短则完成子任务的用时 t 越少,即 $t \propto d$ 。基于上述设定,总时最短的分配机制可转化为分配结果使 UAV 完成子任务移动的距离最大值是众多分配方案中最小的。

对于一个包含 q 个 UAV 的子系统 S_i ,任务分配算法步骤如下:

步骤1 选取距离待围猎目标最近的 UAV 作为任务分配中心记为 u_{i1} ,计算该 UAV 到半径为 r 的围猎圆上的最近点,并将该点设为围猎圆的内接正 q 边形的一个顶点 z_1 。同时将该顶点位置作为子任务分配给 u_{i1} 。

$$z_1 = c_i + r \frac{u_{i1} - c_i}{\|u_{i1} - c_i\|} \quad (11)$$

步骤2 任务分配中心计算得出其余 $q - 1$ 个顶点的位置。将 $q - 1$ 个顶点位置作为子任务集向其他 UAV 发布。UAV 个体 $u_{ij}, j \in \{2, \dots, q\}$ 到顶点 $z_k, k \in \{2, \dots, q\}$ 的距离记为 d_{ijk} 。每个 UAV 分别计算与 $q - 1$ 个顶点的距离,得到该 UAV 的距离数据集 \mathbf{d}_{ij} ,任务分配中心对每个数据集进行汇总得到矩阵 \mathbf{A}_i ,此时 $\mathbf{A}_i \in \mathbf{R}^{(q-1) \times (q-1)}$ 。

$$\mathbf{A}_i = (\mathbf{d}_{i2}, \mathbf{d}_{i3}, \dots, \mathbf{d}_{iq}) = \begin{pmatrix} d_{i22} & \dots & d_{ij2} & \dots & d_{iq2} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_{i2k} & \dots & d_{ijk} & \dots & d_{iqk} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_{i2q} & \dots & d_{ijq} & \dots & d_{iqq} \end{pmatrix} \quad (12)$$

步骤3 若 u_{ij} 执行子任务 t_{ik} ,则从矩阵 \mathbf{A}_i 中删除 u_{ij} 对应的列向量 \mathbf{d}_{ij} 和子任务 t_{ik} 对应的行向量,此时 \mathbf{A}_i 的阶数减1。

步骤4 任务分配中心找到矩阵 \mathbf{A}_i 中的最大值,该值对应的 UAV 完成子任务的时间最长。若最大值不唯一,则找出所有最大值对应的列向量中的最小值,最小值表示该值对应的 UAV 完成子任务用时最短。最小值对应的 UAV 和子任务相互匹配,同时进行一步骤3。若最大值唯一,则找出最大值所在列向量中的最小值。若最小值不唯一,则先将该列向量排除,并重复步骤4,直到该列向量中的最小值唯一,最小值对应的 UAV 和子任务相匹配。

步骤 5 循环步骤 3~4,直到所有子任务分配完成。

任务分配的流程图如图 4 所示。

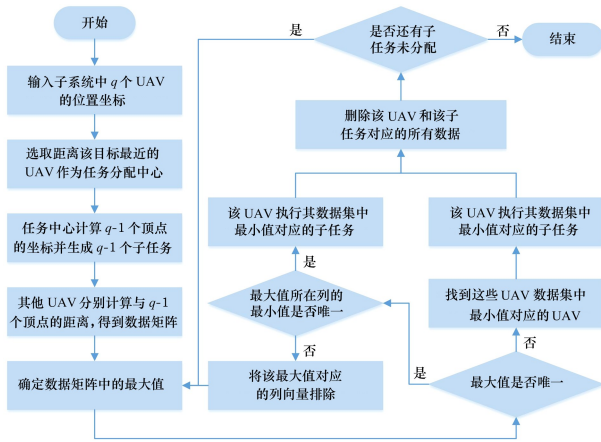


图 4 任务分配流程图

5 实验仿真

为了验证本文提出的多目标围猎策略的有效性,设计了一个仿真实验,指派 9 个 UAV 分别围猎 3 个目标。该系统的初始状态如图 5 所示。

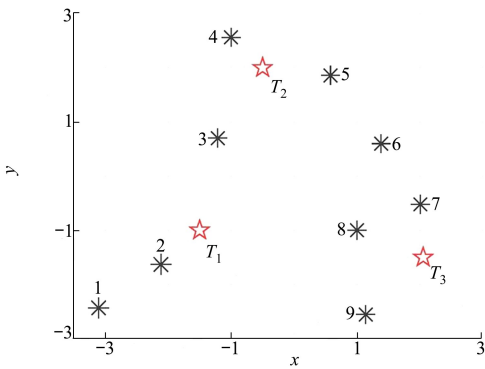


图 5 多无人机围猎系统初始状态

UAV 的位置是随机确定的,表 1~2 给出了仿真中各 UAV 和待围猎目标位置。

表 1 仿真中各 UAV 位置

编号	位置坐标	编号	位置坐标
1	$[-3.105, -2.433]$	6	$[1.382, 0.598]$
2	$[-2.115, -1.632]$	7	$[2.005, 0.522]$
3	$[-1.212, -0.700]$	8	$[1.000, 1.000]$
4	$[-1.001, 2.560]$	9	$[1.137, 2.556]$
5	$[0.579, 1.859]$		

