



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112001309 A

(43) 申请公布日 2020. 11. 27

(21) 申请号 202010855557.9

(22) 申请日 2020.08.21

(71) 申请人 上海特金无线技术有限公司

地址 201114 上海市闵行区新骏环路245号  
第6层E612室

(72) 发明人 姜化京 刘鑫

(74) 专利代理机构 上海慧晗知识产权代理事务  
所(普通合伙) 31343

代理人 李茂林

(51) Int. Cl.

G06K 9/00 (2006.01)

G06N 3/00 (2006.01)

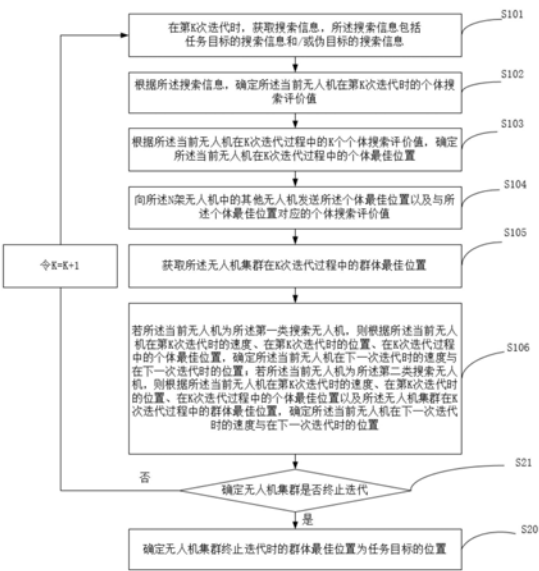
权利要求书5页 说明书19页 附图14页

(54) 发明名称

基于无人机集群的目标搜索方法、装置、设备  
及存储介质

(57) 摘要

本发明提供了基于无人机集群的目标搜索方法、装置、设备及存储介质，搜索方法包括：在第K次迭代时，获取搜索信息；确定个体搜索评价价值；确定当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置；获取无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置；若当前无人机为第一类搜索无人机，则根据当前无人机在第K次迭代时的速度、位置、个体最佳位置，确定当前无人机在下次迭代时的速度与位置；若当前无人机为第二类搜索无人机，则根据当前无人机在第K次迭代时的速度位置、个体最佳位置以及无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置，确定当前无人机在下次迭代时的速度与位置；确定无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为任务目标的位置。



1. 一种基于无人机集群的目标搜索方法,应用于所述无人机集群的N架无人机中的任一当前无人机搜索待搜索区域内的任务目标,所述待搜索区域分布有所述任务目标与伪目标,其特征在于,所述N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除所述第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;所述方法包括:

多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置;

确定所述无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为所述任务目标的位置;

其中,多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置,包括:

在第K次迭代时,获取搜索信息,所述搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

根据所述搜索信息,确定所述当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价值,所述个体搜索评价值表征所述当前无人机与所述任务目标或所述伪目标的接近程度;

根据所述当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定所述当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置,所述个体最佳位置为所述当前无人机在K次迭代过程中最靠近所述任务目标或所述伪目标的位置;

向所述N架无人机中的其他无人机发送所述个体最佳位置以及与所述个体最佳位置对应的个体搜索评价值;

获取所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;所述群体最佳位置是根据所述N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

若所述当前无人机为所述第一类搜索无人机,则根据所述当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定所述当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置;

若所述当前无人机为所述第二类搜索无人机,则根据所述当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定所述当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置。

2. 根据权利要求1所述的基于无人机集群的目标搜索方法,其特征在于,根据所述当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定所述当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置,包括:

确定所述当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳评价值,所述个体最佳评价值的所述当前无人机的位置为所述K个个体搜索评价值的K个所述当前无人机的位置中最靠近所述任务目标或所述伪目标的;

确定与当前无人机在K次迭代过程中的所述个体最佳评价值的位置为所述当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置。

3. 根据权利要求2所述的基于无人机集群的目标搜索方法,其特征在于,获取所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,包括:

获取所述N架无人机中除所述当前无人机之外的N-1架无人机在K次迭代过程中的N-1个个体最佳评价值以及与所述N-1个个体最佳评价值的无人机位置;

确定所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳评价值,所述群体最佳评价值对应的无人机的位置为N个个体最佳评价值对应的N个无人机位置中最靠近所述任务目标或所

述伪目标的；所述N个个体最佳评价值包括：所述N-1个个体最佳评价值与所述当前无人机的个体最佳评价值；

确定与所述无人机集群在K次迭代过程中的所述群体最佳评价值对应的无人机位置为所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的基于无人机集群的目标搜索方法，其特征在于，若所述当前无人机为所述第一类搜索无人机，则所述当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置，是根据如下公式确定的：

$$\begin{cases} v_n(K+1) = v_n(K) \sigma_{weight} + \sigma_{self} \cdot rand_1 \cdot (x_{max} - x_n(K)) + a \\ x_n(K+1) = x_n(K) + v_n(K) \end{cases} ;$$

其中，

$v_n(K)$  表示所述当前无人机在第K次迭代时的速度；

$v_n(K+1)$  表示所述当前无人机在下次迭代时的速度；

$\sigma_{weight}$  表示预设的惯性权重；

$\sigma_{self}$  表示预设的自学习因子；

$rand_1$  表示随机生成的参数；

$x_{max}$  表示所述当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置；

$x_n(K)$  表示所述当前无人机在第K次迭代时的位置；

$x_n(K+1)$  表示所述当前无人机在下次迭代时的位置；

$a$  表示随机生成的速度增量。

5. 根据权利要求4所述的基于无人机集群的目标搜索方法，其特征在于，所述速度增量是根据如下公式随机确定的：

$$a = v_{min} + rand_2 \cdot (v_{max} - v_{min}) \cdot \sigma_{active};$$

其中，

$v_{min}$  表示预设的所述当前无人机的最小速度；

$v_{max}$  表示预设的所述当前无人机的最大速度；

$rand_2$  表示随机生成的参数；

$\sigma_{active}$  表示预设的自由探索因子。

6. 根据权利要求1-3任一项所述的基于无人机集群的目标搜索方法，其特征在于，

若所述当前无人机为所述第二类搜索无人机，则所述当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置，是根据如下公式确定的：

$$\begin{cases} v_n(K+1) = v_n(K) \sigma_{weight} + \sigma_{self} \cdot rand_3 \cdot (x_{max} - x_n(K)) + \sigma_{crowd} \cdot rand_3 \cdot (y_{max} - x_n(K)) \\ x_n(K+1) = x_n(K) + v_n(K) \end{cases} ;$$

其中，

$v_n(K)$  表示所述当前无人机在第K次迭代时的速度；

$v_n(K+1)$  表示所述当前无人机在下次迭代时的速度；

$\sigma_{weight}$  表示预设的惯性权重；

$\sigma_{self}$  表示预设的自学习因子；

$rand_3$  表示随机生成的参数；

$x_{\max}$ 表示所述当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置；

$x_n(K)$ 表示所述当前无人机在第K次迭代时的位置；

$x_n(K+1)$ 表示所述当前无人机在下一次迭代时的位置；

$\sigma_{\text{crowd}}$ 表示预设的群体学习因子；

$y_{\max}$ 表示所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置。

7. 根据权利要求1-3任一项所述的基于无人机集群的目标搜索方法,其特征在于,在确定所述当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置之后,还包括:

根据所述当前无人机在连续L次迭代过程中每次迭代时的速度以及预设的所述当前无人机在预设的搜索平面移动单位距离的能耗,确定所述当前无人机在连续L次迭代过程中在预设的搜索平面移动的总能耗;

若所述总能耗低于预设的能耗阈值,则确定所述当前无人机为第三类搜索无人机;

重置所述当前无人机的位置、速度以及对应的个体搜索评价值,被重置后的所述当前无人机作为所述第一类搜索无人机或所述第二类搜索无人机执行对所述任务目标的搜索。

8. 根据权利要求1所述的基于无人机集群的目标搜索方法,其特征在于,在任一迭代过程中,所述当前无人机在搜索过程中均受预设的约束条件的约束;

所述约束条件包括:速度约束条件、边界约束条件、能量约束条件以及最大迭代次数;

所述速度约束条件包括预设的所述当前无人机的最大速度与最小速度;

所述边界约束条件为所述当前无人机的位置不超出所述待搜索区域;

所述能量约束条件为所述当前无人机消耗的总能量不超过预设的最大消耗能量。

9. 根据权利要求1所述的基于无人机集群的目标搜索方法,其特征在于,所述搜索信息包括:所述任务目标和/或所述伪目标发出的无线信号;

所述个体搜索评价值与接收的所述无线信号的强度相关。

10. 根据权利要求1所述的基于无人机集群的目标搜索方法,其特征在于,

所述搜索信息包括:所述当前无人机探测的图像数据。

11. 一种基于无人机集群的目标搜索装置,应用于所述无人机集群的N架无人机中的任一当前无人机搜索待搜索区域内的任务目标,所述待搜索区域分布有所述任务目标与伪目标,其特征在于,所述N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除所述第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;所述装置包括:

第一迭代更新模块,用于多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置;

第一目标位置确定模块,用于确定所述无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为所述任务目标的位置;

其中,所述第一迭代更新模块包括:

第一信息获取子模块,用于在第K次迭代时,获取搜索信息,所述搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

第一个体搜索评价值确定子模块,用于根据所述搜索信息,确定所述当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价值,所述个体搜索评价值表征所述当前无人机与所述任务目标或所述伪目标的接近程度;

第一个体最佳位置确定子模块,用于根据所述当前无人机在K次迭代过程中的K个个体

搜索评价值,确定所述当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置,所述个体最佳位置为所述当前无人机在K次迭代过程中最靠近所述任务目标或所述伪目标的位置;

第一信息发送子模块,用于向所述N架无人机中的其他无人机发送所述个体最佳位置以及与所述个体最佳位置对应的个体搜索评价值;

群体最佳位置获取子模块,用于获取所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;所述群体最佳位置是根据所述N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

第一速度位置确定子模块,用于若所述当前无人机为所述第一类搜索无人机,则根据所述当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定所述当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置;或者,所述第一速度位置确定子模块用于若所述当前无人机为所述第二类搜索无人机,则根据所述当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定所述当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置。

12.一种基于无人机集群的目标搜索方法,应用于所述无人机集群搜索待搜索区域内的任务目标,所述待搜索区域分布有所述任务目标与伪目标,其特征在于,所述无人机集群的N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除所述第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;所述方法包括:

多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置;

确定所述无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为所述任务目标的位置;

其中,多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置,包括:

在第K次迭代时,任一当前无人机获取对应的搜索信息,所述搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

根据所述搜索信息,确定所述当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价值,所述个体搜索评价值表征所述当前无人机与所述任务目标或所述伪目标的接近程度;

根据所述当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定所述当前无人机对应的在K次迭代过程中的个体最佳位置,所述个体最佳位置为在K次迭代过程中最靠近所述任务目标或所述伪目标的位置;

所述当前无人机向所述N架无人机中的其他无人机发送对应的个体最佳位置以及与所述个体最佳位置对应的个体搜索评价值;

确定所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;所述群体最佳位置是根据所述N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

所述第一类搜索无人机中任一第一当前无人机根据所述第一当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定所述第一当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置;

所述第二类搜索无人机中任一第二当前无人机根据所述第二当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定所述第二当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置。

13.一种基于无人机集群的目标搜索装置,应用于所述无人机集群搜索待搜索区域内

的任务目标,所述待搜索区域分布有所述任务目标与伪目标,其特征在于,所述无人机集群的N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除所述第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;所述装置包括:

第二迭代更新模块,用于多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置;

第二目标位置确定模块,用于确定所述无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为所述任务目标的位置;

其中,所述第二迭代更新模块包括:

第二信息获取子模块,用于在第K次迭代时,任一当前无人机获取对应的搜索信息,所述搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

第二个体搜索评价值确定子模块,用于根据所述搜索信息,确定所述当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价值,所述个体搜索评价值表征所述当前无人机与所述任务目标或所述伪目标的接近程度;

第二个体最佳位置确定子模块,用于根据所述当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定所述当前无人机对应的在K次迭代过程中的个体最佳位置,所述个体最佳位置为在K次迭代过程中最靠近所述任务目标或所述伪目标的位置;

第二信息发送子模块,用于所述当前无人机向所述N架无人机中的其他无人机发送对应的个体最佳位置以及与所述个体最佳位置对应的个体搜索评价值;

第二群体最佳位置确定模块,用于确定所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;所述群体最佳位置是根据所述N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

第二速度位置确定子模块,用于所述第一类搜索无人机中任一第一当前无人机根据所述第一当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定所述第一当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置;或者,所述第二速度位置确定子模块,用于所述第二类搜索无人机中任一第二当前无人机根据所述第二当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定所述第二当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置。

14. 一种电子设备,其特征在于,包括处理器与存储器,

所述存储器,用于存储代码和相关数据;

所述处理器,用于执行所述存储器中的代码用以实现权利要求1-10任意一项所述的方法或者用以实现权利要求12所述的方法。

15. 一种可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现权利要求1-10任意一项所述的方法或者用以实现权利要求12所述的方法。

## 基于无人机集群的目标搜索方法、装置、设备及存储介质

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无人机领域,并且更具体地,涉及一种基于无人机集群的目标搜索方法、装置、设备及存储介质。

### 背景技术

[0002] 无人机技术在近十几年来,得益于其小体积、高移动性和低功耗的特征,发展十分迅速,在民用和军事上也得到了广泛的应用。无人机能够在地面较少干预下执行各种高级别的任务,在信息对抗、重大灾害监测、人员搜救和应急空投等领域具有广阔的应用前景。然而,随着任务需求的多元化和专业化,单一的无人机已经不能满足复杂任务的需要。因此需要搭建无人机集群进行协同工作。

[0003] 粒子群算法(Particle Swarm Optimization,PSO),粒子群中的每一个粒子都代表一个问题的可能解,通过粒子个体的简单行为,群体内的信息交互实现问题求解的智能性,且粒子群算法操作简单、收敛速度快,这些都符合无人机编队(集群)覆盖侦查任务中快速群体协作、信息交互等特征,现有的粒子群算法在执行过程中,每个粒子在预设的空间中移动,各个粒子记录曾搜索到的最优点的位置(个体最佳位置)以及所有粒子所搜索到的最优点的位置(群体最佳位置),并且每个粒子根据个体最佳位置以及群体最佳位置更新自己的速度和位置,直至整个粒子群的搜索结果符合算法终止的条件。

[0004] 在无人机集群使用粒子群算法搜索任务目标时,通常会受到伪目标的干扰。当无人机受到伪目标干扰时,无人机集群在搜索过程中确定的群体最佳位置可能会与伪目标的位置相关,根据个体最佳位置以及群体最佳位置更新每架无人机的速度和位置均会受到该与伪目标的位置相关的群体最佳位置的影响,进而可能会导致无人机集群陷入与伪目标位置相关的局部最优解,使得无人机集群不能得到与任务目标相关的全局最优解。

