



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

复杂网络与群体智能

吴建设

Email: jshwu@mail.xidian.edu.cn

西安电子科技大学人工智能学院



- 蜜蜂种群行为描述
- 人工蜂群算法
- 群体智能产生机理研讨



群体智能

群体智能是具有社会性的生物，比如蜜蜂、蚂蚁、鱼群、鸟群等，或者其它个体，通过相互作用、相互协同而成为一个群体所涌现出的智能。群体智能是社会学领域长期研究的一个问题，目前也是人工智能领域研究的问题。

群体智能研究方向

- ◆ 群体智能产生的机理研究：萤火虫的同步闪亮，蝉的同步鸣叫
- ◆ 模仿群体智能的行为：模仿鸟群的飞行，模仿鱼群的行为，模仿雁群的编队方式。
- ◆ 模仿群体智能的算法设计：通过模拟群体智能而解决复杂问题的优化算法设计。



1. 蜂群的群体智能

蜜蜂种群属于群体智能的一种，其个体行为极其简单，但其个体之间通过相互协作能表现出宏观智能的行为特征，它不是简单的个体集合，而是一种超越个体行为的更高级的表现。蜜蜂种群能够在任何环境下，以极高的效率从食物源（花朵）中采集花蜜，同时它们还能适应环境的改变。

2. 蜜蜂分类及职责

分类：蜜蜂分为**雇佣蜂**（**引领蜂**）和**非雇佣蜂**，非雇佣蜂又分为**侦查蜂**和**跟随蜂**

职责：

- ①**雇佣蜂**：也称为**引领蜂**，**其与所采集的食物源一一对应**。引领蜂储存有某一个食物源的相关信息（相对于蜂巢的距离、方向、食物源的丰富程度等）并且将这些信息以一定的概率与其他蜜蜂分享。
- ②**非雇佣蜂**：又分为**侦查蜂**、**跟随蜂**。**侦查蜂**探测蜂巢周围的新蜜源，而**跟随蜂**在蜂巢等待并通过与引领蜂分享相关信息找到食物源。



3. 信息交换

通过**跳摇摆舞**的形式进行信息的交流，它传达了有关蜂巢周围蜜源的重要信息。

4. 采蜜过程

蜜粉采蜜时，蜂巢中的一部分蜜蜂作为侦查蜂，不断随机地在蜂巢附近寻找蜜源，如果发现了花蜜量超过某个阈值的蜜源，则此侦查蜂变为雇佣蜂开始采蜜，采蜜后飞回蜂巢，此时该雇佣蜂有三种选择：

- ①放弃食物源成为非雇佣蜂；
- ②跳摇摆舞将食物源的信息与跟随蜂交流，并招募一些跟随蜂一起返回原食物源采蜜，跟随蜂数量取决于蜜源质量；
- ③继续在同一食物源采蜜而不进行招募。

通过该方式，蜂群能快速且有效地找到花蜜量最高的蜜源。⁵



1 人工蜂群算法概述

- 人工蜂群算法（artificial bee colony algorithm, ABC算法）是一种模拟实际蜜蜂的采蜜机制的算法。
- 由三部分组成：食物源、雇佣蜂和非雇佣蜂，其中整个蜂群的目标是寻找花蜜量最大的蜜源（即食物源）。
 - ①食物源：蜜源，一个食物源就是一个解向量，蜜源的优劣程度即为可行解的好坏程度。
 - ②雇佣蜂：雇佣蜂（引领蜂）与食物源的位置相对应，一个食物源对应一个引领蜂。在ABC算法中，食物源的个数与引领蜂的个数相等。其任务是发现食物源信息，并根据食物源的优劣程度（适应值的大小）采用轮盘赌的方式雇佣跟随蜂采蜜（搜索最优解）。



1 人工蜂群算法概述

- 人工蜂群算法（artificial bee colony algorithm，ABC算法）是一种模拟实际蜜蜂的采蜜机制的算法。
- 由三部分**组成**：**食物源**、**雇佣蜂**和**非雇佣蜂**，其中整个蜂群的目标是寻找花蜜量最大的蜜源（即食物源）。
 - ①**食物源**：
 - ②**雇佣蜂**：
 - ③**非雇佣蜂**：包括侦查蜂、跟随蜂。侦查蜂是在蜂巢附近寻找新的食物源，跟随蜂在蜂巢的招募区内根据引领蜂提供的蜜源信息来选择食物源。若一个食物源多次更新没有改进，则放弃该食物源，此食物源对应的引领蜂变成侦查蜂，随机搜索新的食物源。