表 2 仿真中待围猎目标位置

目标	位置坐标
T_1	$[-1.500, 1.000]$
T_2	$[-0.500, 2.000]$
T_3	$[2.050, -1.500]$

根据第 2 节所述任务分层与任务分配策略,首先使用改进的 K-means 算法对系统进行分层,分层效果如图 6 所示。可以看出,分层算法能够生成与待围猎目标数量相同的子系统,并且能够对数目不满足的子系统进行补全。由图 6(b)~6(c)可以看出,被调动过的 UAV 不会被重复调动,最终使得每个子系统都满足成功围猎的要求。

系统分层后每个子系统进行子任务的生成与分配,为了比较本文提出总时分配机制的性能,同时使用匈牙利算法对子任务进行分配。基于总时最短机制的分配结果如图 7 所示。基于匈牙利算法的分配结果如图 8 所示。

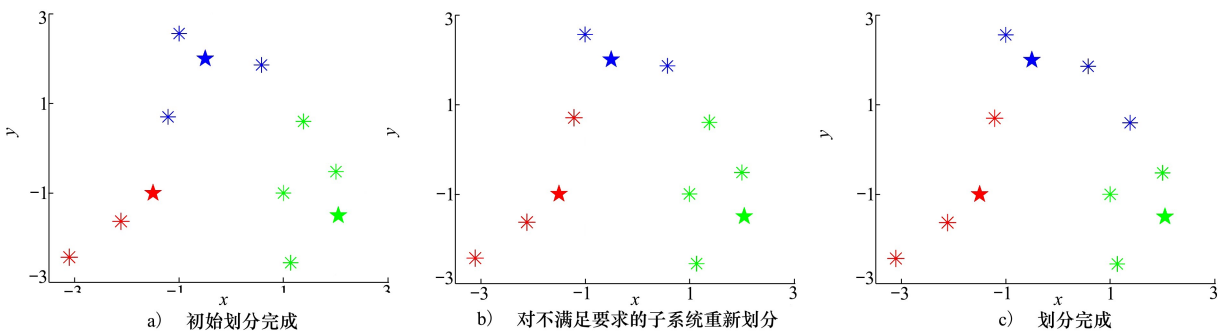


图 6 任务分层效果

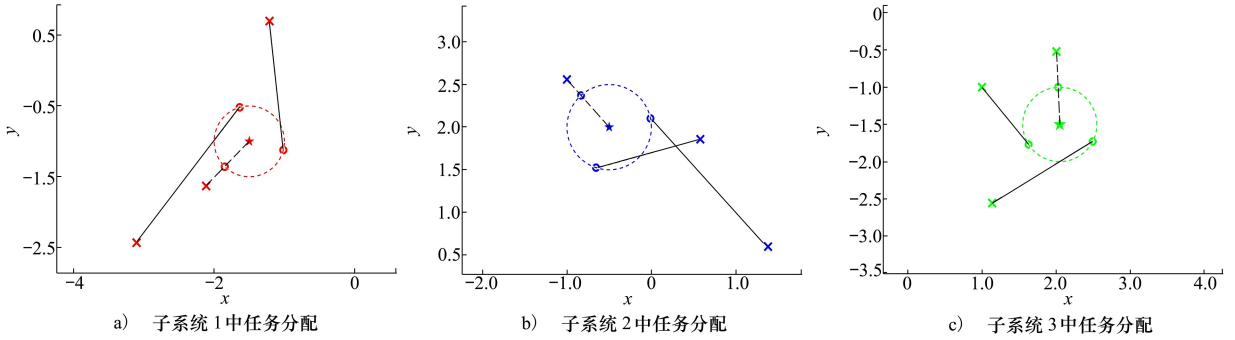


图 7 各子系统基于总时最短机制的任务分解结果

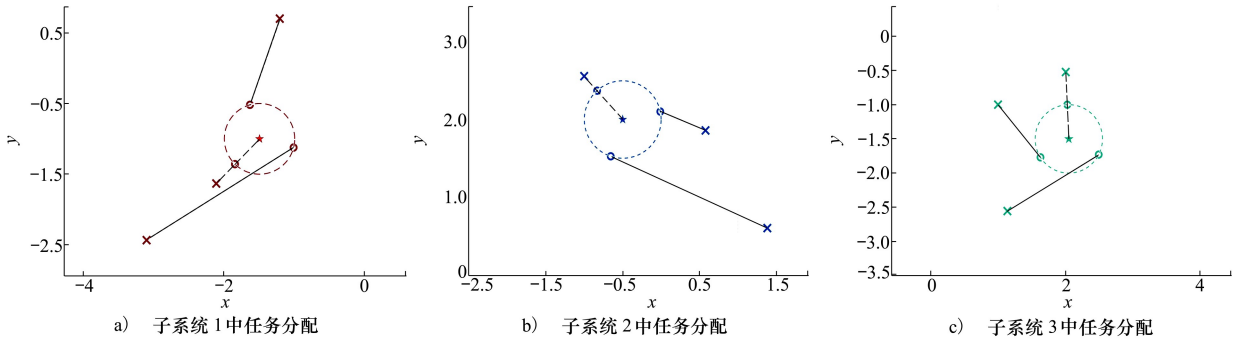


图 8 各子系统基于匈牙利算法的任务分解结果

各子系统内子任务对应的坐标如表 3 所示,任务分配中心对应子任务为 1 号子任务,其他子任务按照顺时针进行编号。

表 3 各子系统中各子任务位置及对应关系

所属子系统	子任务	坐标位置	总时最短算法结果	匈牙利算法结果
1	1.1	$[-1.847, -1.360]$	2	2
	1.2	$[-1.638, -0.519]$	1	3
	1.3	$[-1.015, -1.121]$	3	1