### 发明内容

[0005] 本发明提供的基于无人机集群的目标搜索方法、装置、设备及存储介质,已解决现有的无人机集群使用粒子群算法在搜索目标时容易陷入与伪目标位置相关的局部最优解的问题。

[0006] 根据本发明的第一方面,提供了一种基于无人机集群的目标搜索方法,应用于所述无人机集群的N架无人机中的任一当前无人机搜索待搜索区域内的任务目标,所述待搜索区域分布有所述任务目标与伪目标,所述N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除所述第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;所述方法包括:

[0007] 多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置;

[0008] 确定所述无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为所述任务目标的位置;

[0009] 其中,多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置,包括:

[0010] 在第K次迭代时,获取搜索信息,所述搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

[0011] 根据所述搜索信息,确定所述当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价值,所述个体搜索评价值表征所述当前无人机与所述任务目标或所述伪目标的接近程度;

[0012] 根据所述当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定所述当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置,所述个体最佳位置为所述当前无人机在K次迭代过程中最靠近所述任务目标或所述伪目标的位置;

[0013] 向所述N架无人机中的其他无人机发送所述个体最佳位置以及与所述个体最佳位置对应的个体搜索评价值;

[0014] 获取所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;所述群体最佳位置是根据所述N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

[0015] 若所述当前无人机为所述第一类搜索无人机,则根据所述当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定所述当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置;

[0016] 若所述当前无人机为所述第二类搜索无人机,则根据所述当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定所述当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置。

[0017] 根据本发明的第二方面,提供了一种基于无人机集群的目标搜索装置,应用于所述无人机集群的N架无人机中的任一当前无人机搜索待搜索区域内的任务目标,所述待搜索区域分布有所述任务目标与伪目标,所述N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除所述第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;所述装置包括:

[0018] 第一迭代更新模块,用于多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置;

[0019] 第一目标位置确定模块,用于确定所述无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为所述任务目标的位置;

[0020] 其中,所述第一迭代更新模块包括:

[0021] 第一信息获取子模块,用于在第K次迭代时,获取搜索信息,所述搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

[0022] 第一个体搜索评价值确定子模块,用于根据所述搜索信息,确定所述当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价值,所述个体搜索评价值表征所述当前无人机与所述任务目标或所述伪目标的接近程度;

[0023] 第一个体最佳位置确定子模块,用于根据所述当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定所述当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置,所述个体最佳位置为所述当前无人机在K次迭代过程中最靠近所述任务目标或所述伪目标的位置;

[0024] 第一信息发送子模块,用于向所述N架无人机中的其他无人机发送所述个体最佳位置以及与所述个体最佳位置对应的个体搜索评价值;

[0025] 群体最佳位置获取子模块,用于获取所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;所述群体最佳位置是根据所述N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

[0026] 第一速度位置确定子模块,用于若所述当前无人机为所述第一类搜索无人机,则根据所述当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个



体最佳位置,确定所述当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置;或者,第一速度确定模块用于若所述当前无人机为所述第二类搜索无人机,则根据所述当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定所述当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置。

[0027] 根据本发明的第三方面,提供了一种基于无人机集群的目标搜索方法,应用于所述无人机集群搜索待搜索区域内的任务目标,所述待搜索区域分布有所述任务目标与伪目标,所述无人机集群的N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除所述第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;所述方法包括:

[0028] 多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置;

[0029] 确定所述无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为所述任务目标的位置;

[0030] 其中,多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置,包括:

[0031] 在第K次迭代时,任一当前无人机获取对应的搜索信息,所述搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

[0032] 根据所述搜索信息,确定所述当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价值,所述个体搜索评价值表征所述当前无人机与所述任务目标或所述伪目标的接近程度;

[0033] 根据所述当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定所述当前无人机对应的在K次迭代过程中的个体最佳位置,所述个体最佳位置为在K次迭代过程中最靠近所述任务目标或所述伪目标的位置;

[0034] 所述当前无人机向所述N架无人机中的其他无人机发送对应的个体最佳位置以及与所述个体最佳位置对应的个体搜索评价值;

[0035] 确定所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;所述群体最佳位置是根据所述N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

[0036] 所述第一类搜索无人机中任一第一当前无人机根据所述第一当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定所述第一当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置;

[0037] 所述第二类搜索无人机中任一第二当前无人机根据所述第二当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定所述第二当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置。

[0038] 根据本发明的第四方面,提供了一种基于无人机集群的目标搜索装置,应用于所述无人机集群搜索待搜索区域内的任务目标,所述待搜索区域分布有所述任务目标与伪目标,所述无人机集群的N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除所述第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;所述装置包括:

[0039] 第二迭代更新模块,用于多次迭代更新所述无人机集群的群体最佳位置;

[0040] 第二目标位置确定模块,用于确定所述无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为所述任务目标的位置;

[0041] 其中,所述第二迭代更新模块包括:

[0042] 第二信息获取子模块,用于在第K次迭代时,任一当前无人机获取对应的搜索信

息,所述搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

[0043] 第二个体搜索评价子模块,用于根据所述搜索信息,确定所述当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价子值,所述个体搜索评价子值表征所述当前无人机与所述任务目标或所述伪目标的接近程度;

[0044] 第二个体最佳位置确定子模块,用于根据所述当前无人机在K次迭代过程中的K个个体的搜索评价子值,确定所述当前无人机对应的在K次迭代过程中的个体最佳位置,所述个体最佳位置为在K次迭代过程中最靠近所述任务目标或所述伪目标的位置;

[0045] 第二信息发送子模块,用于所述当前无人机向所述N架无人机中的其他无人机发送对应的个体最佳位置以及与所述个体最佳位置对应的个体搜索评价子值;

[0046] 第二群体最佳位置确定模块,用于确定所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;所述群体最佳位置是根据所述N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

[0047] 第二速度位置确定子模块,用于所述第一类搜索无人机中任一第一当前无人机根据所述第一当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定所述第一当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置;或者,所述第二速度位置确定子模块用于所述第二类搜索无人机中任一第二当前无人机根据所述第二当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及所述无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定所述第二当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置。

[0048] 根据本发明的第五方面,提供了一种电子设备,包括处理器与存储器,

[0049] 所述存储器,用于存储代码和相关数据;

[0050] 所述处理器,用于执行所述存储器中的代码用以实现本发明第一方面及其可选方案、第三方面及其可选方案涉及的方法。

[0051] 根据本发明的第六方面,提供了一种可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现本发明第一方面及其可选方案、第三方面及其可选方案涉及的方法。

[0052] 本发明提供的基于无人机集群的目标搜索方法,由于将无人机集群中的N架无人机分为第一类搜索无人机与第二类搜索无人机,其中的第一类搜索无人机更新的速度与位置是根据第一类搜索无人机自身在迭代时的速度、位置、以及迭代过程中的个体最佳位置确定的,第一类搜索无人机更新的速度与位置与无人机集群的群体最佳位置无关,故而,第一类搜索无人机的速度与位置不会受到该群体最佳位置的影响,可认为第一类搜索无人机不受无人机集群全局搜索结果的影响进行独立探索。

[0053] 进一步的,由于无人机集群的群体最佳位置是由第一类搜索无人机的搜索结果与第二类搜索无人机的搜索结果共同确定的,故而,当第一类搜索无人机在当前迭代过程的搜索结果优于第二类搜索无人机在当前迭代过程的搜索结果以及已确定的群体最佳位置时,可根据第一类搜索无人机在当前迭代过程的搜索结果确定无人机集群新的群体最佳位置。由于第一类搜索无人机的速度与位置不会受到群体最佳位置的影响,并且第一类搜索无人机搜索的结果可以影响或改变群体最佳位置,故而,当群体最佳位置陷入与伪目标相关的局部最优解时,通过第一类搜索无人机本身的自由探索可以搜索到优于该局部最优解

的结果,进而使得无人机集群获得与任务目标的位置相关的全局最优解。

## 附图说明

[0054] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0055] 图1是本发明一实施例中任务目标与伪目标在待搜索区域的分布图;

[0056] 图2是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索方法的流程图一;

[0057] 图3是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索方法的流程图二;

[0058] 图4本发明一实施例中确定个体最佳位置的流程图;

[0059] 图5是本发明一实施例中获取群体最佳位置的流程图;

[0060] 图6是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索方法的流程图三;

[0061] 图7是本发明一实施例中模拟场景的初始场景示意图;

[0062] 图8是图7所示场景迭代30次的场景示意图;

[0063] 图9是图7所示场景迭代结束后的场景示意图;

[0064] 图10是一种模拟场景下使用本发明方法确定的群体最佳评价价值随着迭代次数的收敛曲线;

[0065] 图11是一种模拟场景下使用本发明方法与传统粒子群算法对应的目标搜索成功率随自学习因子的变化曲线;

[0066] 图12是一种模拟场景下使用本发明方法与传统粒子群算法对应的群体最佳评价价值随自学习因子的变化曲线;

[0067] 图13是一种模拟场景下使用本发明方法与传统粒子群算法对应的目标搜索成功率随边界宽度的变化曲线;

[0068] 图14是一种模拟场景下使用本发明方法与传统粒子群算法对应的目标搜索成功率随能量阈值的变化曲线;

[0069] 图15是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索装置的模块示意图一;

[0070] 图16是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索装置的模块示意图二;

[0071] 图17是本发明一实施例中第一个体最佳位置确定子模块的模块示意图;

[0072] 图18是本发明一实施例中群体最佳位置获取子模块的模块示意图;

[0073] 图19是本发明一实施例中第一迭代更新模块的模块示意图;

[0074] 图20是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索方法的流程图四;

[0075] 图21是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索方法的流程图五;

[0076] 图22是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索装置的模块示意图三;

[0077] 图23是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索装置的模块示意图四;

[0078] 图24是本发明一实施例中电子设备的模块示意图。

[0079] 附图标记说明:

[0080] 101-任务目标;

[0081] 102-伪目标;

- [0082] 201-第一迭代更新模块；
- [0083] 2011-第一信息获取子模块；
- [0084] 2012-第一个体搜索评价价值确定子模块；
- [0085] 2013-第一个体最佳位置确定子模块；
- [0086] 20131-个体最佳评价价值确定单元；
- [0087] 20132-个体最佳位置确定单元；
- [0088] 2014-第一信息发送子模块；
- [0089] 2015-群体最佳位置获取子模块；
- [0090] 20151-个体最佳评价价值获取单元；
- [0091] 20152-群体最佳评价价值确定单元；
- [0092] 20153-群体最佳位置确定单元；
- [0093] 2016-第一速度位置确定子模块；
- [0094] 2017-能耗确定子模块；
- [0095] 2018-第三类搜索无人机确定子模块；
- [0096] 2019-重置子模块；
- [0097] 202-第一目标位置确定模块；
- [0098] 301-第二迭代更新模块；
- [0099] 3011-第二信息获取子模块；
- [0100] 3012-第二个体搜索评价价值确定子模块；
- [0101] 3013-第二个体最佳位置确定子模块；
- [0102] 3014-第二信息发送子模块；
- [0103] 3015-群体最佳位置确定子模块；
- [0104] 3016-第二速度位置确定子模块；
- [0105] 302-第二目标位置确定模块；
- [0106] 401-处理器；
- [0107] 402-总线；
- [0108] 403-存储器。

## 具体实施方式

[0109] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0110] 本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”、“第三”“第四”等(如果存在)是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过

程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0111] 下面以具体地实施例对本发明的技术方案进行详细说明。下面这几个具体的实施例可以相互结合,对于相同或相似的概念或过程可能在某些实施例不再赘述。

[0112] 图1是本发明一实施例中任务目标与伪目标在待搜索区域的分布图。

[0113] 请参考图1,无人机集群在待搜索区域上空执行对任务目标101的搜索任务,待搜索区域除存在任务目标101之外,还分布有多个伪目标102,其中,伪目标102的存在会干扰无人机集群对任务目标101的搜索。一种举例中,伪目标102可以发出与任务目标101相同或相似的无线信号,当无人机集群通过探测无线信号进而确定任务目标101时,伪目标102的无线信号会干扰无人机集群的决策或判断;另一种举例中,伪目标102与任务目标101具有相似的特征结构,当无人机集群通过获取图像数据进而确定任务目标101时,伪目标102同样会干扰无人机集群的决策或判断。

[0114] 本发明实施例中搜索任务目标的方法是基于粒子群算法。本发明实施例中的无人机集群中的任一架无人机相当于粒子群算法中的一个粒子,无人机集群中的每一架无人机的位置都可能代表任务目标的位置。在无人机集群侦查任务中,面临伪目标的诱骗信息过于接近任务目标的情况下,为了避免陷入伪目标导致的局部最优状态,无人机集群需要在全局搜索和局部搜索之间做出不同的侧重。

[0115] 图2是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索方法的流程图一;图3是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索方法的流程图二。

[0116] 请参考图2与图3,一种基于无人机集群的目标搜索方法,应用于无人机集群的N架无人机中的任一当前无人机搜索待搜索区域内的任务目标,待搜索区域分布有任务目标与伪目标,N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;该方法包括:

[0117] S10:多次迭代更新无人机集群的群体最佳位置;

[0118] S20:确定无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为任务目标的位置;

[0119] 其中,多次迭代更新无人机集群的群体最佳位置,即步骤S10,包括:

[0120] S101:在第K次迭代时,获取搜索信息,搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

[0121] S102:根据搜索信息,确定当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价值,个体搜索评价值表征当前无人机与任务目标或伪目标的接近程度;

[0122] S103:根据当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置,个体最佳位置为当前无人机在K次迭代过程中最靠近任务目标或伪目标的位置;

[0123] S104:向N架无人机中的其他无人机发送个体最佳位置以及与个体最佳位置对应的个体搜索评价值;

[0124] S105:获取无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;群体最佳位置是根据N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

[0125] S106:若当前无人机为第一类搜索无人机,则根据当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定当前无人机在下一次迭代时的速度与在下次迭代时的位置;若当前无人机为第二类搜索无人机,则根据当前无

人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定当前无人机在下一次迭代时的速度与在下次迭代时的位置。

[0126] 本发明提供的基于无人机集群的目标搜索方法,由于将无人机集群中的N架无人机分为第一类搜索无人机与第二类搜索无人机,其中的第一类搜索无人机更新的速度与位置是根据第一类搜索无人机自身在迭代时的速度、位置、以及迭代过程中的个体最佳位置确定的,第一类搜索无人机更新的速度与位置与无人机集群的群体最佳位置无关,故而,第一类搜索无人机的速度与位置不会受到该群体最佳位置的影响,可认为第一类搜索无人机不受无人机集群全局搜索结果的影响进行独立探索。

