

简述蜂群算法理论研究

李佩佩

黑龙江大学，黑龙江

摘 要 | 蜂群算法是人们受到自然界中蜜蜂的行为启发而提出的一种新颖的智能优化算法。详细阐述了基于蜜蜂采蜜行为的蜂群算法的基本原理及研究情况。通过与遗传算法、蚁群算法、粒子群算法相比较，总结出蜂群算法的优缺点，并提出了未来研究的方向。

关键词 | 蜂群算法；采蜜行为；智能算法

Copyright © 2022 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

群智能算法是一种在自然界生物群体的智能行为启发下所提出的智能算法，是一种新兴的仿生类演化算法，已经成为越来越多的研究者所关注的焦点。1975 年，美国科学家 Holland 教授针对机器学习问题提出了一种基于种群隐并行搜索的智能优化算法，后经归纳总结，形成了遗传算法（genetical algorithms, GA）；1992 年，意大利学者 Colormi A、Dorigo M 和 Maniezzo V 根据自然界中蚂蚁觅食的规律提出了蚁群算法（ant colony optimization, ACO）；1995 年，Eberhart 博士和 Kennedy 博士基于鸟群捕食行为的研究提出粒子群算法（particle swarm

optimization, PSO)。目前,群智能是一个非常活跃的研究领域,它为人们揭示了生命现象和进化规律,为解决复杂系统提供了新的思路与方法,为实现适应性系统提供了有用的范例。

近几年来,随着群智能优化算法的不断发展,蜂群算法也受到学术界的持续关注。蜜蜂是一种群居昆虫,虽然单个昆虫的行为极其简单,但是由单个简单的个体所组成的群体却表现出极其复杂的行为。真实的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,并能适应环境的改变。英国学者 D T Pham 受启发于蜂群的采集行为机制,提出了蜂群算法(bes algorithm, BA)。之后土耳其学者 Dervis Karaboga 改进了蜂群算法,提出了基于蜜蜂采集机制的人工蜂群算法(artificial bee colony, ABC)。因此,蜂群算法是建立在蜜蜂自组织模型和群体智能基础上的一种非数值优化计算方法,属于新兴的群智能方法。

2 蜂群算法概述

2.1 基于蜜蜂采蜜行为的蜂群算法

蜜蜂是自然界中的一种群居昆虫,个体的行为极其简单,自然界中的蜂群总是能很自如地发现优良蜜源(花粉)。Von Frisch 研究揭示蜜蜂以跳舞的方式来传达蜜源的信息,采集到花粉的蜜蜂,返回后在蜂巢上翩然起舞。蜜蜂沿直线爬行,然后再转向左的这一种舞蹈被称为“摇摆舞”,摇摆舞是蜜蜂之间交流信息的一种基本形式,它传达了有关蜂巢周围蜜源的重要信息(如蜜源方向及离巢距离等),其它蜜蜂利用这些信息准确评价蜂巢周围的蜜源质量。蜂群产生群体智慧的最小搜索模型包含基本的3个组成要素:食物源、采蜜蜂、待工蜂。此外,蜜蜂还有3种基本的行为模式:搜索蜜源、为蜜源招募和放弃蜜源。

(1) 食物源:食物源的质量由多方面的因素决定,如离蜂巢的远近、包含花蜜的丰富程度等。使用单一的参数来代表以上各个因素。

(2) 采蜜蜂:采蜜蜂同具体的蜜源联系在一起。采蜜蜂携带了所采集蜜源的信息,包括蜜源与蜂巢的距离、蜜源方向、蜜源的收益度。采蜜蜂通过摇摆

舞与其它蜜蜂分享这些信息，根据路径长度排序，按一定比例，部分成为引领蜂。

(3) 待工蜂：待工蜂是准备去采蜜的蜜蜂。它们可以分为两类：侦查蜂和跟随蜂。侦查蜂搜索蜂巢附近的新食物源，跟随蜂等在蜂巢里面并通过与引领蜂分享信息找到食物源。

开始，蜜蜂以侦查蜂的身份搜索。其搜索可以由系统提供的先验知识决定，也可以完全随机。经过一轮侦查后，若找到食物源，蜜蜂利用它本身的存储能力记录位置信息并开始采蜜。此时，蜜蜂将成为“采蜜蜂”。蜜蜂在食物源采蜜后回到蜂巢卸下蜂蜜然后将有如下选择：(1) 放弃食物源而成为待工蜂；(2) 通过跳摇摆舞为所对应的食物源招募更多的蜜蜂，然后回到食物源采蜜；(3) 继续在同一个食物源采蜜而不进行招募。

对于待工蜂有如下选择：(1) 转变成为侦查蜂并搜索蜂巢附近的食物源；(2) 在观察完摇摆舞后成为跟随蜂，开始搜索对应食物源邻域并采蜜。

蜂群算法的基本步骤如下：

(1) 随机产生初始化种群，选取 n 只工蜂，评价群体适应度值，While（停止准则不满足）。

(2) 从 n 只工蜂里面选取 m 只较好工蜂和 e 只最好工蜂。

(3) 派遣增援工蜂（最好的 e 只更多的蜜蜂增援），并评价其适应度值。

(4) 从每个花丛中选出适应度最好的一只工蜂。

(5) 委任其它 $n - m$ 只蜜蜂进行随机搜索，并评估其适应度。

(6) End While。

蜜蜂采蜜的过程（即寻找高质量的蜜源）类似于进化计算中的搜索待求解问题最优解的过程。在采蜜模型中，蜜源代表可能的解，采蜜相当于搜索最优解，蜜源质量可视为适应度函数决定整个算法的优化方向。