2 人工蜂群算法原理

(1) 食物源初始化

食物源 $i, i=1. \dots N$, 的质量对应于解的适应度, N 为食物源的个数。设求解问题的维数为 D , 在第 t 次迭代食物源 i 的位置表示为:

$$X_i^t = [x_{i1}^t, x_{i2}^t, \dots, x_{iD}^t]$$

其中, $x_{id} \in (L_d, U_d)$, L_d 和 U_d 分别代表搜索空间的下限。食物源 i 的初始位置按照 (2-1) 式在搜索空间随机产生:

$$x_{id} = L_d + rand(0,1)(U_d - L_d), \quad (2-1)$$



2 人工蜂群算法原理

(2) 食物源的更新

在开始搜索阶段，引领蜂在食物源*i*的周围根据(2-2)式搜索一个新的食物源。

$$v_{id} = x_{id} + \varphi(x_{id} - x_{jd}), \quad (2-2)$$

其中*j*是*N*个食物源不同于*i*的任意一个食物源， φ 是一个在[-1,1]均匀分布的随机数，决定扰动程度。当新食物源的适应度优于*X_i*时，用新的食物源代替原来的食物源，否则保留原来食物源。所有引领蜂完成2-2式的运算后，飞回蜂巢跳摇摆舞招募跟随蜂。



2 人工蜂群算法原理

(3) 跟随蜂选择引领蜂的概率

跟随蜂根据引领蜂跳的摇摆舞（即分享的食物源信息），按照2-3式计算概率并进行跟随。

$$p_i = fit_i / \sum_{i=1}^N fit_i \quad (2-3)$$

然后在区间 $[-1,1]$ 内随机产生一个数，如果解的概率值大于该随机数，则跟随蜂由式(2-1)产生一个新解，并检验新解的 fit_i ，若新解的 fit_i 比之前好，则跟随蜂将记住新解忘掉旧解；反之，它将保留旧解。



2 人工蜂群算法原理

(4) 解适宜度值的计算

所求解优化问题的目标函数记为 f_i ，目标函数有可能越大越好，也可能越小越好。

若优化问题是目标函数越大越好，适应度值即用目标函数。

$$fit_i = f_i$$

若优化问题是目标函数值越小越好，适应度函数一般用式(2-4)计算。

$$fit_i = \begin{cases} 1/(1+f_i), & f_i \geq 0 \\ 1+abs(f_i), & otherwise \end{cases} \quad (2-4)$$

其中， $abs()$ 函数是绝对值函数。



2 人工蜂群算法原理

(5) 产生侦查蜂

在搜索过程中，如果食物源*i*经过*t*次迭代搜索达到阈值*limit*而没有找到更好的食物源，该食物源将会被放弃，与之对应的引领蜂变为侦查蜂，并将在搜索空间随机产生一个新的食物源代替。上述过程如2-5式：

$$X_i^{t+1} = \begin{cases} L_d + rand(0,1)(U_d - L_d), & t \geq limit \\ X_i^t, & t < limit \end{cases} \quad (2-5)$$



3 人工蜂群算法基本流程

第一步

初始时刻，蜜蜂总数的一半被分派为引领蜂，另一半被分派为跟随蜂，在蜂巢等待，并根据公式（2-1）随机在搜索范围内产生食物源的初始位置（ $t=0$ ）：

$$X_i^t = [x_{i1}^t, x_{i2}^t, \dots, x_{iD}^t]$$

$$x_{id} = L_d + rand(0,1)(U_d - L_d), \quad (2-1)$$



3 人工蜂群算法基本流程

第二步

引领蜂根据公式 (2-2) 随机搜索食物源，计算适宜度 $fit_i = f_i$ (目标函数越大越好，否则根据公式 (2-4) 计算其适应度值)，用贪婪算法 (好则保留并替代旧的，否则放弃) 选择较优的食物源，返回蜂巢，将信息分享给跟随蜂；

$$v_{id} = x_{id} + \varphi(x_{id} - x_{jd}), \quad (2-2)$$

φ 是一个在 $[-1,1]$ 均匀分布的随机数，决定扰动程度。

$$fit_i = \begin{cases} 1/(1+f_i), & f_i \geq 0 \\ 1+abs(f_i), & otherwise \end{cases} \quad (2-4)$$



3 人工蜂群算法基本流程

第三步

根据公式（2-3）计算食物源*i*被跟随蜂选择的概率：

$$p_i = fit_i / \sum_{i=1}^N fit_i \quad (2-3)$$

第四步

跟随蜂以概率 p_i 选择食物源，根据公式（2-2）随机搜索食物源，并根据公式（2-4）计算其适应值；保存较优的食物源，重新分派引领蜂和跟随蜂。



3 人工蜂群算法基本流程

第五步

判断是否有食物源需要被放弃，如果有，则该处的引领蜂转变为侦查蜂，根据公式（2-5）随机搜索（产生）新食物源，找到食物源后又返回蜂巢找招募跟随蜂；如果没有，跳到第六步；

$$X_i^{t+1} = \begin{cases} L_d + rand(0,1)(U_d - L_d), & t \geq limit \\ X_i^t, & t < limit \end{cases} \quad (2-5)$$