[0127] 进一步的,由于无人机集群的群体最佳位置是由第一类搜索无人机的搜索结果与第二类搜索无人机的搜索结果共同确定的,故而,当第一类搜索无人机在当前迭代过程的搜索结果优于第二类搜索无人机在当前迭代过程的搜索结果以及已确定的群体最佳位置时,可根据第一类搜索无人机在当前迭代过程的搜索结果确定无人机集群新的群体最佳位置。由于第一类搜索无人机的速度与位置不会受到群体最佳位置的影响,并且第一类搜索无人机搜索的结果可以影响或改变群体最佳位置,故而,当群体最佳位置陷入与伪目标相关的局部最优解时,通过第一类搜索无人机本身的自由探索可以搜索到优于该局部最优解的结果,进而使得无人机集群获得与任务目标的位置相关的全局最优解。

[0128] 请参考图3,本发明一实施例中,确定无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为任务目标的位置之前,即步骤S20之前,还包括:

[0129] S21:确定无人机集群是否终止迭代。

[0130] 若是,则执行步骤S20,若否,则进入下一次迭代,例如,当前是第K次迭代,若无人机集群不终止迭代,则进入第K+1次迭代。

[0131] 本发明一实施例中,多次迭代更新无人机集群的群体最佳位置可以理解为,在达到迭代终止条件之前,当前无人机以及无人机集群中的其余无人机基于粒子群算法的思想迭代更新无人机集群的群体最佳位置。

[0132] 本发明一实施例中,在第K次迭代时,获取搜索信息,可以理解为在任意第K次迭代时,获取搜索信息,进一步可以理解为在无人机集群的任意迭代过程中,当前无人机获取自身的搜索信息,第K次迭代时对应的搜索信息可以是当前无人机在第K次迭代时对应的位置探测或接收的信息。一种举例中,搜索信息可以是无线信号,该无线信号例如包括任务目标发出的无线信号或者伪目标发出的无线信号。另一种举例中,搜索信息可以是当前无人机探测的图像数据,当前的图像数据例如可以是当前无人机的机载相机拍摄的可能包含任务目标或伪目标的图像;当前的图像数据例如还可以是当前的无人机的机载扫描设备扫描的可能包含任务目标或伪目标的图像,例如是雷达图像等。

[0133] 本发明一实施例中,个体搜索评价值可以理解为粒子群算法中的个体适应度值,本发明一实施例中,个体搜索评价值表征当前无人机与任务目标或伪目标的接近程度。一种举例中,当搜索信息为无线信号,个体搜索评价值与当前无人机接收的无线信号的强度相关,当无线信号的强度越强,则说明当前无人机越接近信号源(任务目标或伪目标),个体搜索评价值可以用无线信号的强度本身表示。另一种举例中,当搜索信息为无线信号,个体搜索评价值与当前无人机接收的无线信号的业务量(或信号吞吐量)相关,当无线信号的业

务量越大,则说明当前无人机越接近信号源(任务目标或伪目标),个体搜索评价值可以用无线信号的业务量本身表示。其他举例中,当搜索信息为图像数据,个体搜索评价值与基于图像数据计算出的其中的特征目标(任务目标或伪目标)与当前无人机的距离相关,个体搜索评价值可以用距离本身表示。

[0134] 本发明一实施例中,当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,可以理解为,每次迭代过程中,当前无人机均会确定一个个体搜索评价值,故而,在K次迭代过程中,当前无人机会对应存在K个个体搜索评价值。

[0135] 本发明一实施例中,无人机集群终止迭代可以理解为无人机集群或当前无人机的迭代次数达到预设的次数,也可以理解为群体最佳位置不再更新,群体最佳位置处于收敛状态。

[0136] 图4是本发明一实施例中确定个体最佳位置的流程图。

[0137] 请参考图4,根据当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置,即步骤S103,包括:

[0138] S1031:确定当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳评价值,个体最佳评价值对应的当前无人机的位置为K个个体搜索评价值的K个当前无人机的位置中最靠近任务目标或伪目标的;

[0139] S1032:确定与当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳评价值的位置为当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置。

[0140] 图5是本发明一实施例中获取群体最佳位置的流程图。

[0141] 请参考图5,获取无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,即步骤S105,包括:

[0142] S1051:获取N架无人机中除当前无人机之外的N-1架无人机在K次迭代过程中的N-1个个体最佳评价值以及与N-1个个体最佳评价值的无人机位置;

[0143] S1052:确定无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳评价值,群体最佳评价值对应的无人机的位置为N个个体最佳评价值对应的N个无人机位置中最靠近任务目标或伪目标的;N个个体最佳评价值包括:N-1个个体最佳评价值与当前无人机的个体最佳评价值;

[0144] S1053:确定与无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳评价值对应的无人机位置为无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置。

[0145] 本发明一实施例中,无人机集群中的N架无人机在执行搜索任务时,根据粒子群算法原理,其中的每架无人机在搜索时都会向其余无人机广播其自身的信息。故而,在每次迭代过程中,当前无人机可获取其余N-1架无人机的发送的个体最佳评价值以及与该个体最佳评价值对应的无人机位置。进而,当前无人机根据N个个体最佳评价值确定群体最佳评价值。

[0146] 其他实施方式中,获取无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,即步骤S105,包括:当前无人机接收其他N-1架无人机中任一架无人机发送的确定的群体最佳位置。

[0147] 一种实施方式中,若当前无人机为第一类搜索无人机,则当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置,是根据如下公式确定的:

$$[0148] \quad \begin{cases} v_n(K+1) = v_n(K) \sigma_{weight} + \sigma_{self} \cdot rand_1 \cdot (x_{\max} - x_n(K)) + a \\ x_n(K+1) = x_n(K) + v_n(K) \end{cases};$$

[0149] 其中,

[0150]  $v_n(K)$  表示当前无人机在第K次迭代时的速度;

[0151]  $v_n(K+1)$  表示当前无人机在下一次迭代时的速度;

[0152]  $\sigma_{weight}$  表示预设的惯性权重;

[0153]  $\sigma_{self}$  表示预设的自学习因子;

[0154]  $rand_1$  表示随机生成的参数;

[0155]  $x_{\max}$  表示当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置;

[0156]  $x_n(K)$  表示当前无人机在第K次迭代时的位置;

[0157]  $x_n(K+1)$  表示当前无人机在下一次迭代时的位置;

[0158]  $a$  表示随机生成的速度增量。

[0159] 可选的,速度增量是根据如下公式随机确定的:

$$[0160] \quad a = v_{\min} + rand_2 \cdot (v_{\max} - v_{\min}) \cdot \sigma_{active};$$

[0161] 其中,

[0162]  $v_{\min}$  表示预设的当前无人机的最小速度;

[0163]  $v_{\max}$  表示预设的当前无人机的最大速度;

[0164]  $rand_2$  表示随机生成的参数;

[0165]  $\sigma_{active}$  表示预设的自由探索因子。

[0166] 一种实施方式中,若当前无人机为第二类搜索无人机,则当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置,是根据如下公式确定的:

$$[0167] \quad \begin{cases} v_n(K+1) = v_n(K) \sigma_{weight} + \sigma_{self} \cdot rand_3 \cdot (x_{\max} - x_n(K)) + \sigma_{crowd} \cdot rand_3 \cdot (y_{\max} - x_n(K)) \\ x_n(K+1) = x_n(K) + v_n(K) \end{cases};$$

[0168] 其中,

[0169]  $v_n(K)$  表示当前无人机在第K次迭代时的速度;

[0170]  $v_n(K+1)$  表示当前无人机在下一次迭代时的速度;

[0171]  $\sigma_{weight}$  表示预设的惯性权重;

[0172]  $\sigma_{self}$  表示预设的自学习因子;

[0173]  $rand_3$  表示随机生成的参数;

[0174]  $x_{\max}$  表示当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置;

[0175]  $x_n(K)$  表示当前无人机在第K次迭代时的位置;

[0176]  $x_n(K+1)$  表示当前无人机在下一次迭代时的位置;

[0177]  $\sigma_{crowd}$  表示预设的群体学习因子;

[0178]  $y_{\max}$  表示无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置。

[0179] 图6是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索方法的流程图二。

[0180] 请参考图6,一种实施方式中,在确定当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置之后,即步骤S106之后,还包括:

[0181] S107:根据当前无人机在连续L次迭代过程中每次迭代时的速度以及预设的当前



无人机在预设的搜索平面移动单位距离的能耗,确定当前无人机在连续L次迭代过程中在预设的搜索平面移动的总能耗;

[0182] S108:若总能耗低于预设的能耗阈值,则确定当前无人机为第三类搜索无人机;

[0183] S1109:重置当前无人机的位置、速度以及对应的个体搜索评价值,被重置后的当前无人机作为第一类搜索无人机或第二类搜索无人机执行对任务目标的搜索。

[0184] 本发明一实施例中,当前无人机在预设的搜索平面可以理解为当前无人机迭代时的速度矢量所在的平面,例如,当前无人机以预定的飞行高度进行搜索时,预设的搜索平面是指预定的飞行高度下的水平面。

[0185] 一种实施方式中,当前无人机在连续L次迭代过程中在预设的搜索平面移动的总能耗是根据如下公式确定的:

$$[0186] \quad E_{\text{total}} = \sum_{L_0=1}^L e_{\text{loss}} \cdot |v_n(L_0)|;$$

[0187] 其中,

[0188]  $E_{\text{total}}$ 表示当前无人机在连续L次迭代过程中在预设的搜索平面移动的总能耗;

[0189]  $e_{\text{loss}}$ 表示当前无人机在预设的搜索平面移动单位距离的能耗;

[0190]  $v_n(L_0)$ 表示当前无人机在第 $L_0$ 次迭代时的速度,  $1 \leq L_0 \leq L$ 。

[0191] 本发明一实施例中,总能耗低于预设的能耗阈值可以理解为当前无人机在连续L次迭代过程中在搜索平面几乎没有相应的位移,没有相应的位移可以理解为当前无人机基本处于悬停状态,进一步可以认为当前无人机不再进行有效的搜索(即,第三类无人机)。预设的能耗阈值可以理解为在连续L次迭代过程中当前无人机处于接近悬停状态在搜索平面的少量位移对应的能耗值。

[0192] 本发明一实施例中,重置当前无人机的位置可以理解为在待搜索区域对应的空域内为当前无人机设置一新的搜索位置或搜索起点。

[0193] 本发明一实施例中,重置当前无人机的速度可以理解为对当前无人机设置一新的搜索速度。

[0194] 本发明一实施例中,重置当前无人机的个体搜索评价值可以理解为删除当前无人机的之前迭代过程中得到的个体搜索评价值,并且赋予新的个体搜索评价值,例如,重置的新的个体搜索评价值为零,或其它数值。

[0195] 以上方案中,通过确定在迭代过程中不再进行有效搜索的无人机,并且重置该无人机的状态,将该无人机作为新的无人机重新投入对任务目标的搜索,避免了无人机资源的浪费,提高了无人机的利用率以及对任务目标搜索的成功率。

[0196] 一种实施方式中,在任一迭代过程中,当前无人机在搜索过程中均受预设的约束条件的约束;

[0197] 约束条件包括:速度约束条件、边界约束条件、能量约束条件以及最大迭代次数;

[0198] 速度约束条件包括预设的当前无人机的最大速度与最小速度;

[0199] 边界约束条件为当前无人机的位置不超出待搜索区域;

[0200] 能量约束条件为当前无人机消耗的总能量不超过预设的最大消耗能量。

[0201] 本发明一实施例中,当前无人机的位置不超出待搜索区域可以理解为,当前无人

机的位置不超出待搜索区域限定的或对应的空域。一种举例中,当前无人机以预定的高度飞行,当前无人机的边界可以是待搜索区域上方预定高度的二维平面。

[0202] 下面以一具体实施方案进一步阐述本发明的基于无人机集群的目标搜索方法:

[0203] 本实施例中,系统场景设置为待搜索区域包括若干个热点搜索区域(任务目标所在区域和多个伪目标所在的区域)和多架无人机,优化目标设置为最大化单位能量消耗下的任务目标搜索成功率。

[0204] 定义目标搜索区域为 $I \in \mathbb{R}^2$ ,区域中的任意一点 $i \in I$ 的重要度(也可以理解为粒子群算法中的适应度)为 $f(i)$ ,假设区域中存在任务目标和伪目标,当前无人机根据任务目标发出的信息(无线信号等)进行探测,当前离任务目标越近,信息度越高,但同时,伪目标也会发出类似的信息,对当前无人机产生干扰。控制中心向目标搜索区域派出 $N$ 架无人机,集合表示为 $N = \{1, 2, \dots, N\}$ 。现忽略无人机初始位置部署的功率消耗,并假设每架无人机的飞行高度相同,无人机间可通过无线电信号进行实时交互。将总搜索时长分划分 $T$ 个时隙(即迭代 $T$ 次),并定义当前无人机 $n \in N$ 在第 $t$  ( $1 \leq t \leq T$ ) 个时隙的位置和速度分别 $x_n(t) \in \mathbb{R}^2$ 和 $v_n(t) \in \mathbb{R}^2$ ,显然有 $x_n(t+1) = x_n(t) + v_n(t)$ 。设置每架无人机速度的上限和下限分别为 $v_{\max}$ 和 $v_{\min}$ ,每架无人机用于目标搜索的飞行功率上限为 $E_{th}$ ,当前无人机 $n \in N$ 在第 $t$ 个时隙时所处的位置上搜索到的个体搜索评价值(对应粒子群算法中的个体适应度)为 $f(x_n(t))$ ,则每架无人机的目标为在目标搜索区域内通过搜索找到正确的任务目标,即使得其当前搜索位置的个体搜索评价值最大,公式表达如下:

$$[0205] \quad x_n(t) = \arg \max_{n \in N, 1 \leq t \leq T} f(x_n(t)) \quad (1)$$

[0206] 本方案考虑无人机的飞行功率损耗,设置 $e_{loss}$ 为无人机单位飞行距离损耗的功率,则当前无人机的搜索能量消耗为:

$$[0207] \quad E_n = \sum_{t=1}^T e_{loss} \cdot |v_n(t)| \quad (2)$$

[0208] 因此,结合公式(1),本方案所提的问题模型及目标构建如下:

$$[0209] \quad x_n(t) = \arg \max_{n \in N, 1 \leq t \leq T} f(x_n(t)) ;$$

$$[0210] \quad E_n \leq E_{th}$$

$$[0211] \quad x_n(t) \in I$$

$$[0212] \quad v_{\min} \leq |v_n(t)| \leq v_{\max}$$

$$[0213] \quad 1 \leq t \leq T; \quad (3)$$

[0214] 本方案具体流程如下:

[0215] 1:初始化

[0216] 初始化任务场景,设置任务目标位置,初始化参数,设置迭代次数 $T$ 。设置自学习因子 $\sigma_{self}$ ,群体学习因子 $\sigma_{crowd}$ 以及惯性权重 $\sigma_{weight}$ 。

[0217] 初始化种群(无人机集群),同时确定第一类搜索无人机和自由探索因子 $\sigma_{active}$ ,并对所有无人机并编号。设置历史能量消耗阈值 $E_{th}$ ,并在算法中设置每架无人机的历史能量损耗为过去10次迭代中的功率消耗总和)