2.2 基于蜜蜂采集行为的人工蜂群算法

人工蜂群算法中，同样由食物源位置代表优化问题的解。蜂群具有三种类型的工蜂：专业工蜂、观望蜂和侦查蜂。专业工蜂专门进行采集，观望蜂等待在蜂巢中观看同伴表演的摇摆舞，侦查蜂进行随机搜索。其中，专业工蜂和观

望蜂的数量 (BN) 相等, 且都等于食物源的数量 SN。基本步骤如下:

- (1) 初始化解的群体 $P (G = 0)$;
- (2) 评估该群体适应度;
- (3) $cycle = 1$;
- (4) 循环;
- (5) 专业工蜂对解 $x(i)$ 产生新解 (食物源位置) $v(i)$, 并进行评估;
- (6) 对 $v(i)$ 和 $x(i)$ 使用贪心选择过程;
- (7) 对解 $x(i)$ 计算概率值 $p(i)$;
- (8) 按概率 $p(i)$ 选取的守望蜂, 并对解 $x(i)$ 产生新解 $v(i)$, 并进行评估;
- (9) 对 $v(i)$ 和 $x(i)$ 使用贪心选择过程;
- (10) 为侦察蜂算出放弃的解, 如果存在, 由随机产生的新解将其替换;
- (11) 记忆到目前为止的最好解;
- (12) $cycle = cycle + 1$;
- (13) 直至 $cycle = MCN$ 。

2.3 两种算法比较

Pham 的蜂群算法设置的参数较多, 但较为简化。BA 算法需要设置如下几个参数: 工蜂数量 (n)、较好工蜂数 (m)、最好工蜂数 (e)、对每个最好工蜂进行增援的工蜂数 (nep)、对每个较好工蜂进行增援的工蜂数 (nsp)、花丛的半径大小 (ngh)。

Karaboga 的人工蜂群算法 (所需调整参数较少, 但稍微复杂。ABC 算法中有 3 个控制参数: 与专业工蜂数或观望蜂数相等的食物源数 (SN)、“Limit”值和最大循环数 (MCN))。

3 蜂群算法的理论研究

2005 年, Karaboga D 成功地将蜜蜂采蜜原理应用于函数的数值优化, 并提出比较系统的人工蜂群算法。近年来, 人们把人工蜂群算法结合神经网络、聚

类分析、混沌算法、支持向量机等解决约束优化问题。胡中华等人将 ABC 算法应用于 TSP 仿真和无人机的航迹规划问题，于明等将人工蜂群算法结合支持向量机运用到参数优化问题中，宁爱平等人将改进的 ABC 算法用于语音识别系统，王慧颖等将改进的蜂群算法应用于函数优化问题中，何宗耀等将蜂群算法和蚁群算法结合在一起进行研究，毕晓军等人提出了一种人工蜂群算法和 K- 均值的混合聚类算法，梁建慧等人将人工蜂群算法应用于图像分割技术。韩燕燕、马良等将人工蜂群算法应用到规划问题。除此之外，人们基于蜂群算法提出了很多改进的算法，并都已得到了广泛的应用。目前，蜜蜂的采蜜行为、学习、记忆和信息分享的特性已成为群智能的研究热点之一。

4 蜂群算法与其它算法的比较

遗传算法、蚁群算法、粒子群算法与蜂群算法均属于智能优化算法，它们都是基于种群通过迭代来完成寻优过程的概率搜索算法。其中，遗传算法是最常用的也是最基础的智能进化算法，蚁群算法和粒子群算法是比较流行的群智能算法。对 4 种算法的优缺点进行了比较。

5 总结与展望

蜂群算法是一种新兴的群智能算法。近年来，虽然蜂群算法的应用越来越广泛，但是也存在着一些问题。目前的研究还处于初期，研究成果还比较分散，有些关键问题还有待解决。目前，在以下方面还需要完善：（1）算法的参数设置问题，对整个算法的性能影响很大，还需要进一步深入研究；（2）算法容易陷入局部最优解，如何避免算法的早熟收敛，提高算法的效率，是今后研究的一个热点问题；（3）目前，算法应用的领域比较小，如何扩大其应用领域，如何解决一些更复杂的问题，也是今后的一个研究方向。

参考文献

- [1] 银建霞, 孟红云. 具有混沌差分进化搜索的人工蜂群算法[J]. 计算机工程与应用, 2011(29).

- [2] 胡中华, 赵敏. 基于人工蜂群算法的无人机航迹规划研究[J]. 传感器与微系统, 2010(3).
- [3] 于明, 艾月桥. 基于人工蜂群算法的支持向量机参数优化及应用[J]. 光电子激光, 2012(2).
- [4] 宁爱平, 张学英. 人工蜂群算法改进DHMM的语音识别方法[J]. 计算机工程与应用, 2012(7).
- [5] 王慧颖, 刘建军. 改进的人工蜂群算法在函数优化问题中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2011(9).
- [6] 何宗耀, 王翔. 蜂群——蚁群自适应优化算法[J]. 计算机应用研究, 2012(1).

This Paper Briefly Introduces the Theoretical Research of Bee Colony Algorithm

Li Peipei

Heilongjiang University, Heilongjiang

Abstract: Bee colony algorithm is a novel intelligent optimization algorithm inspired by the behavior of bees in nature. The basic principle and research situation of colony algorithm based on honey gathering behavior of bees are described in detail. Compared with genetic algorithm, ant colony algorithm and particle swarm algorithm, the advantages and disadvantages of bee colony algorithm are summarized, and the future research direction is proposed.

Key words: Colony algorithm; Honey gathering behavior; Intelligent algorithm