第六步

记录当前最好的食物源；

第七步 判断是否满足终止条件，如果是输出最优解，否则转**第二步**。



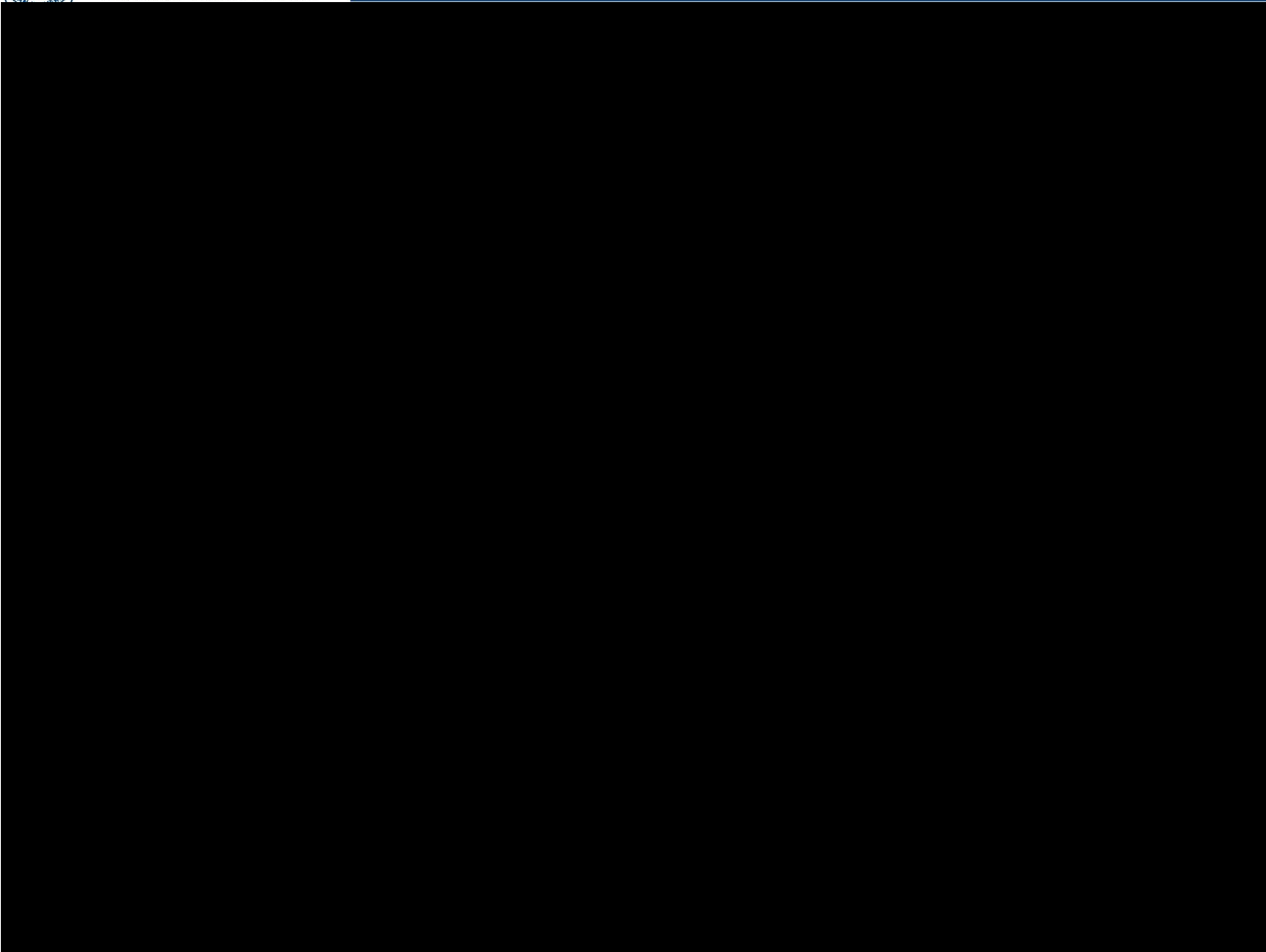
4 总结

人工蜂群算法中，三个种类的蜂种分别对应三种不同的功能：引领蜂用于维持最优解；跟随蜂用于提高收敛速度；侦查蜂用于增强摆脱局部最优的能力。蜜蜂根据各自的分工进行不同的活动，并实现蜂群信息的共享和交流，从而找到问题的最优解。



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

人工蜂群算法





- (1) 人工蜂群算法适合求解哪类问题？
- (2) 蜂群算法中各个角色所遵循的规则，自组织方式。



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

谢谢