[0218] 2:群体更新过程:

[0219]  $t=1$ ;

[0220] While  $t \leq T$

[0221] 更新个体历史最佳适应度(即个体最佳评价价值)  $f_{x_n}^*$  和个体历史最佳位置(即个体最佳位置)  $x_n^*$ ; 更新群体历史最佳适应度(即群体最佳评价价值)  $f_{y_m}$  和群体历史最佳位置(即群体最佳位置)  $y_m$ ;

[0222] 若当前无人机为第一类无人机,则速度更新如下:

[0223]  $v(t+1) = v(t) \cdot \sigma_{\text{weight}} + \sigma_{\text{self}} \cdot \text{rand} \cdot (x_m - x(t)) + v_{\min} + \text{rand} \cdot (v_{\max} - v_{\min}) \cdot \sigma_{\text{active}}$ ;

[0224] 若当前无人机为第二类无人机,则速度更新如下:

[0225]  $v(t+1) = v(t) \cdot \sigma_{\text{weight}} + \sigma_{\text{self}} \cdot \text{rand} \cdot (x_m - x(t)) + \sigma_{\text{crowd}} \cdot \text{rand} \cdot (y_m - x(t))$ ;

[0226] 判定  $v(t+1)$  是否符合速度限制;位置更新  $x_n(t+1) = x_n(t) + v_n(t)$ , 并判定  $x_n(t+1)$  是否还在目标搜索区域中。

[0227] 计算当前无人机过去连续10次的历史能量消耗,并判断是否小于预设的总能耗,如果小于,则认为当前无人机为第三类无人机,当前无人机不再进行有效的搜索;重置当前无人机的个体适应度(即个体搜索评价价值):  $f_{x_n}^* = 0$ , 并随机重置  $x_n(t+1)$ 。

[0228]  $t=t+1$ ;

[0229] End

[0230] 3:输出群体最佳位置作为任务目标的位置。

[0231] 以上方案中的算法在传统引入惯性权重、自学习因子、群体学习因子的基础上,设置了第一类搜索无人机(可以认为是自由探索无人机),并设置探索因子,对第一类搜索无人机的轨迹进行优化,结合传统其他无人机(即第二类搜索无人机)的信息,以提高无人机集群应用粒子群算法的收敛速度,能够更好地防止因伪目标的“欺骗”而陷入局部最优。

[0232] 进一步的,以上方案中的算法考虑到在算法收敛后期可能出现进行无效搜索的无人机(即第三类无人机),从而导致部分无人机功率利用度不高和无效的探索等情况,通过重置这些无人机的个体适应度、群体适应度以及位置,激活其探索能力,提升算法收敛的性能。

[0233] 图7是本发明一实施例中模拟场景的初始场景示意图。

[0234] 图7所示为一个  $6000\text{m} \times 6000\text{m}$  的任务场景示意图,任务区域中每个点的重要度设为  $f(i)$ ,  $i \in I$ , 并做归一化处理,即  $\sum_{i \in I} f(i) = 1$ , 30架无人机在任务区域中展开初始部署,部署位置越靠近目标(任务目标或伪目标)的中心点,则重要度(个体搜索评价价值)越高,为优化计算,总任务区域的重要度做了归一化(图中的颜色条的变化表征重要度的变化)。设置15架无人机为第一类搜索无人机,初始参数设置为  $v_{\max} = 100\text{m/s}$ ,  $v_{\min} = -100\text{m/s}$ ,  $\sigma_{\text{self}} = 3$ ,  $\sigma_{\text{crowd}} = 3$ ;  $\sigma_{\text{weight}} = 0.8$ ,  $e_{\text{loss}} = 1$  个单位/100m,  $E_{\text{th}} = 120$  个单位。为防止偶然性,每次仿真随机生成伪目标和任务目标中心点位置,并在每次改变参数后,各执行1000次并进行结果分析。

[0235] 仿真结果分析:

[0236] 图7是一个模拟场景示意图以及30架无人机在任务区域中的初始部署图。图7中任务区域由等高线划分信号强度,无人机集群散布在任务区域中等待航迹规划,星号点“\*”表示第一类搜索无人机,实心圆点“•”表示第二类搜索无人机,三角形“ $\Delta$ ”位置处为任务目

标所在位置,其余局部区域的信号最强位置处布置有伪目标。

[0237] 图8是图7所示场景迭代30次的场景示意图。

[0238] 图8具体是30架无人机在使用本发明的方法30次迭代后在任务区域中的部署图。箭头方向表示每架无人机当前的飞行方向,可以看到,第二类搜索无人机在惯性因子和自学习因子的牵制下虽然在四处探索,但受群体学习因子的影响,逐渐开始向任务目标靠拢;而第一类搜索无人机第二类搜索无人机则受自学习因子和活跃因子的影响,更偏向于探索附近的伪目标,从而对伪目标进行有效排查。

[0239] 图9是图7所示场景迭代结束后的场景示意图。

[0240] 图9具体是30架无人机在迭代结束后在任务区域中的部署图。可以看到,第二类搜索无人机在惯性因子和自学习因子的牵制下虽然在四处探索,但受群体学习因子的影响,逐渐开始向任务目标靠拢;而第一类搜索无人机第一类搜索无人机则受自学习因子和活跃因子的影响,更偏向于探索附近的伪目标,从而对伪目标进行有效排查。

[0241] 图10是一种模拟场景下使用本发明方法确定的群体最佳评价价值随着迭代次数的收敛曲线。

[0242] 图10具体是所述算法下群体最佳评价价值随迭代次数的收敛曲线,图10中横坐标表示迭代次数,纵坐标表示群体最佳评价价值(对应粒子群算法中是指群体最佳适应度)。群体最佳评价价值表示无人机集群对任务目标的探索程度,由图10中可以看出,随着迭代次数的增加,无人机集群在本发明提供的方法下逐渐探索到了最优的目标位置,即任务目标。

[0243] 图11是一种模拟场景下使用本发明方法与传统粒子群算法对应的目标搜索成功率随自学习因子的变化曲线。

[0244] 图11具体是无人机集群在本发明提供的方法下目标搜索成功率随自学习因子的变化曲线(1000次运算)。图11中菱形“◇”曲线是无人机集群采用传统的粒子群算法对应的曲线;三角形“△”曲线是无人机集群采用本发明提供的方法(不包括确定第三类无人机的方案)对应的曲线;正方形“□”曲线是无人机集群采用本发明提供的方法(包括确定第三类无人机的方案)对应的曲线。

[0245] 由图11可知,不论自学习因子在一定范围内如何变化,本发明提供的方法和传统粒子群优化算法相比,目标搜索成功率上要明显更高,整条曲线的平均性能要高出34.1%,这表明第一类搜索无人机的引入使得无人机对于全局目标存在一定程度的探索性能,在伪目标重要度(局部极值)贴近任务目标(最优值)的情况下,很好地实现了目标的高效探索,避免陷入“局部陷阱”;而相较于本发明提供的不包括确定第三类无人机的方案的方法,本发明提供的包括确定第三类无人机的方案的方法性能略高,平均性能要高出2.68%,这是因为第三类无人机的确定与重置恰好利用了无人机已有的功率资源,在能量阈值判定机制下,及时抛弃自身不再有效的“徘徊”,重置参数,投入新的探索中,从而一定程度上保证了任务目标搜索的成功率。

[0246] 图12是一种模拟场景下使用本发明方法与传统粒子群算法对应的群体最佳评价价值随自学习因子的变化曲线。

[0247] 图12具体是无人机集群在本发明提供的方法下目标效用(群体最佳评价价值)随自学习因子的变化曲线(1000次运算)。由图12可知,不论自学习因子在一定范围内如何变化,本发明提供的方法和传统粒子群优化算法相比,目标效用上要明显更高,整条曲线的平均

性能要高出3.19%；而相较于本发明提供的不包括确定第三类无人机的方案的方法，本发明提供的包括确定第三类无人机的方案的方法性能略高，平均性能要高出0.29%。

[0248] 图13是一种模拟场景下使用本发明方法与传统粒子群算法对应的目标搜索成功率随边界宽度的变化曲线。

[0249] 图13具体是无人机集群在本发明提供的方法下目标搜索成功率随边界宽度的变化曲线(1000次运算)。由图13可知，随着边界宽度的提高，本发明提供的方法的性能逐渐与传统粒子群优化算法拉大，这是因为场景规模增大导致算法收敛更为困难，而本发明提供的引入第一类搜索无人机的方法和传统粒子群优化算法相比，目标搜索成功率上要明显更高，整条曲线的平均性能要高出32.1%；而相较于本发明提供的不包括确定第三类无人机的方案的方法，本发明提供的包括确定第三类无人机的方案的方法性能略高，平均性能要高出1.4%。

[0250] 图14是一种模拟场景下使用本发明方法与传统粒子群算法对应的目标搜索成功率随能量阈值的变化曲线。

[0251] 图14具体是无人机集群在本发明提供的方法下目标搜索成功率随能量阈值的变化曲线(1000次运算)。由图14可知，本发明提供的方法和传统粒子群优化算法相比，目标搜索成功率上要明显更高，整条曲线的平均性能要高出35.0%；而相较于本发明提供的不包括确定第三类无人机的方案的方法，本发明提供的包括确定第三类无人机的方案的方法性能略高，平均性能要高出3.19%。

[0252] 图15是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索装置的模块示意图一；图16是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索装置的模块示意图二。

[0253] 请参考图15与图16，提供了一种基于无人机集群的目标搜索装置，应用于无人机集群的N架无人机中的任一当前无人机搜索待搜索区域内的任务目标，待搜索区域分布有任务目标与伪目标，N架无人机包括：M个第一类搜索无人机以及除第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机；其中， $N \geq 2$ ， $M \leq N$ ；装置包括：

[0254] 第一迭代更新模块201，用于多次迭代更新无人机集群的群体最佳位置；

[0255] 第一目标位置确定模块202，用于确定无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为任务目标的位置；

[0256] 其中，第一迭代更新模块201包括：

[0257] 第一信息获取子模块2011，用于在第K次迭代时，获取搜索信息，搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息；

[0258] 第一个体搜索评价确定子模块2012，用于根据搜索信息，确定当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价价值，个体搜索评价价值表征当前无人机与任务目标或伪目标的接近程度；

[0259] 第一个体最佳位置确定子模块2013，用于根据当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价价值，确定当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置，个体最佳位置为当前无人机在K次迭代过程中最靠近任务目标或伪目标的位置；

[0260] 第一信息发送子模块2014，用于向N架无人机中的其他无人机发送个体最佳位置以及与个体最佳位置对应的个体搜索评价价值；

[0261] 群体最佳位置获取子模块2015，用于获取无人机集群在K次迭代过程中的群体最

佳位置；群体最佳位置是根据N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的；

[0262] 第一速度位置确定子模块2016,用于若当前无人机为第一类搜索无人机,则根据当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置;或者,第一速度位置确定子模块2016用于若当前无人机为第二类搜索无人机,则根据当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置。

[0263] 图17是本发明一实施例中第一个体最佳位置确定子模块的模块示意图。

[0264] 可选的,请参考图17,第一个体最佳位置确定子模块2013,包括:

[0265] 个体最佳评价价值确定单元20131,用于确定当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳评价价值,个体最佳评价价值的当前无人机的位置为K个个体搜索评价价值的K个当前无人机的位置中最靠近任务目标或伪目标的;

[0266] 个体最佳位置确定单元20132,用于确定与当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳评价价值的位置为当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置。

[0267] 图18是本发明一实施例中群体最佳位置获取子模块的模块示意图。

[0268] 可选的,请参考图18,群体最佳位置获取子模块2015,包括:

[0269] 个体最佳评价价值获取单元20151,用于获取N架无人机中除当前无人机之外的N-1架无人机在K次迭代过程中的N-1个个体最佳评价价值以及与N-1个个体最佳评价价值的无人机位置;

[0270] 群体最佳评价价值确定单元20152,用于确定无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳评价价值,群体最佳评价价值对应的无人机的位置为N个体最佳评价价值对应的N个无人机位置中最靠近任务目标或伪目标的;N个体最佳评价价值包括:N-1个个体最佳评价价值与当前无人机的个体最佳评价价值;

[0271] 群体最佳位置确定单元20153,用于确定与无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳评价价值对应的无人机位置为无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置。

[0272] 可选的,若当前无人机为第一类搜索无人机,则当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置,是根据如下公式确定的:

$$[0273] \quad \begin{cases} v_n(K+1)=v_n(K)\sigma_{weight}+\sigma_{self}\cdot rand_1\cdot(x_{max}-x_n(K))+a \\ x_n(K+1)=x_n(K)+v_n(K) \end{cases};$$

[0274] 其中,

[0275]  $v_n(K)$  表示当前无人机在第K次迭代时的速度;

[0276]  $v_n(K+1)$  表示当前无人机在下次迭代时的速度;

[0277]  $\sigma_{weight}$  表示预设的惯性权重;

[0278]  $\sigma_{self}$  表示预设的自学习因子;

[0279]  $rand_1$  表示随机生成的参数;

[0280]  $x_{max}$  表示当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置;

[0281]  $x_n(K)$  表示当前无人机在第K次迭代时的位置;

[0282]  $x_n(K+1)$  表示当前无人机在下次迭代时的位置;