2	2.1	$[-0.835, 2.372]$	4	4
	2.2	$[-0.011, 2.104]$	6	5
	2.3	$[-0.655, 1.524]$	5	6
3	3.1	$[2.033, -1.000]$	7	7
	3.2	$[2.491, -1.735]$	9	9
	3.3	$[1.626, -1.765]$	8	8

表 4 2 种算法的完成任务用时对比

子系统	总时最短算法	匈牙利算法
1	2.41	2.47
2	2.05	2.24
3	1.59	1.59

根据仿真结果可以看出本文提出的任务分配策略会选择总时最短的分配方案,例如图 7b) 所示子系统 2 的分配情况,子任务 2.2 对于 5 号 UAV 和 6 号 UAV 都是距离最近的子任务。因此会出现分配冲突,此时通过计算,6 号 UAV 完成子任务 2.3 的时间比 5 号 UAV 完成子任务 2.3 的时间更长,因此为了使完成任务的时间最短,将子任务 2.2 分配给 6 号 UAV。

6 结 论

本文提出的多目标任务分配策略将复杂的系统逐步分解为多个简单子任务,将计算任务分散在单体 UAV 上,提高了系统的灵活性。该策略首先通过

为了分析 2 种算法的效果,比较了 2 种分配结果对应的完成围猎任务的总时间,为了方便计算,设智能体的速度都为 1,结果保留 2 位小数,如表 4 所示。结果表明本文提出的分配算法能够满足总时最短的要求。

改进 K-means 算法使系统分层形成多个子系统,实现系统的解耦。之后每个子系统作为单独的任务单元将任务细分并以完成任务的总时间为主要考虑因

素对子任务进行分配,使 UAV 在最短时间内完成目标的围猎任务。通过仿真实验可以证明该策略易行且有效。

参考文献:

- [1] THOMAS Lemaire, RACHID Alami, SIMON Lacroix. A distributed task allocation scheme in multi-UAV context[C]//IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2004
- [2] LIANG H, ZHANG L, SUN Y, et al. Containment control of semi-Markovian multiagent systems with switching topologies[J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, 2021, 51(6): 3889-3899
- [3] LI Zhongkui, WEI Ren, LIU Xiangdong, et al. Distributed containment control of multi-agent systems with general linear dynamics in the presence of multiple leaders[J]. International Journal of Robust and Nonlinear Control, 2013, 23(5): 534-547
- [4] 张宇, 张琰, 邱绵浩, 等. 地空无人平台协同作战应用研究[J]. 火力与指挥控制, 2021, 46(5): 6
ZHANG Yu, ZHANG Yan, QIU Mianhao, et al. Research on the ground-air unmanned platform cooperative combat application [J]. Fire Control & Command Control, 2021, 46(5): 6 (in Chinese)
- [5] MURO C, ESCOBEDO R, SPECTOR L, et al. Wolf-pack (canis lupus) hunting strategies emerge from simple rules in computational simulations[J]. Behavioural Processes, 2011, 88(3): 192-197
- [6] ATAMURAT K, GAFURJAN I, MASSIMILIANO F. Simple motion pursuit and evasion differential games with many pursuers on manifolds with euclidean metric[J]. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2016, 2016: 1-8
- [7] CHEN Jie, ZHA Wenzhong, PENG Zhihong, et al. Multi-player pursuit-evasion games with one superior evader[J]. Automatica, 2016, 71: 24-32
- [8] LOPEZ V G, LEWIS F L, WAN Y, et al. Solutions for multiagent pursuit-evasion games on communication graphs: finite-time capture and asymptotic behaviors[J]. IEEE Trans on Automatic Control, 2020, 65(5): 1911-1923
- [9] AMINI A, ASIF A, MOHAMMADI A. Formation-containment control using dynamic event-triggering mechanism for multi-agent systems[J]. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2020, 7(5): 1235-1248
- [10] HOLLAND J H. Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with application to biology, control and artificial intelligence[M]. Cambridge: The MIT Press, 1975
- [11] YU D, XU H, CHEN C, et al. Dynamic coverage control based on K-means[J]. IEEE Trans on Industrial Electronics, 2021, 99: 1
- [12] KIM J, JU C, SON H I. A multiplicatively weighted Voronoi-based workspace partition for heterogeneous seeding robots[J]. Electronics, 2020, 9(11): 1813
- [13] PAOLO B, ANTONIO C, LUCA F, et al. Scalable and cost-effective assignment of mobile crowdsensing tasks based on profiling trends and prediction: the participact living lab experience[J]. Sensors, 2015, 15(8): 18613-18640
- [14] DOULAMIS N D, KOKKINOS P, VARVARIGOS E M. Resource selection for tasks with time requirements using spectral clustering[J]. IEEE Trans on Computers, 2014, 63(2): 461-474
- [15] ELANGO M, NACHIAPPAN S, TIWARI M K. Balancing task allocation in multi-robot systems using K-means clustering and auction based mechanisms[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(6): 6486-6491
- [16] BAI X, YAN W, CAO M. Clustering-based algorithms for multi-vehicle task assignment in a time-invariant drift field[J]. IEEE Robotics & Automation Letters, 2017, 2(4): 2166-2173
- [17] WANG B, CHEN W, ZHANG B, et al. Cooperative control-based task assignments for multiagent systems with intermittent communication[J]. IEEE Trans on Industrial Informatics, 2021, 17(10): 6697-6708
- [18] LEE D H, ZAHEER S A, KIM J H. A Resource-oriented, decentralized auction algorithm for multirobot task allocation[J]. IEEE Trans on Automation Science and Engineering, 2015, 12(4): 1469-1481
- [19] BAI X, CAO M, YAN W. Event-and time-triggered dynamic task assignments for multiple vehicles[J]. Autonomous Robots, 2020, 44(5): 877-888
- [20] CAO X, XU X. Hunting algorithm for multi-AUV based on dynamic prediction of target trajectory in 3D underwater environment

[J]. IEEE Access, 2020, 8:1-1

Multi-target assignment hunting strategy of UAV swarm based on improved K-means algorithm and shortest time mechanism

HU Bin¹, ZHU Yahui², DU Zhize³, ZHAO Zixin⁴, ZHOU Yannian⁵

1.School of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;

2.School of Mathematics and Statistics, Shaanxi Xueqian Normal University, Xi'an 710061, China;

3.School of Mechanical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;

4.Department of Satellite Communication, China Transport Telecommunication Information Group Co., Ltd, Beijing 100011, China;

5.School of Air Defense and Anti-Missile, Air Force Engineering University, Xi'an 710043, China

Abstract: Multi-target hunting of UAV swarm is an important tactical means. This paper proposes a hunting strategy based on improved K-means and the shortest time mechanism. The large-scale task assignment problem is complex in structure and difficult to solve. To obtain higher hunting efficiency and reduce the amount of calculation on the single UAV, the hybrid architecture is used to decompose the complex multi-target hunting problem into a set of tasks that the UAV need to perform, which reduces the coupling of the system and the complexity of problem. Firstly, the multi-target hunting problem is stratified by the improved K-means algorithm to form multiple independent single target hunting subsystems. In the subsystem, the single target hunting task is decomposed into multiple subtasks that are easy to be executed by UAVs, and a one-to-one matching relationship between subtasks and UAVs is established by using the shortest time mechanism. UAV swarm can achieve multi-target hunting only by executing subtasks. The simulation results show that the UAV swarm can effectively allocate the multi-target hunting problem, which proves the effectiveness of the allocation strategy is proved.

Keywords: multi-target hunting; task allocation strategy; UAV swarm; K-means algorithm

引用格式:胡滨, 朱亚辉, 杜致泽, 等. 基于改进 K-means 算法和总时最短机制的无人机群多目标分配围猎策略[J]. 西北工业大学学报, 2022, 40(6): 1297-1304

HU Bin, ZHU Yahui, DU Zhize, et al. Multi-target assignment hunting strategy of UAV swarm based on improved K-means algorithm and shortest time mechanism[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2022, 40(6): 1297-1304 (in Chinese)