- [0283] a表示随机生成的速度增量。
- [0284] 可选的,速度增量是根据如下公式随机确定的:
- [0285]  $a = v_{\min} + \text{rand}_2 \cdot (v_{\max} - v_{\min}) \cdot \sigma_{\text{active}};$
- [0286] 其中,
- [0287]  $v_{\min}$ 表示预设的当前无人机的最小速度;
- [0288]  $v_{\max}$ 表示预设的当前无人机的最大速度;
- [0289]  $\text{rand}_2$ 表示随机生成的参数;
- [0290]  $\sigma_{\text{active}}$ 表示预设的自由探索因子。
- [0291] 可选的,若当前无人机为第二类搜索无人机,则当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置,是根据如下公式确定的:
- [0292] 
$$\begin{cases} v_n(K+1) = v_n(K) \sigma_{\text{weight}} + \sigma_{\text{self}} \cdot \text{rand}_3 \cdot (x_{\max} - x_n(K)) + \sigma_{\text{crowd}} \cdot \text{rand}_3 \cdot (y_{\max} - x_n(K)); \\ x_n(K+1) = x_n(K) + v_n(K) \end{cases}$$
- [0293] 其中,
- [0294]  $v_n(K)$ 表示当前无人机在第K次迭代时的速度;
- [0295]  $v_n(K+1)$ 表示当前无人机在下一次迭代时的速度;
- [0296]  $\sigma_{\text{weight}}$ 表示预设的惯性权重;
- [0297]  $\sigma_{\text{self}}$ 表示预设的自学习因子;
- [0298]  $\text{rand}_3$ 表示随机生成的参数;
- [0299]  $x_{\max}$ 表示当前无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置;
- [0300]  $x_n(K)$ 表示当前无人机在第K次迭代时的位置;
- [0301]  $x_n(K+1)$ 表示当前无人机在下一次迭代时的位置;
- [0302]  $\sigma_{\text{crowd}}$ 表示预设的群体学习因子;
- [0303]  $y_{\max}$ 表示无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置。
- [0304] 图19是本发明一实施例中第一迭代更新模块的模块示意图。
- [0305] 可选的,请参考图19,基于无人机集群的目标搜索装置,还包括:
- [0306] 能耗确定子模块2017,用于在确定当前无人机在下一次迭代时的速度与在下一次迭代时的位置之后,根据当前无人机在连续L次迭代过程中每次迭代时的速度以及预设的当前无人机在预设的搜索平面移动单位距离的能耗,确定当前无人机在连续L次迭代过程中在预设的搜索平面移动的总能耗;
- [0307] 第三类搜索无人机确定子模块2018,用于若总能耗低于预设的能耗阈值,则确定当前无人机为第三类搜索无人机;
- [0308] 重置子模块2019,用于重置当前无人机的位置、速度以及对应的个体搜索评价值,被重置后的当前无人机作为第一类搜索无人机或第二类搜索无人机执行对任务目标的搜索。
- [0309] 可选的,在任一迭代过程中,当前无人机在搜索过程中均受预设的约束条件的约束;
- [0310] 约束条件包括:速度约束条件、边界约束条件、能量约束条件以及最大迭代次数;
- [0311] 速度约束条件包括预设的当前无人机的最大速度与最小速度;
- [0312] 边界约束条件为当前无人机的位置不超出待搜索区域;

[0313] 能量约束条件为当前无人机消耗的总能量不超过预设的最大消耗能量。

[0314] 图20是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索方法的流程图四;图21是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索方法的流程图五。

[0315] 请参考图20与图21,提供了一种基于无人机集群的目标搜索方法,应用于无人机集群搜索待搜索区域内的任务目标,待搜索区域分布有任务目标与伪目标,无人机集群的N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;方法包括:

[0316] S30:多次迭代更新无人机集群的群体最佳位置;

[0317] S40:确定无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为任务目标的位置;

[0318] 其中,多次迭代更新无人机集群的群体最佳位置,即步骤S30,包括:

[0319] S301:在第K次迭代时,任一当前无人机获取对应的搜索信息,搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

[0320] S302:根据搜索信息,确定当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价值,个体搜索评价值表征当前无人机与任务目标或伪目标的接近程度;

[0321] S303:根据当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定当前无人机对应的在K次迭代过程中的个体最佳位置,个体最佳位置为在K次迭代过程中最靠近任务目标或伪目标的位置;

[0322] S304:当前无人机向N架无人机中的其他无人机发送对应的个体最佳位置以及与个体最佳位置对应的个体搜索评价值;

[0323] S305:确定无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;群体最佳位置是根据N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

[0324] S306:第一类搜索无人机中任一第一当前无人机根据第一当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定第一当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置;第二类搜索无人机中任一第二当前无人机根据第二当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定第二当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置。

[0325] 请参考图21,本发明一实施例中,确定无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为任务目标的位置之前,即步骤S40之前,还包括:

[0326] S41:确定无人机集群是否终止迭代。

[0327] 若是,则执行步骤S40,若否,则进入下次迭代,例如,当前是第K次迭代,若无人机集群不终止迭代,则进入第K+1次迭代。

[0328] 图22是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索装置的模块示意图三;图23是本发明一实施例中的基于无人机集群的目标搜索装置的模块示意图四。

[0329] 请参考图22与图23,提供了一种基于无人机集群的目标搜索装置,应用于无人机集群搜索待搜索区域内的任务目标,待搜索区域分布有任务目标与伪目标,无人机集群的N架无人机包括:M个第一类搜索无人机以及除第一类搜索无人机之外的N-M个第二类搜索无人机;其中, $N \geq 2$ ,  $M \leq N$ ;装置包括:

[0330] 第二迭代更新模块301,用于多次迭代更新无人机集群的群体最佳位置;



[0331] 第二目标位置确定模块302,用于确定无人机集群终止迭代时的群体最佳位置为任务目标的位置;

[0332] 其中,第二迭代更新模块301包括:

[0333] 第二信息获取子模块3011,用于在第K次迭代时,任一当前无人机获取对应的搜索信息,搜索信息包括任务目标的搜索信息和/或伪目标的搜索信息;

[0334] 第二个体搜索评价值确定子模块3012,用于根据搜索信息,确定当前无人机在第K次迭代时的个体搜索评价值,个体搜索评价值表征当前无人机与任务目标或伪目标的接近程度;

[0335] 第二个体最佳位置确定子模块3013,用于根据当前无人机在K次迭代过程中的K个个体搜索评价值,确定当前无人机对应的在K次迭代过程中的个体最佳位置,个体最佳位置为在K次迭代过程中最靠近任务目标或伪目标的位置;

[0336] 第二信息发送子模块3014,用于当前无人机向N架无人机中的其他无人机发送对应的个体最佳位置以及与个体最佳位置对应的个体搜索评价价值;

[0337] 群体最佳位置确定模块3015,用于确定无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置;群体最佳位置是根据N架无人机在K次迭代过程中的个体最佳位置确定的;

[0338] 第二速度位置确定子模块3016,用于第一类搜索无人机中任一第一当前无人机根据第一当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置,确定第一当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置;或者,第二速度位置确定子模块3016,用于第二类搜索无人机中任一第二当前无人机根据第二当前无人机在第K次迭代时的速度、在第K次迭代时的位置、在K次迭代过程中的个体最佳位置以及无人机集群在K次迭代过程中的群体最佳位置,确定第二当前无人机在下次迭代时的速度与在下次迭代时的位置。

[0339] 图24是本发明一实施例中电子设备的模块示意图。

[0340] 请参考图24,提供了一种电子设备,包括处理器401与存储器403,存储器403,用于存储代码和相关数据:

[0341] 处理器401,用于执行存储器中的代码用以实现上述方案涉及的基于无人机集群的目标搜索方法。

[0342] 处理器401能够通过总线402与存储器403通讯。

[0343] 本发明还提供了一种可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现上述方案涉及的基于无人机集群的目标搜索方法。

[0344] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

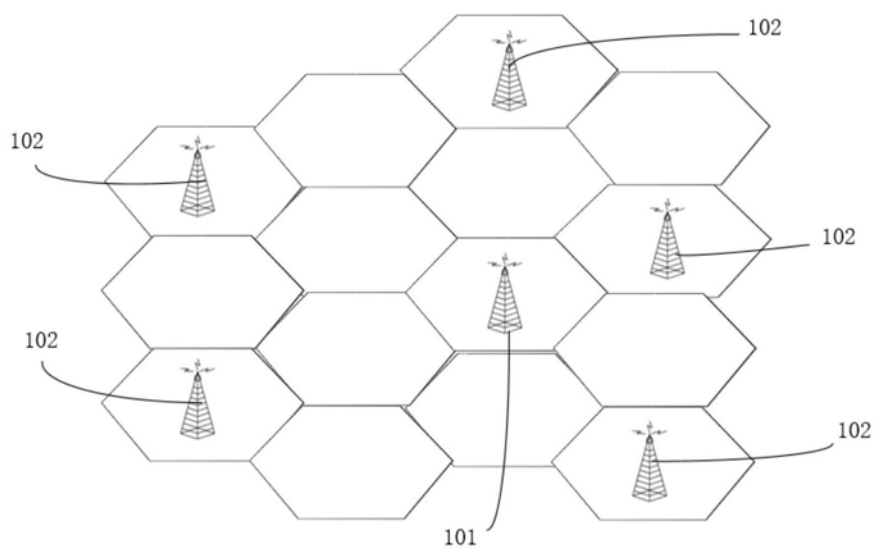


图1

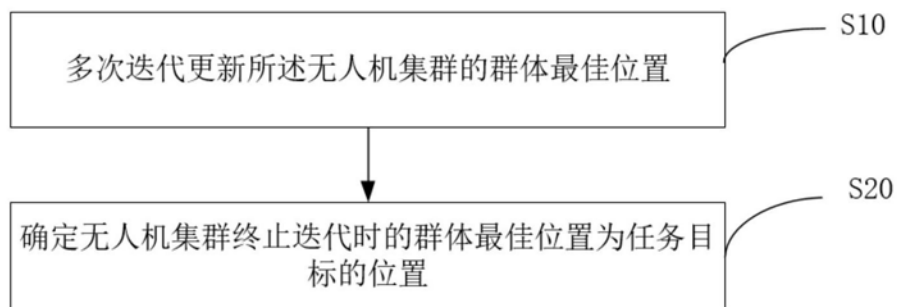


图2

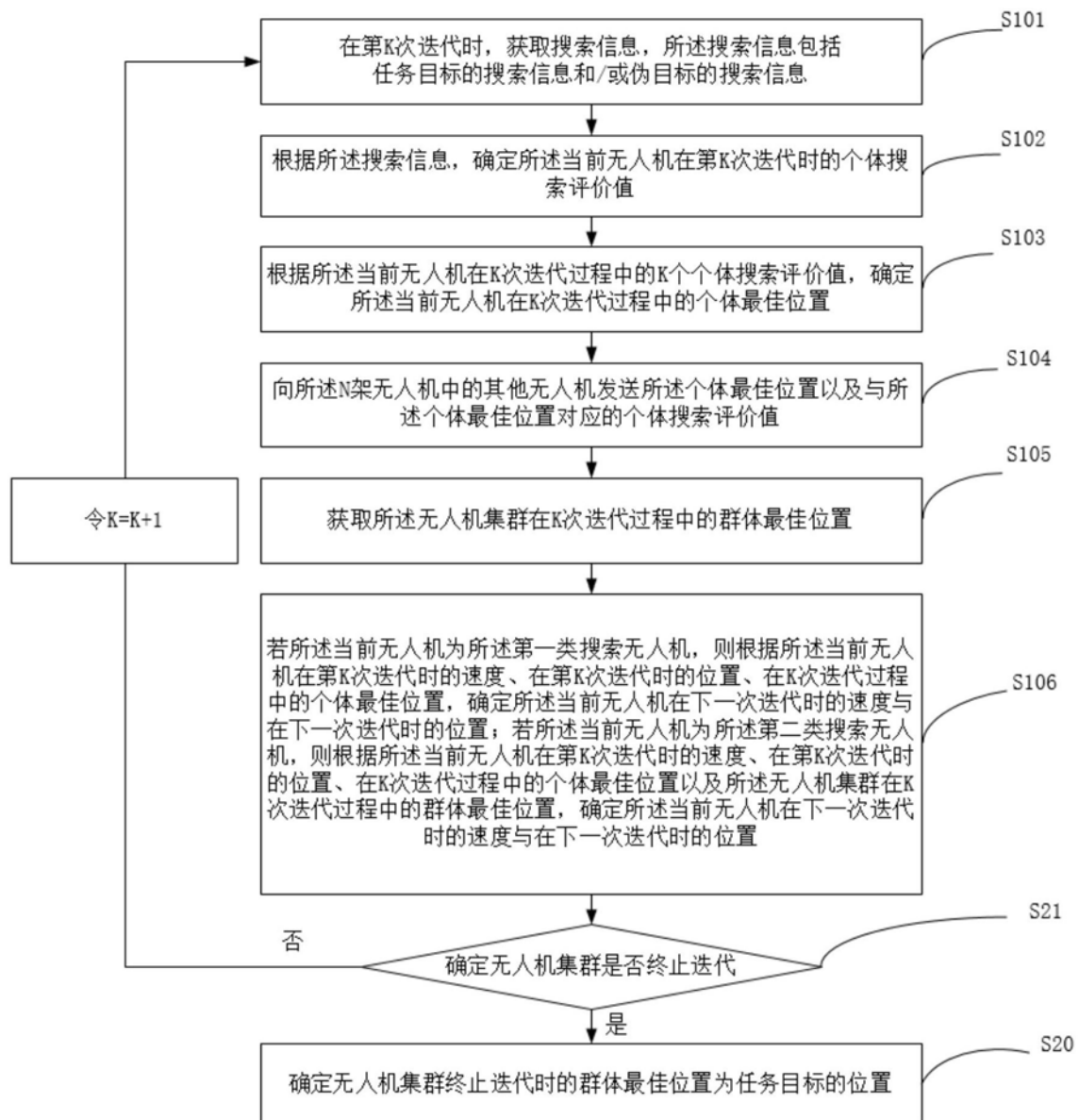


图3

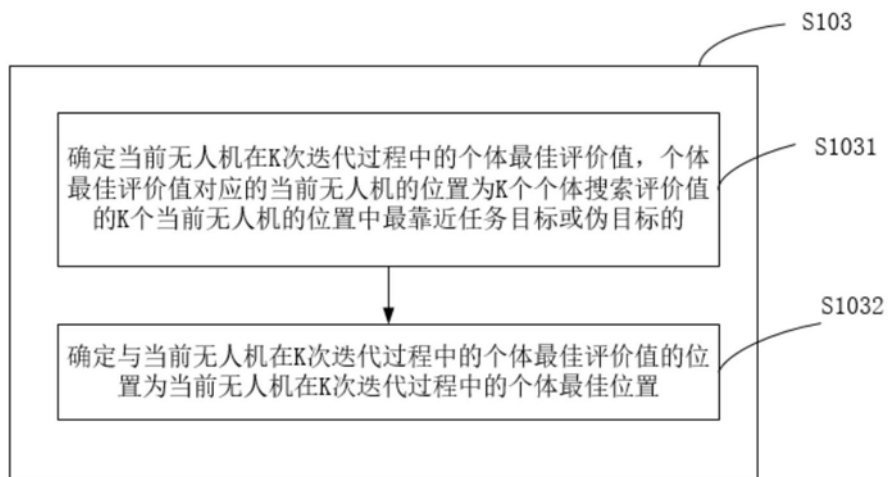


图4

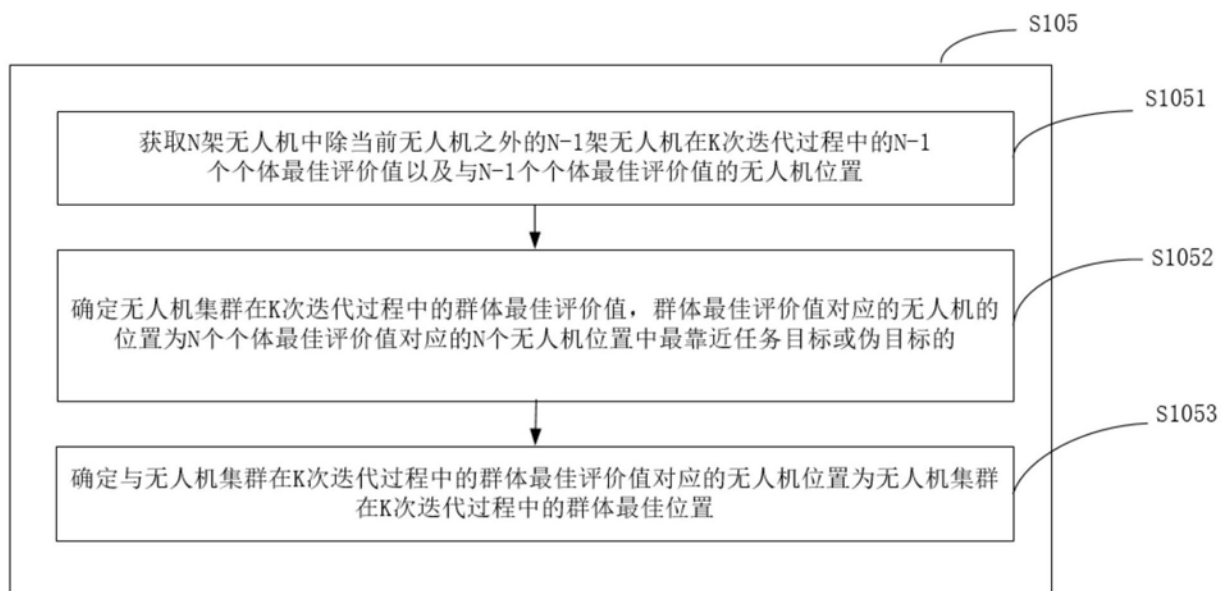


图5

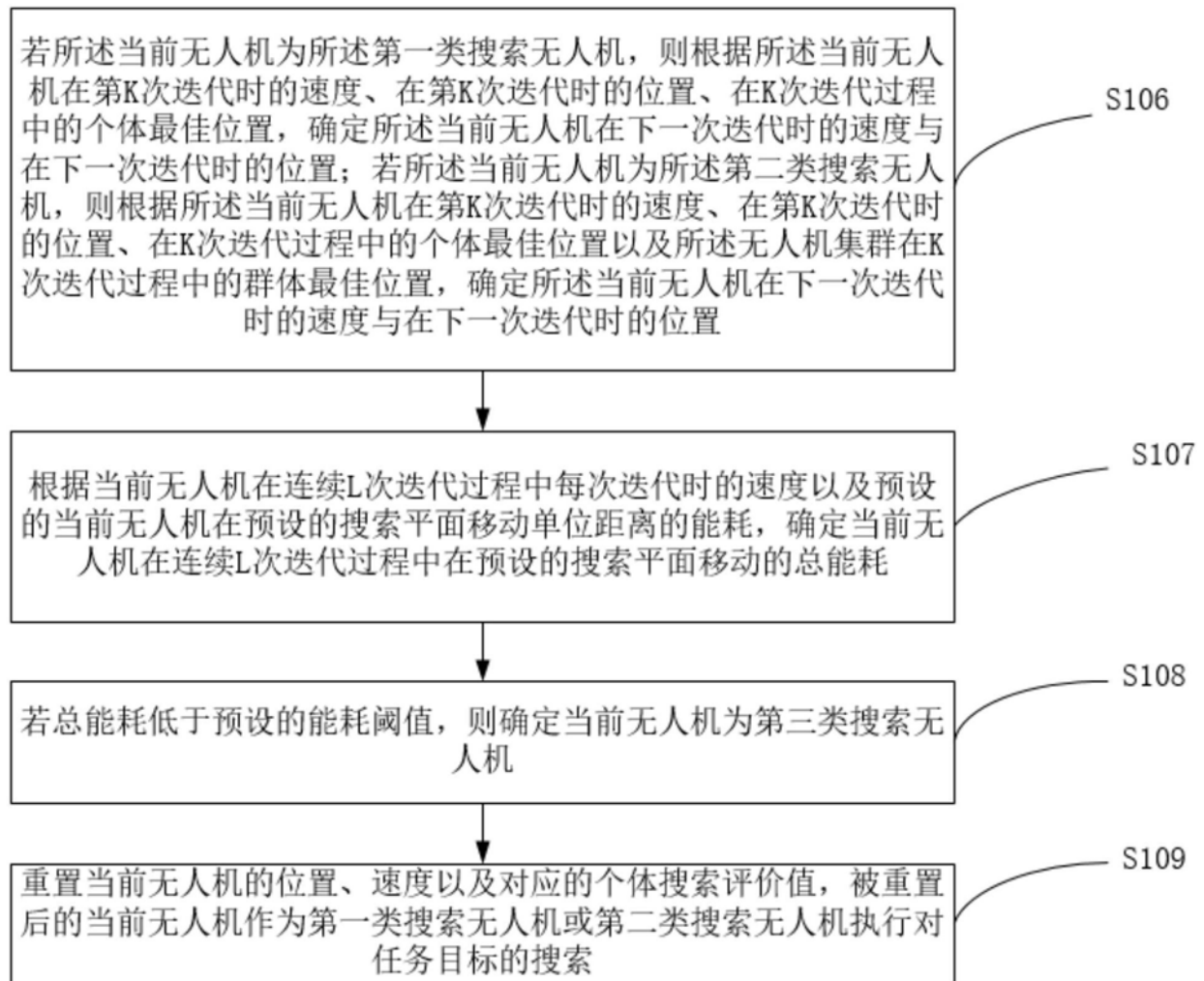


图6

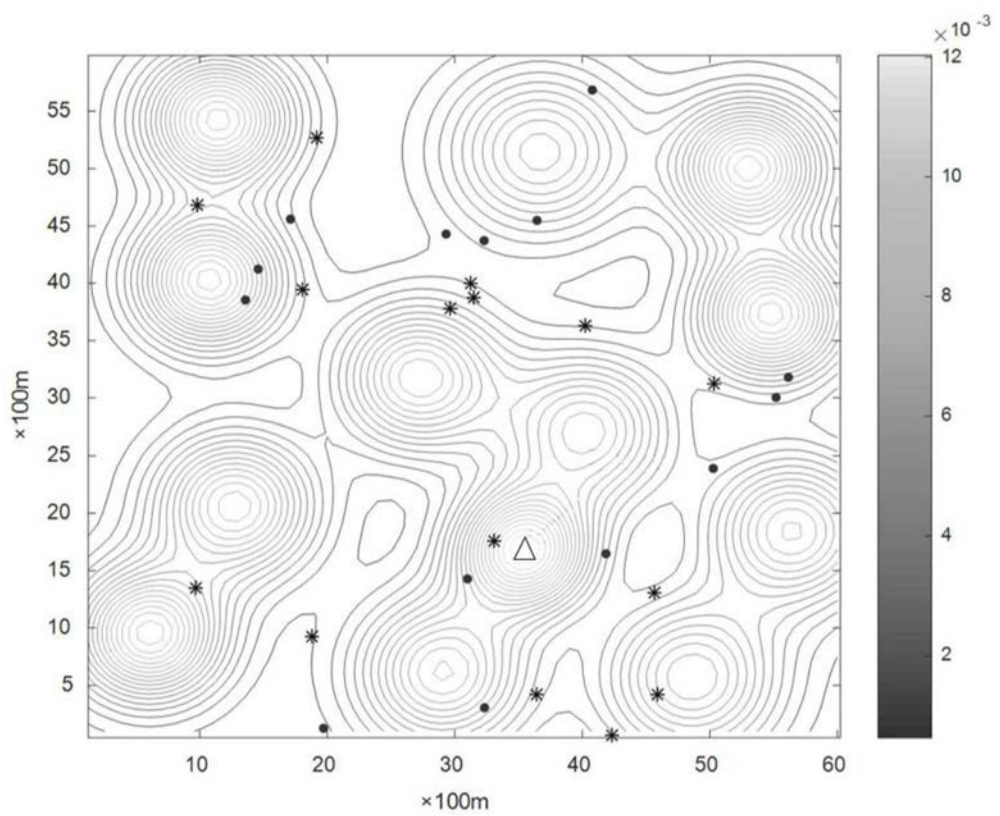


图7

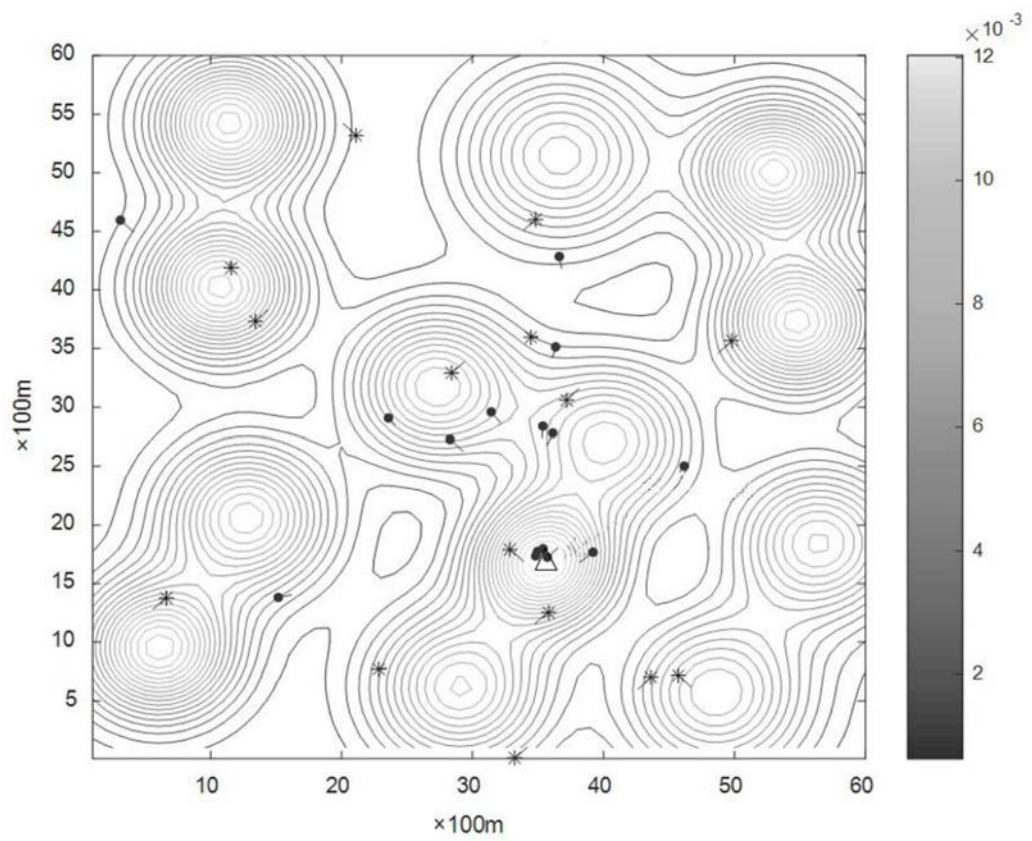


图8

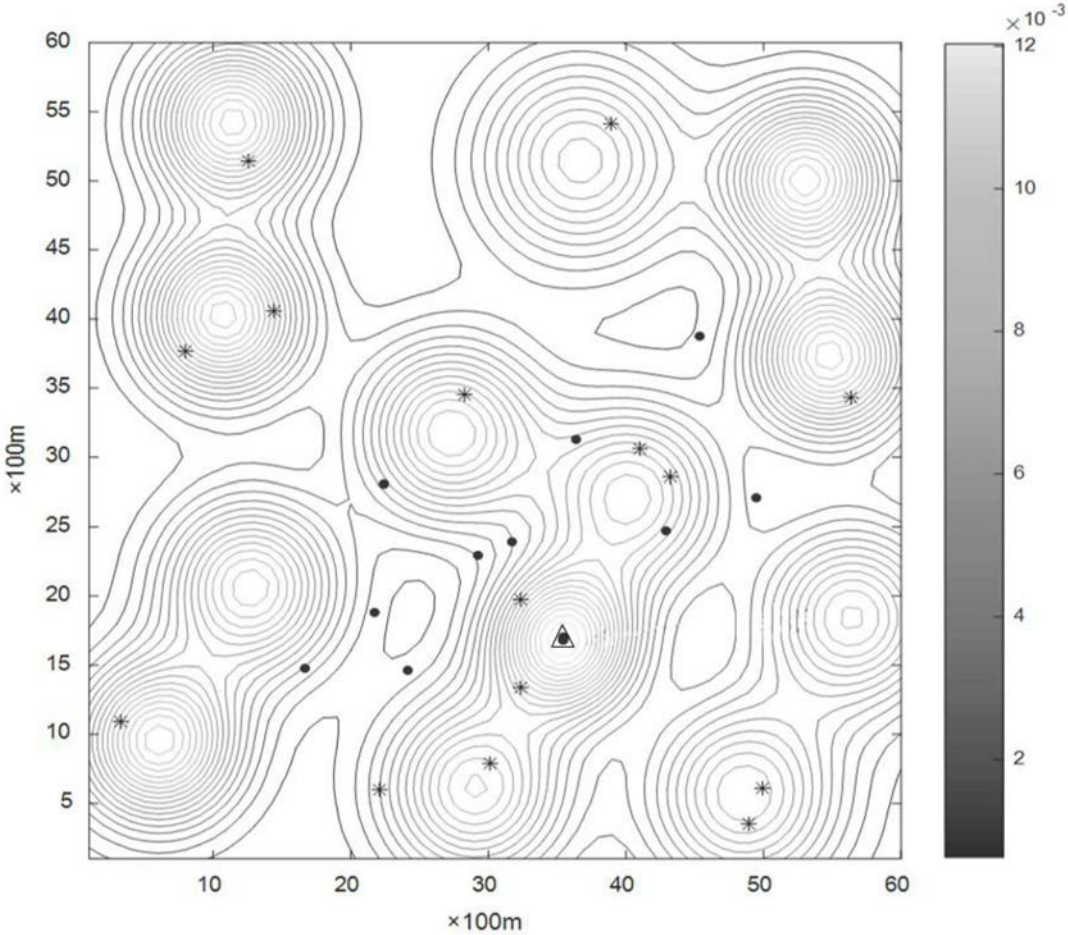


图9



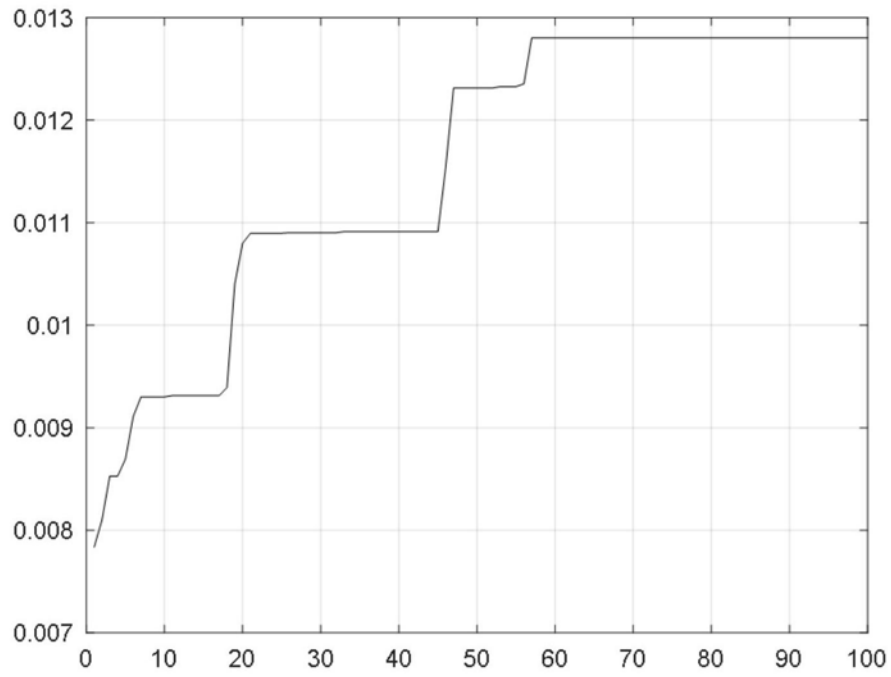


图10

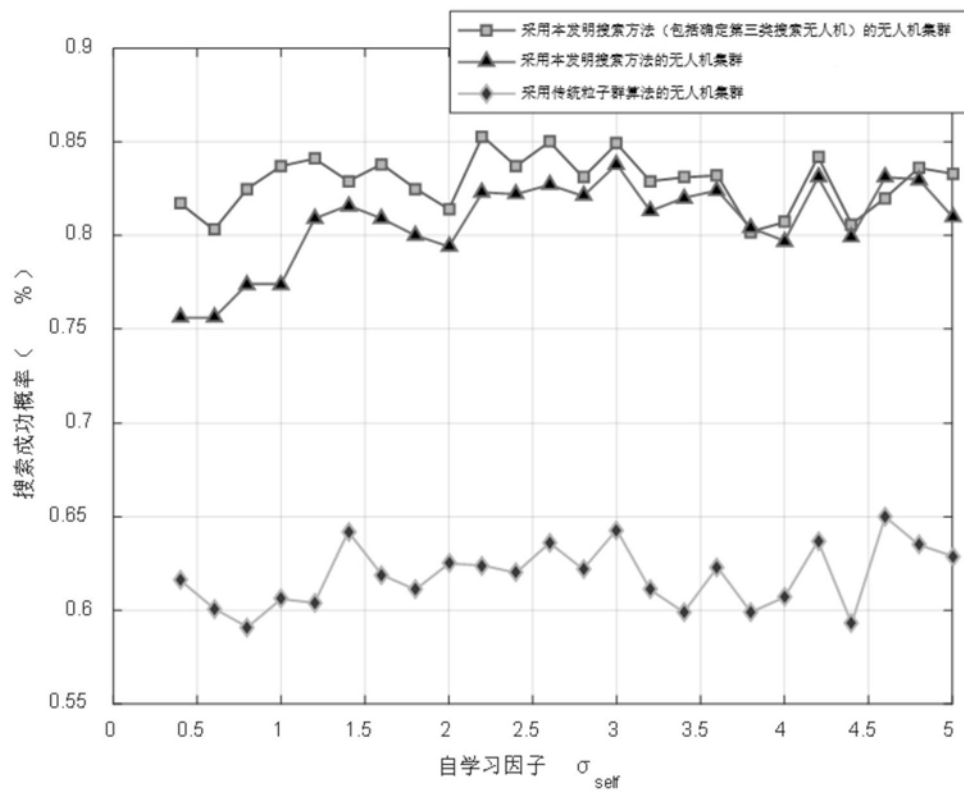


图11

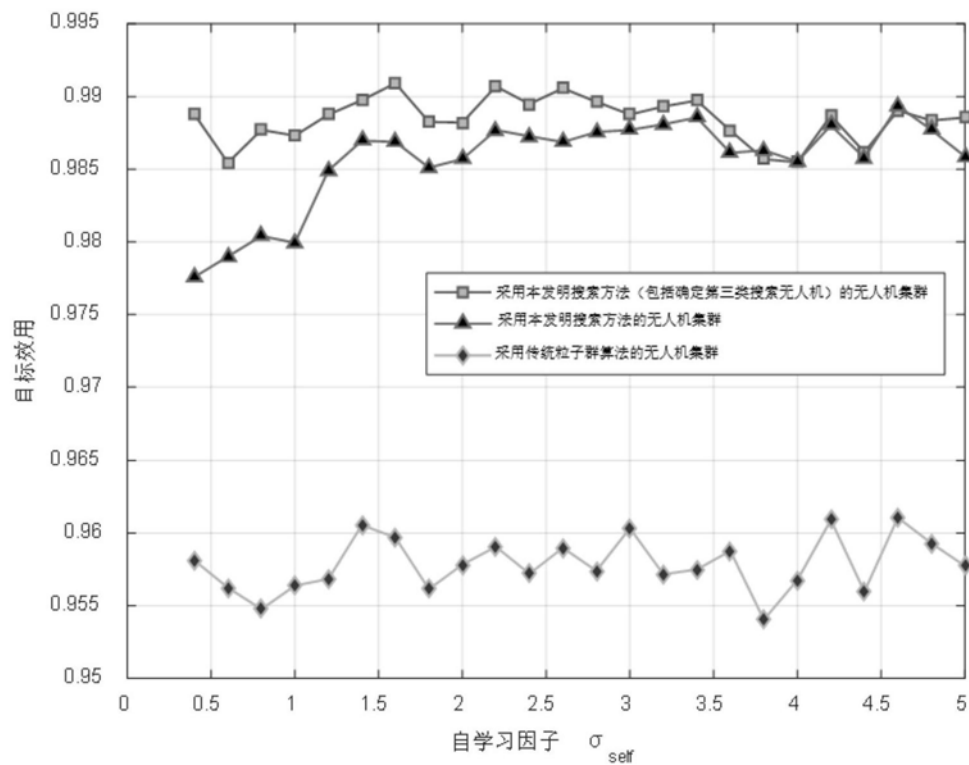


图12

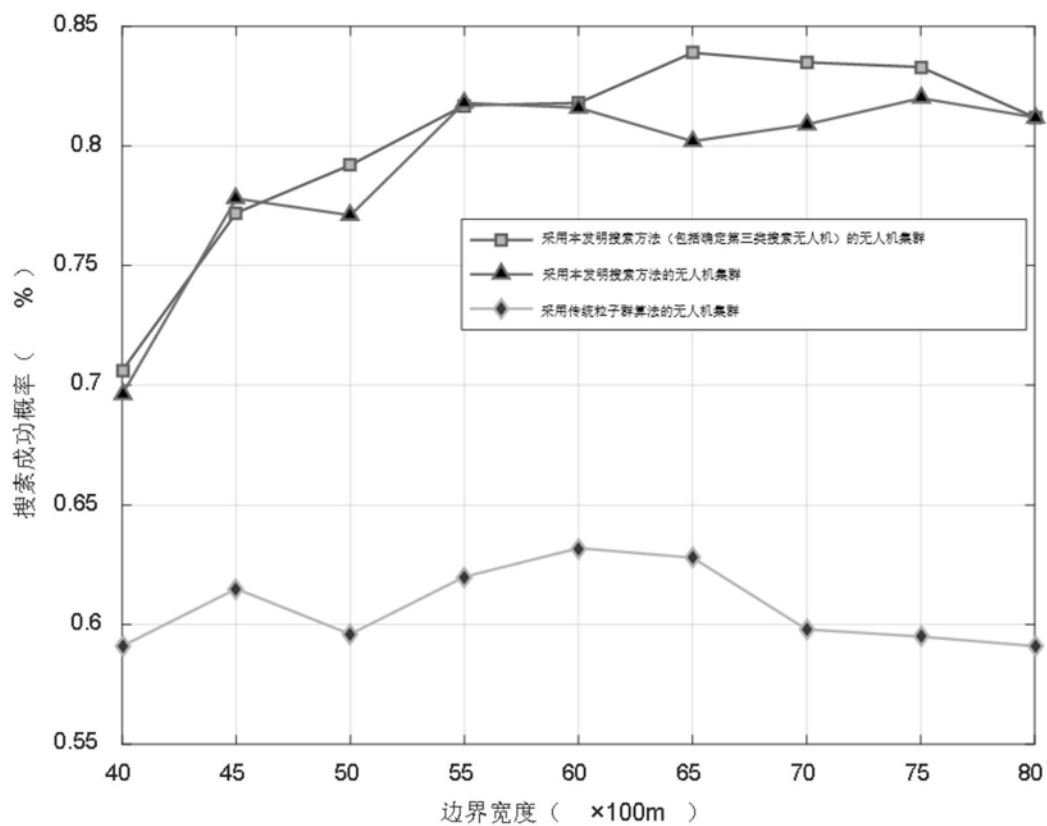


图13

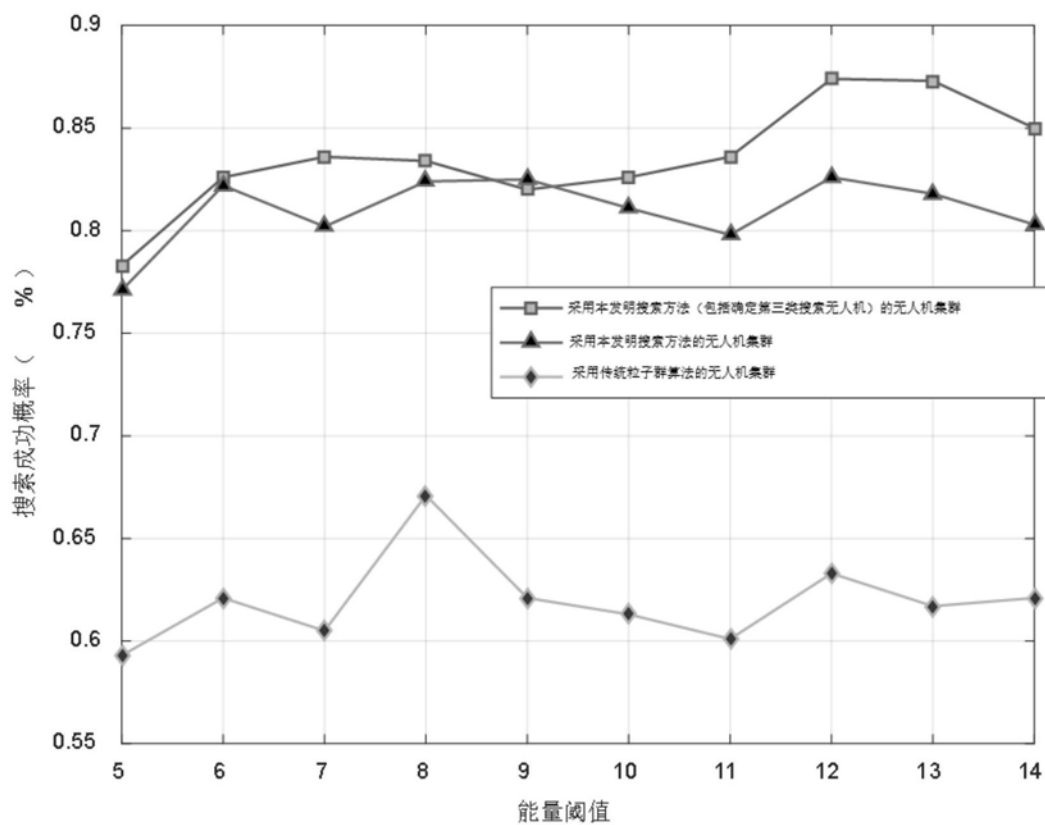


图14

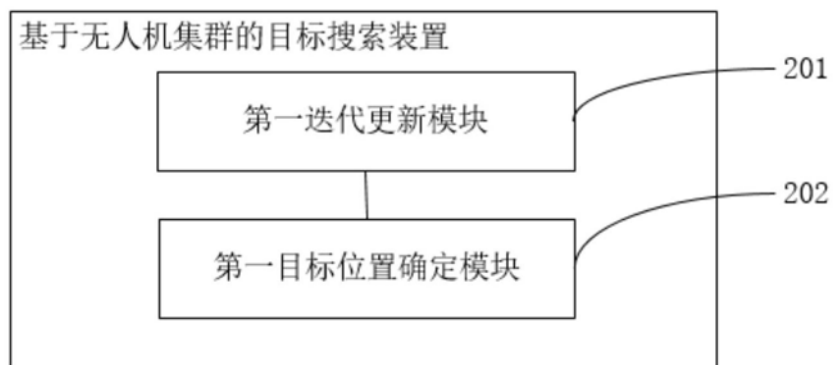


图15

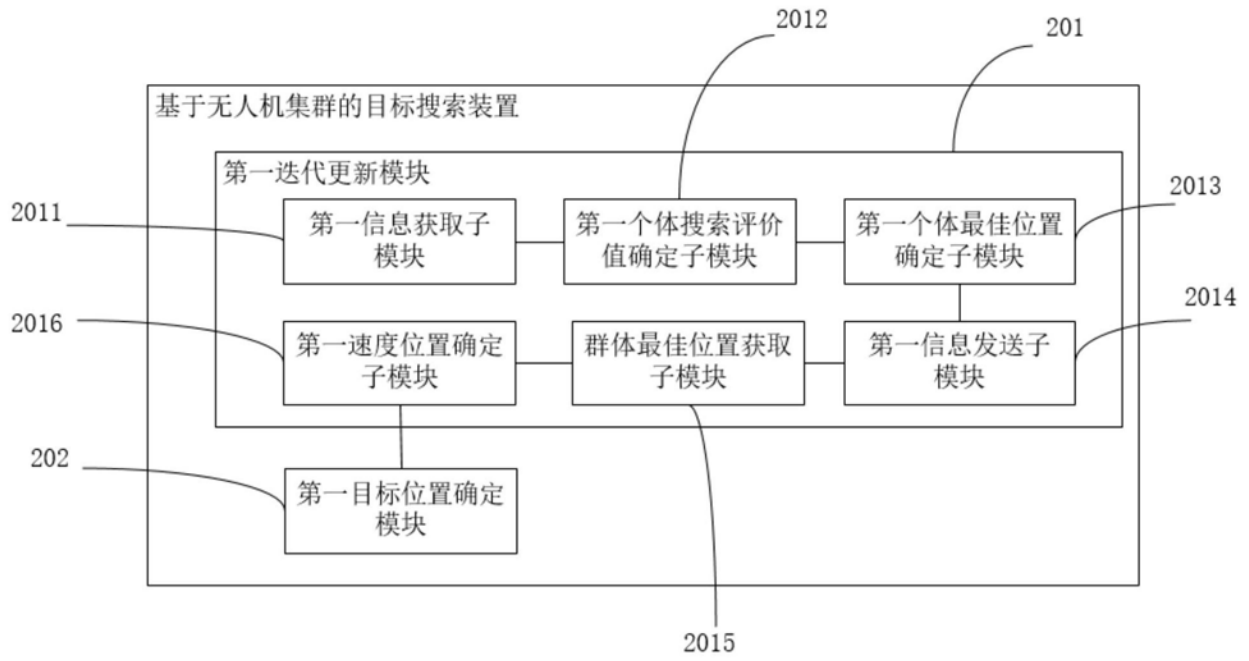


图16

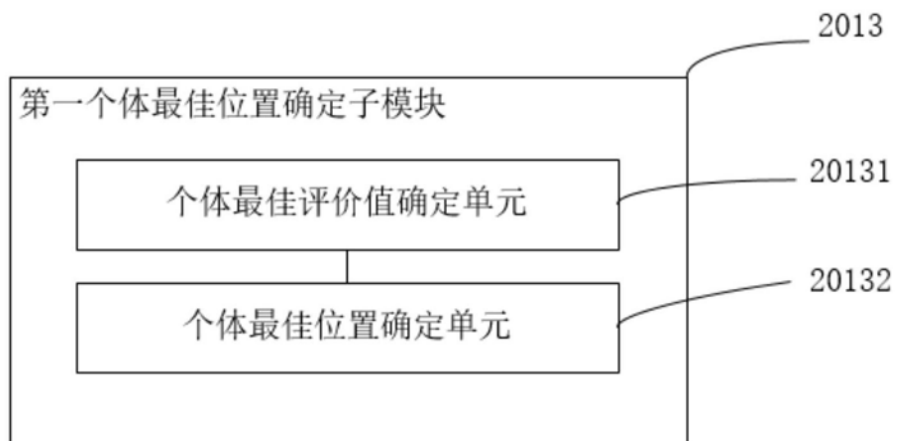


图17

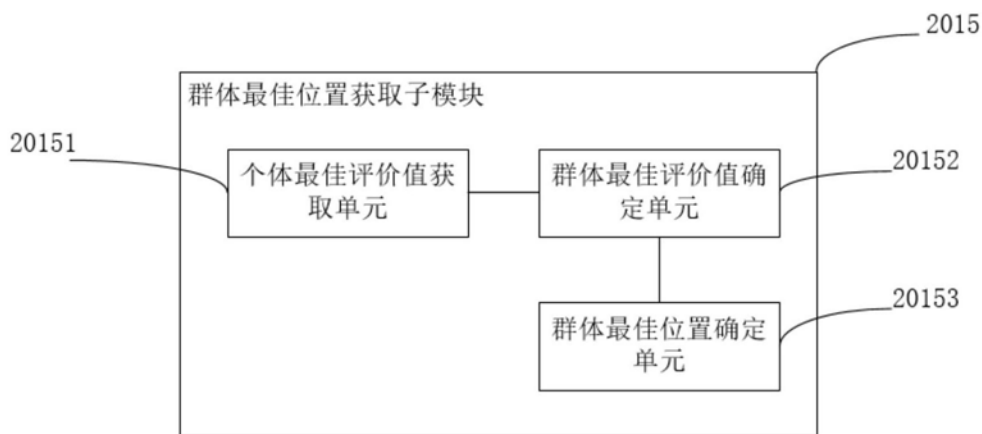


图18

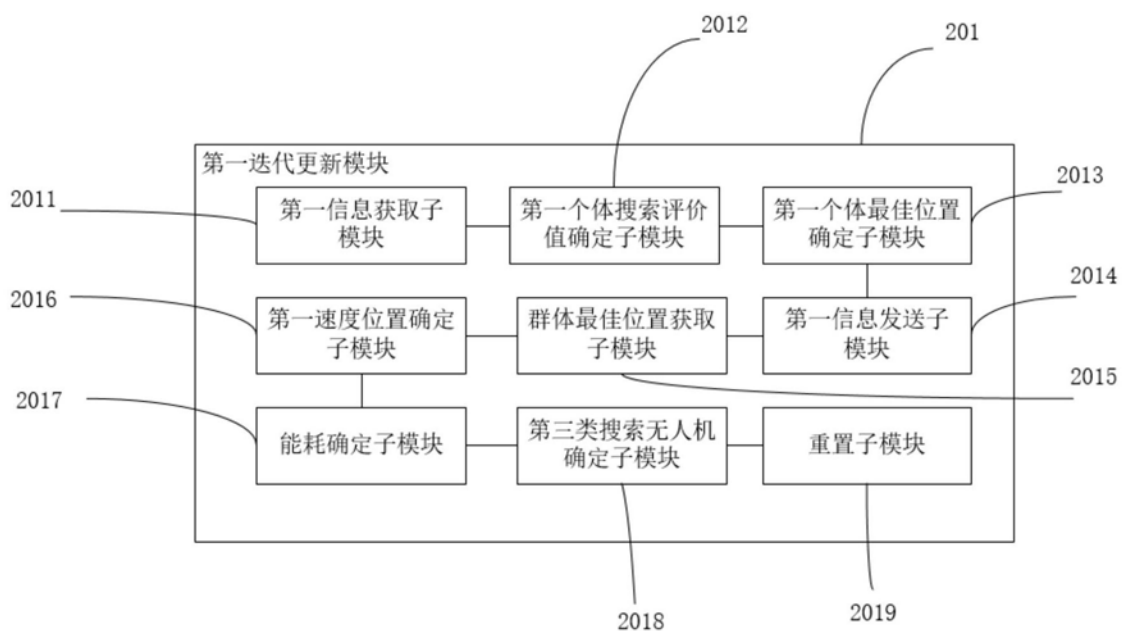


图19

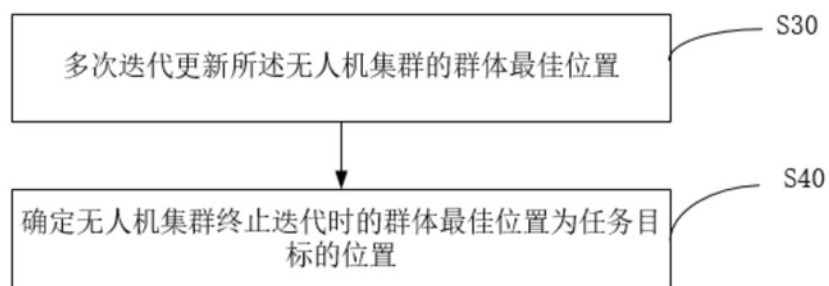


图20

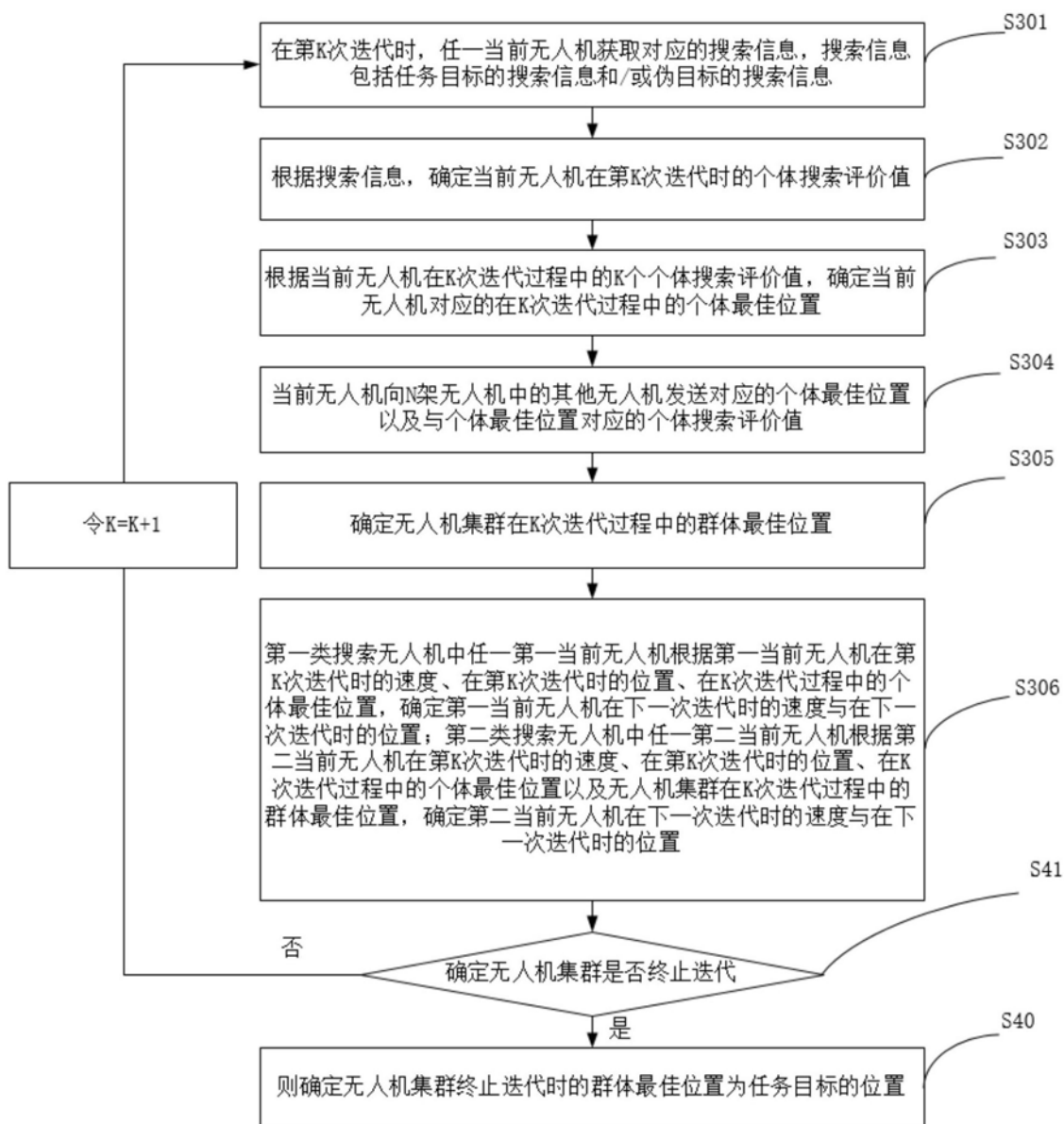


图21

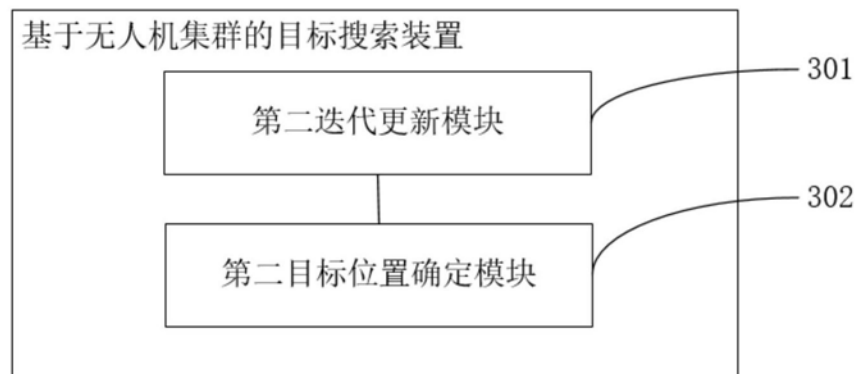


图22

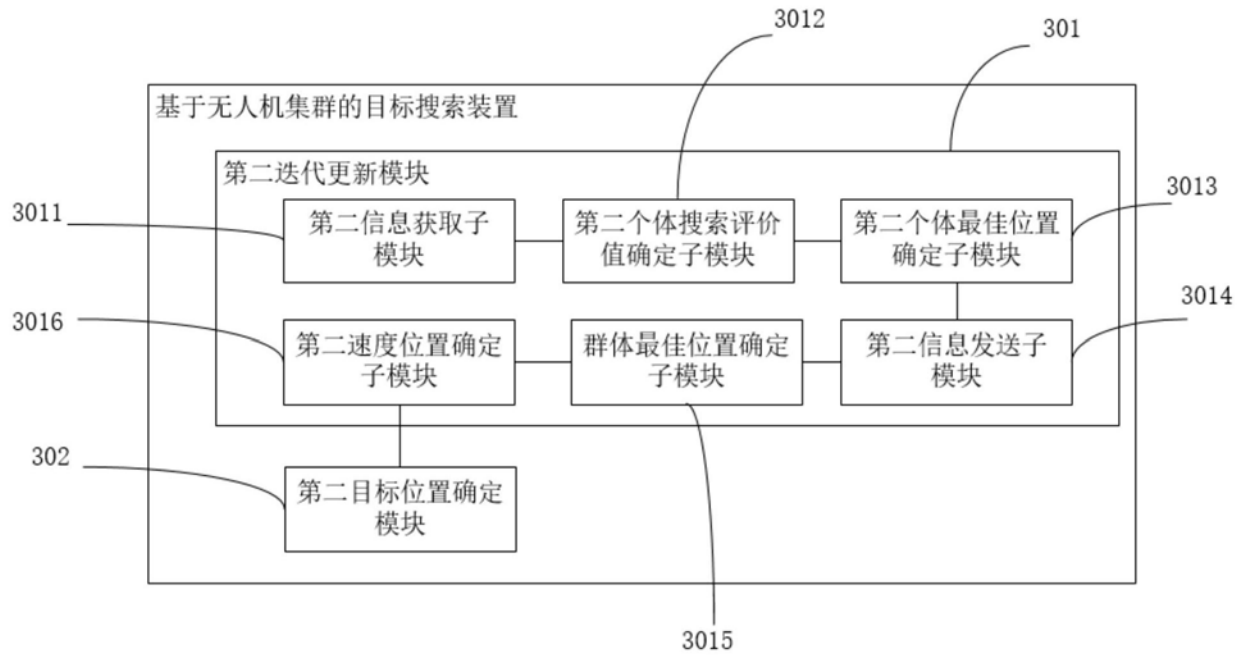


图23

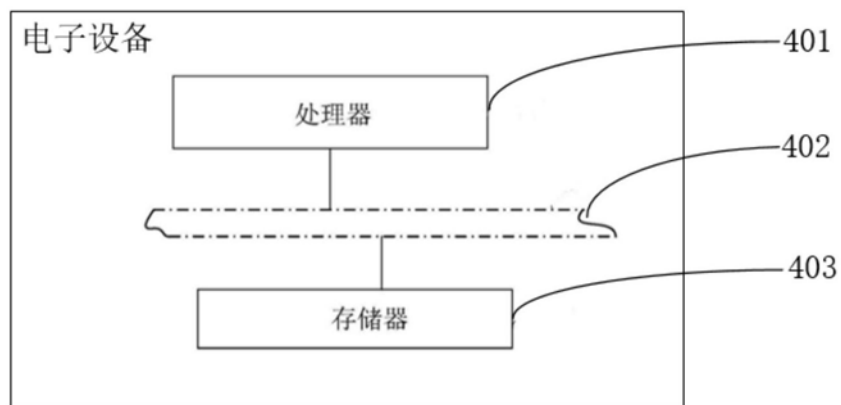


图24